



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO
DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARIANA MOREIRA MELERO

**APLICAÇÃO DE SUBDOSES DOS HERBICIDAS GLYPHOSATE, 2,4-D E
PARAQUAT EM ALGODOEIRO**

Ilha Solteira- SP
2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO
DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARIANA MOREIRA MELERO

**APLICAÇÃO DE SUBDOSES DOS HERBICIDAS GLYPHOSATE, 2,4-D E
PARAQUAT EM ALGODOEIRO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre.

Especialidade: Sistemas de Produção

Orientador: Profº. Drº. Enes Furlani Junior

Ilha Solteira
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Melero, Mariana Moreira.

M519a Aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate, 2,4 d e paraquat em
algodoeiro / Mariana Moreira Melero. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
74 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2016

Orientador: Enes Furlani Junior

Inclui bibliografia

1. Hormese. 2. *Gossypium hirsutum*. 3. Herbicida. 4. Biometria. 5.
Produtividade.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

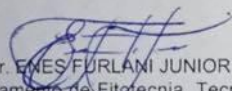
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Aplicação de subdoses de glifosato, 2,4 D e Paraquat em algodoeiro

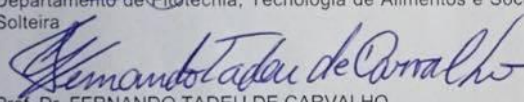
AUTORA: MARIANA MOREIRA MELERO

ORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR

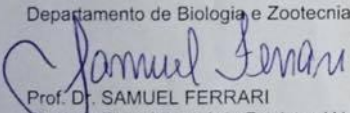
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. FERNANDO TADEU DE CARVALHO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. SAMUEL FERRARI

Campus Experimental de Registro / Unesp

Ilha Solteira, 02 de março de 2016

DEDICO

Shirlei Borges Bezerra (in memoriam)

Laudemiro Moreira Bezerra (in memoriam)

Eder Melero e Sandra Melero, pela força e confiança em minha jornada

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Deus, pela vida, força, estando presente em todos os momentos da minha vida,
nunca me deixando desistir;

Ao Eder Melero Júnior, por toda ajuda oferecida;

A Sonia Maria Moreira Bezerra, pelo apoio, compreensão e conselhos;

Ao Professor Dr. Enes Furlani Junior, pelo profissionalismo, apoio, orientação,
confiança e muita paciência durante todos esses anos;

Ao Arthur Andreetta, pelo carinho, compreensão e força durante esse período;

Aos meus amigos, Ariani Garcia, Giovanna Picoli, Fabiana Morbi, Natalia Novaes ,

Rodrigo Menegassi, Renata Andrade, Beatriz Freitas, Andria Culik, Ana Paula

Barakat, pelos momentos de alegria, companheirismo, até o presente dia;

Ao Danilo Marcelo Aires dos Santos, pela competência, amizade, ensinamentos no
decorrer desses anos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, pelo ensino de qualidade, possibilitando o crescimento profissional;

Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa, principalmente ao Alvino Silva, pela ajuda na manutenção do experimento;

Ao técnico Alexandre Marques da Silva, pelo auxílio nas análises laboratoriais;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro durante o desenvolvimento deste;

Aos companheiros de estágio pela ajuda

“Os professores abrem a porta, mas você deve entrar por você mesmo.”

Proverbio Chinês

RESUMO

O Brasil encontra-se entre os maiores produtores mundiais de algodão. O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate, 2,4-D e paraquat em algodoeiro em condições de campo. Nos três anos agrícolas estudados (2010/2011, 2011/2012 e 2013/2014), foram instalados três ensaios, em cada ano, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia – Unesp, Campus de Ilha Solteira. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 parcelas para cada um dos ensaios. No primeiro ensaio, os tratamentos foram constituídos pela aplicação das subdoses do herbicida glyphosate, sendo: 0,0 (testemunha); 26,0; 52,0; 78,0; 104,0; e 130,0 g e.a. ha⁻¹; no segundo ensaio, os tratamentos foram constituídos pela aplicação das subdoses do herbicida 2,4-D, sendo: 0,0 (testemunha); 0,68; 1,36; 2,04; 2,72; e 3,40 g e.a. ha⁻¹; E no terceiro ensaio, os tratamentos foram constituídos pela aplicação das subdoses do herbicida paraquat, sendo: 0,0 (testemunha); 4,8; 9,6; 14,4; 19,6; e 24,0 g i.a. ha⁻¹. Para todos os ensaios, os produtos foram aplicados quando a cultura se encontrava no estágio B4. Observa-se que a produtividade de algodão em caroço aumentou até a subdose de 52 g e.a. glyphosate ha⁻¹ no ano de 2010/11, não sendo observado tal efeito no ano 2011/12 e para o ano 2013/2014, houve um aumento de produção, porém não houve diferença estatística. No segundo ensaio, não houve diminuição na produtividade de algodão em caroço nos três anos de pesquisa e, no terceiro ensaio, a produtividade não sofreu interferência da aplicação, nos dois primeiros anos, para o terceiro ano, o paraquat apresentou resultados estatisticamente significativos, sendo a dosagem 24 g i. a. ha⁻¹ a que apresentou maior incremento na produção em relação à testemunha.

Palavras-chave: Hormese. *Gossypium hirsutum*. Herbicida. Biometria. Produtividade

ABSTRACT

The Brazil is among the largest producers of cotton. The objective of this study was to evaluate the effects of doses of application of glyphosate herbicide, 2,4-D and paraquat in cotton under field conditions. For all three crop years (2010/2011, 2011/2012 and 2013/2014), three essays have been installed and the experimental design was the randomized blocks, with 6 treatments and 4 repetitions, totaling 24 plots for each the tests. In the first experiment, the treatments were a combination of doses of glyphosate, as follows: 0.0 (control); 26.0; 52.0; 78.0; 104.0; and 130.0 g a.e. ha⁻¹; in the second trial, the treatments consisted of the application of 2,4-D herbicide doses, as follows: 0.0 (control); 0.68; 1.36; 2.04; 2.72; and 3.40 g a.e. ha⁻¹; And in the third test, the treatments were a combination of doses of the herbicide paraquat, as follows: 0.0 (control); 4.8; 9.6; 14.4; 19.6; and 24.0 g a.i. ha⁻¹. The cotton productivity in core sub-dose increased to 52 g a.e glyphosate ha⁻¹ in the year 2010/11, not being observed this effect in the year 2011/12 and for the year 2013/2014, an increase of production, but there was no statistical difference. In the second trial , there was no decrease in cotton productivity in seed in the three years of research and, the third test, productivity did not suffer application of interference in the first two years of study, for the third year, paraquat showed statistically significant results, the dosage being 24 g a.i.. ha⁻¹ presented the highest increase in production compared to the control.

Keywords: Hormesis, *Gossypium hirsutum*, herbicide, biometrics, productivity

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** -Temperatura média mensal, no período de outubro a Maio para os anos agrícolas 2010/11 e 2011/12 e 2013/2014, respectivamente. Selvíria-MS.....34
- Figura 2.** - Umidade relativa média mensal, no período de outubro a fevereiro para os anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14, Selvíria-MS.....35
- Figura 3.** -Precipitação média mensal, no período de outubro a fevereiro para os anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14, Selvíria-MS.....35

LISTA DE TABELAS

- Tabela 01.** - Características químicas iniciais do solo da área experimental na camada de 0,0-0,20m. Selvíria-MS, 201036
- Tabela 02.** - Características químicas iniciais do solo da área experimental na camada de 0,0-0,20m. Selvíria-MS, 2011.....36
- Tabela 03.** - Características químicas iniciais do solo da área experimental na camada de 0,0-0,20m. Selvíria-MS, 2013.....36
- Tabela 04.** - Herbicidas aplicados, doses utilizadas do equivalente ácido ha^{-1} e do produto comercial ha^{-1} , utilizados na aplicação em subdoses sobre algodoeiro. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....36
- Tabela 05.** - Valores médios das características agronômicas do algodoeiro, altura de plantas e diâmetro de caule c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência. 15 dias depois da aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....45
- Tabela 06.** - Médias das características agronômicas do algodoeiro, comprimento do quinto ramo e número de nós c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....46
- Tabela 07.** - Médias das características agronômicas do algodoeiro, índice SPAD c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....47
- Tabela 08.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.....48

- Tabela 09.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, ano agrícola 2011/12.....49
- Tabela 10.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.....50
- Tabela 11.** - Médias das características produtivas do algodoeiro, capulhos por planta, c.v. FMT 701 ao final da cultura, em função da aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....51
- Tabela 12.** - Médias das características produtivas do algodoeiro, massa de 20 capulhos c.v. FMT 701 ao final da cultura, em função da aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....51
- Tabela 13.** - Médias das características produtivas do algodoeiro, produtividade algodão em caroço c.v. FMT 701 em função da aplicação das subdoses de glyphosate no final do ciclo da cultura. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....52
- Tabela 14.** - Médias das características agronômicas do algodoeiro, altura de plantas e diâmetro de caule c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/2012 e 2013/14.....54
- Tabela 15.** - Valores médios das características agronômicas do algodoeiro, comprimento do quinto ramo e número de nós c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....55
- Tabela 16.** - Médias das características agronômicas do algodoeiro, índice SPAD c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/2012 e 2013/14.....56

- Tabela 17.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701, aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.57
- Tabela 18.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, ano agrícola 2011/12.....58
- Tabela 19.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.....58
- Tabela 20.** - Médias das características produtivas do algodoeiro, número de capulhos por planta c.v. FMT 701 ao final do ciclo da cultura em função da aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....59
- Tabela 21.** - Médias das características produtivas do algodoeiro, massa de 20 capulhos c.v. FMT 701 em função da aplicação das subdoses de 2,4-D ao final do ciclo da cultura. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....60
- Tabela 22.** - Médias das características produtivas do algodoeiro, produtividade de algodão em caroço c.v. FMT 701 em função da aplicação das subdoses de 2,4-D ao final do ciclo da cultura. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....60
- Tabela 23.** - Médias das características agronômicas do algodoeiro, altura de plantas e diâmetro de caule c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....62
- Tabela 24.** - Valores médios das características agronômicas do algodoeiro, comprimento do quinto ramo e número de nós c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....63

- Tabela 25.** - Médias das características agrônômicas do algodoeiro, índice SPAD c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....64
- Tabela 26.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701, aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.....66
- Tabela 27.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2011/12.....67
- Tabela 28.** - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/1468
- Tabela 29.** - Médias das características produtivas do algodoeiro, capulhos por planta e massa de 20 capulhos c.v. FMT 701 aos 150 d.a.e. em função da aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.....69
- Tabela 30.** - Médias das características produtivas do algodoeiro, produtividade de algodão em caroço c.v. FMT 701 ao final da cultura em função da aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/2011, 2011/12 e 2013/14.....70

Sumário

1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 ALGODOEIRO	23
2.2 HORMESE	24
2.3 GLYPHOSATE	28
2.4 ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D)	30
2.5 PARAQUAT	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	34
3.2 PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA	34
3.3 CARACTERÍSTICAS DO SOLO	35
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	36
3.5 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E TRATOS CULTURAIS	38
3.5.1 Preparo e instalação do experimento	38
3.5.2 Adubação	39
3.5.3 Aplicação de subdoses	40
3.5.4 Regulador de crescimento	40
3.5.5 Controle de plantas daninhas	41
3.5.6 Controle fitossanitário	41
3.6 VARIÁVEIS ANALISADAS	42
3.7 ANÁLISE DOS DADOS	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 ENSAIO 1	44
4.1.1 Características agronômicas	44
4.1.2 Teores de macronutrientes	47
4.1.3 Características produtivas	50
4.2 ENSAIO 2	53
4.2.1 Características agronômicas	53
4.2.2 Teores Foliares de macronutrientes	56
4.2.3 Características produtivas	59
4.3 ENSAIO 3	61
4.3.1 Características agronômicas	61
4.3.2 Teores foliares de macronutrientes	64
4.3.3 Características produtivas	68
5 CONCLUSÕES	71
5.1 ENSAIO 1	71
5.2 ENSAIO 2	71
5.3 ENSAIO 3	71
REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro é de destaque no cenário mundial, pois além do valor monetário da produção, ela conta com investimentos elevados e alta tecnologia, com base em seus maquinários modernos. Na safra de 2014/2015, a área cultivada no Brasil foi de 995,8 mil hectares, o que coloca o país entre os maiores produtores mundiais de algodão (CONAB, 2015).

Há muitos anos, a região do Brasil Central já era apontado como propício, sob o aspecto climático, para a expansão da cultura, que era restrita praticamente ao sudeste (ORTOLANI; SILVA, 1965). As limitações então apontadas de ordem econômicas, sociais e de condições inadequadas de solos, foram superadas e os cerrados de altitude dessa região constituem, no momento, o esteio da produção brasileira.

O cultivo do algodoeiro, antes visto como uma cultura alternativa para os pequenos e médios produtores, passou a ser alicerçada em um modelo de produção em escala, caracterizado por altas produtividades, com intenso uso de insumos e mecanização. Com a expansão rápida das áreas cultivadas, devido a introdução de variedades com arquitetura de planta favorável à colheita mecanizada e resistente as principais doenças ocorrentes na região, em meados da década de 90, iniciou-se um novo ciclo produtivo.

Atualmente os principais problemas da cotonicultura nacional nas diferentes regiões são os altos custos de produção e o baixo preço do produto no mercado nacional e internacional. Isso leva a necessidades de busca a novas tecnologias que reduzam os custos, uma vez que esse é o único item da produção que o agricultor consegue controlar.

Fisiologicamente, a cultura do algodão é um dos sistemas mais complexos da natureza (BELTRÃO et al., 1999). Com isso, diversas intempéries podem afetar o desenvolvimento da planta, interferindo na produção e qualidade da fibra. As condições possíveis de manipulação como correções químicas e físicas do solo, irrigações, época de semeadura, emprego de reguladores de crescimento, herbicidas, desfolhantes e aceleradores de maturação, são ferramentas que oferecem suporte para obtenção de boas produtividades, mas nem sempre são suficientes para garantir o sucesso.

Por definição, o uso de substâncias consideradas tóxicas, em doses muito menores que a utilizada pode estimular o desenvolvimento vegetal. Esse efeito é conhecido como hormese (CALABRESE; BALDWIN, 2002). Tal efeito, sendo observado em todos os grupos de organismos como bactérias e fungos, plantas superiores e animais, pode se tornar uma ferramenta a ser empregada no sistema produtivo do algodoeiro e na agricultura em geral (CALABRESE, 2005).

Originalmente, muitos herbicidas foram desenvolvidos como reguladores de crescimento, como no caso do glifosine, antecessor do glyphosate. Com o estudo de utilização de doses não letais, alguns trabalhos vêm demonstrando potencial para ser implantado em sistemas de produção, a fim de modificar alguns processos metabólicos, visando a melhoria no desenvolvimento e produtividade da cultura.

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate, 2,4-D e paraquat em algodoeiro em condições de campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ALGODOEIRO

Há mais de dois mil anos o algodoeiro (*Gossypium* spp.) é cultivado pelo homem, sendo uma das fibras vegetais mais importantes do mundo. Nas Américas, o primeiro vestígio da utilização do algodão por uma civilização, foi por volta de 5800 a.C. onde numa gruta de Tehuacan, no México, foram encontradas capsulas de algodão e de tecidos. No Brasil, na época do descobrimento, já era cultivada pelos indígenas que transformavam o algodão em fios e tecidos (CANECHIO FILHO et al., 1972).

O algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.) está entre as principais culturas exploradas no Brasil pelo seu volume e valor da produção, sendo cultivado em mais de quinze estados. É uma atividade agrícola de reconhecida importância socioeconômica, tanto pela ocupação de mão-de-obra, direta no campo e indiretamente na área urbana, quanto na produção de manufaturados responsáveis pela geração de divisas para o país (CORDÃO SOBRINHO et al., 2003). Representa mundialmente mais de 40% da vestidura da humanidade, no Brasil, cerca de 60% dos insumos têxteis são provenientes da fibra do algodão e nos Estados Unidos da América esse percentual sobe para 65%.

Durante as décadas de sessenta, setenta e oitenta o Brasil encontrava-se entre os maiores produtores e exportadores mundiais de algodão. Entretanto, com a chegada do bicudo do algodoeiro, muitas plantações foram dizimadas e o Brasil passou de país autossuficiente para grande importador (HAGUENAUER et. al, 2001). O algodão então surgiu como alternativa de rotação com a soja, contudo era preciso alcançar melhores níveis de produtividade. Investimentos em qualidade e pesquisas fizeram com que o setor crescesse. A ampliação do mercado de exportação fez com que o país, em menos de oito anos, deixasse de ser o segundo maior importador para integrar a lista dos maiores exportadores. A qualidade da fibra, a produtividade e o clima favorável são considerados pontos-chave para o desenvolvimento da cultura (MARQUES, 2008).

A mudança do sistema de produção do algodoeiro, de empregadora de mão-de-obra baseada na agricultura familiar, em cultura altamente tecnificada e baseada

na exploração por grandes empresas, ocasionou uma série de alterações nas técnicas de cultivo (CARVALHO; FURLANI JR, 1996).

A mudança na forma de se produzir revela algumas particularidades da cultura. Para todas as espécies cultivadas, a variável de maior importância em nível de decisão sobre qual variedade plantar é a produtividade. No caso do algodão, esse item faz parte do contexto geral, porém, isoladamente não é o mais importante para o comércio internacional e mais sutilmente o comércio nacional. A qualidade e o sistema de produção são itens que cotam o preço e fornecem acessibilidade a mercados exigentes. A exploração do mercado externo, como o europeu, que além de garantia de produção e qualidade, exige segurança ambiental e social da produção. Revertendo a um sistema de produção que emprega técnicas que melhore condições para a planta sem degradar o ambiente e o trabalhador.

Atualmente os principais problemas da cotonicultura nacional nas diferentes regiões são os altos custos de produção e o baixo preço do produto no mercado nacional e internacional. Um exemplo para tentar controlar os custos é o cultivo de algodão adensado no período de safrinha, o qual possibilita obter uma colheita adicional de uma cultura antecessora, como a soja e a redução do ciclo do algodoeiro, pelo uso de regulador de crescimento, que conseqüentemente, reduzirá o custo.

2.2 HORMESE

O termo hormese foi utilizado pela primeira vez por Southam e Erlich em 1943, quando descreveram o efeito de extrato de casca de carvalho com estímulo no crescimento de fungos quando em baixas doses e extremamente inibidor quando administrados em doses maiores. Muitos esforços vêm sendo dispensados neste assunto, através de pesquisas com plantas e animais (DUKE et al., 2006).

Muita confusão envolve o conceito de hormese e o que seu significado biológico representa. O termo “hormesis”, denominação utilizada na língua inglesa, foi observado por Pereira et al. (2005) em subdoses de inseticidas em inimigos da lagarta *Alabama argilacea*. Nessa mesma publicação o autor utilizou a denominação de “hormese” e “efeito hormético” como traduções para o português.

O conceito de hormese tem origem toxicológica, cuja resposta à exposição a certo agente é bifásica, ou seja, com estímulo ou efeito benéfico em doses baixas e em altas doses inibição ou efeito tóxico. A natureza bifásica é dada devido à relação de dose-resposta ser opostas em doses baixas às respostas em doses altas. Assim a curva hormética é de tal forma que a variável dependente tem mudanças em mais de um sentido com as mudanças na variável de resposta. Em contrapartida, modelos lineares e limiares apresentam sentido único, com aumento ou redução em todas as doses (MATTSON; CALABRESE, 2009; HOFFMANN, 2009).

A hormese deve ser considerada uma resposta adaptativa caracterizada pela perturbação inicial na homeostase, representando a vantagem obtida pelo indivíduo a partir dos recursos inicialmente e principalmente alocados para as atividades de reparo a dado tecido afetado, mas modestamente em excesso de que precisava para reparar os danos imediatos provocados pela perturbação da homeostase. Esse processo também poderia readaptar o organismo contra os danos de uma exposição posterior mais intensa dentro de um período de tempo limitado, funcionando como uma espécie de vacina. Portanto, a resposta pode cumprir duas funções: reparação e proteção contra subseqüentes e, possivelmente, exposições mais intensas. Todavia, se a exposição posterior não acontece, a sobreprodução de recursos para reparação pode ser aplicada em outras funções úteis ao organismo, como crescimento adicional e reprodução (CALABRESE; BALDWIN, 2002).

Apesar das muitas teorias sobre a causa da hormese, poucos estudos têm sistematicamente avaliado a sua frequência, magnitude e distribuição entre os diferentes produtos químicos em organismos fotossintéticos em um grande número de curvas de dose-resposta comparáveis (CEDERGREEN et al., 2007). Alguns mecanismos fisiológicos das plantas cultivadas podem representar tentativas de "fugir" para compensar o estresse químico. Isso poderia explicar a resposta hormética no crescimento radicular observado por Weidman e Appleby (1972). As plantas também podem escapar das condições de crescimento desfavoráveis produzindo mais sementes, dando à próxima geração uma maior oportunidade de germinar em condições mais favoráveis.

A idéia de explorar os efeitos benéficos de herbicidas em plantas cultivadas não é nova. Por exemplo, Ries et al. (1967) e Pulver e Ries (1973) desenvolveram evidências consideráveis de que baixas doses do herbicida simazina melhorava o

metabolismo do nitrogênio em centeio e ervilha, mas estas informações foram pouco exploradas. Além disso, muitas tentativas para fazer uso da hormese pela aplicação de baixas doses de herbicidas foram largamente testadas e não obtiveram sucesso, exceto para o uso do glyphosate em cana de açúcar (DALLEY; RICHARD, 2010). McDonald et al. (2001) descreve que há aumento no teor de sacarose em cana-de-açúcar pela aplicação do glyphosate.

A magnitude das respostas estimulatórias na variável analisada observadas em todos os campos da ciência, com diferentes substâncias tóxicas, organismos e intervalos de aplicação, está em média, entre 30 e 60% acima do tratamento controle (CEDERGREEN; RITZ; STREIBIG, 2005; CALABRESE; BLAIN, 2005; CALABRESE, 2008; CALABRESE, 2010). Duke et al. (2006) descreve que em mais de trinta casos de tratamentos de plantas cultivadas com herbicidas em subdoses, a dose de resposta máxima da hormese foi de aproximadamente 20% da concentração testada, com resposta em torno de 50% de incremento da variável analisada. Os estímulos foram 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.

No entanto, estímulos à resposta em uma característica não está necessariamente relacionada com uma resposta em outras características. Por exemplo, alguns herbicidas podem estimular o crescimento das raízes em baixas doses, mas não têm efeito estimulante no crescimento da parte aérea, em qualquer outra dose (WEIDMAN e APPLEBY, 1972 citado por DUKE et al. 2006). Da mesma forma, um aumento de 100% no comprimento da folha da cevada ocorreu quando as plantas foram expostas ao metsulfuron-methyl, enquanto nas mesmas plantas não houve aumento na massa seca total (CEDERGREEN; RITZ; STREIBIG, 2005). Outros autores observaram hormese com glyphosate na cultura do milho e capim-arroz (SCHABENBERGER; KELLIS; PENNER, 1999; WAGNER; KOGAN, 2003).

Respostas a estímulos sobre o crescimento observado em características morfológicas, em baixas concentrações de uma fitotoxina dependem do produto químico que está sendo testado e/ou espécies vegetais expostos ao composto. Além disso, o efeito hormético pode variar se as plantas são expostas a outros estresses comumente encontrados em condições de campo, como deficiência nutricional, déficit hídrico e altas temperaturas (BELZ; CEDERGREEN; DUKE, 2011).

Os trabalhos de Belz et al. (2008) e Belz e Cedergreen (2010), evidenciaram que a aplicação da fitotoxina natural parthenin (substância derivada de *Parthenium hysterophorus*) em experimentos com alface (*Lactuca sativa*) em condições controladas de deficiência nutricional, mostrou efeito hormético, com o alongamento de raízes de alface. No entanto, a condução do teste com uma solução nutritiva completa eliminou o efeito hormético. Nos tratamentos com ótimo fornecimento de nutrientes, o crescimento das plantas quase igualou o estímulo máximo observado nos tratamentos sem nutrientes com a aplicação de parthenin. Belz e Cedergreen (2010) concluíram que a adição de nutrientes diminuiu a plasticidade da hormese, igualando o alongamento de raízes nos tratamentos que evidenciaram efeito hormético com o das plantas em condições normais do ensaio.

É, portanto, questionável se uma fitotoxina que induz hormese pode ser usada para aumentar o rendimento de uma cultura sob as condições encontradas no campo. O potencial de aumento de produtividade por indução hormética pode ser melhor para produção em casas de vegetação, onde as condições de crescimento podem ser mais cuidadosamente controladas (BELZ; CEDERGREEN, 2010).

Alguns produtos químicos podem afetar os hormônios vegetais em doses baixas, estimulando respostas hormonais responsáveis pelo alongamento da folha ou da raiz, dando início a um aumento destas características em baixas doses, embora possam ter efeitos deletérios em doses mais elevadas.

Herbicidas à base de auxinas são exemplos bem conhecidos de produtos químicos que aumentam o crescimento em concentrações não tóxicas, imitando a auxina, hormônio de crescimento, mas que são letais em doses mais elevadas (ALLENDER, 1997). Estudos com auxinas sintéticas, como o 2,4-D, têm mostrado respostas horméticas em plantas. Portanto, as respostas horméticas em algumas características das plantas poderiam ser esperadas através do aumento da produção e atividade de auxinas (CEDERGREEN et al., 2007).

Enfatizando que a hormese é um fenômeno fisiológico real, este aumento de crescimento, induzido quimicamente, é pouco estudado e não tem ainda sido aplicada em um contexto agrícola. O estudo e a descoberta de novos usos para herbicidas, novos ou velhos, pode ser um campo de pesquisa promissor (VELINI et al., 2010). Portanto, o tratamento de uma cultura com baixas doses de um herbicida para uma mudança fenotípica desejável poderia ser de grande valor para o

agricultor, sendo necessário mais estudo sobre este assunto para uma recomendação em larga escala.

2.3 GLYPHOSATE

Nas últimas décadas, com a modernização da agricultura no Brasil, o uso de produtos fitossanitários tem crescido muito. No Brasil, a classe de herbicidas é a que tem respondido pelo maior valor das vendas de defensivos. Em 2010, foi responsável por 33,2% do faturamento total dos defensivos, cerca de US\$ 2,43 bilhões (IEA, 2011).

O glyphosate é um herbicida pós-emergente, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas. Quimicamente, é o *N*-(fosfonometil) glicina, pertence ao grupo dos derivados da glicina, sendo comercializado sob a forma de vários sais. É classificado como não seletivo e de ação sistêmica, possuindo amplo espectro de controle, com ação sobre plantas em diferentes estádios de desenvolvimento, sendo muito utilizado no controle de plantas daninhas em diversas culturas, em operações de manejo para dessecação de vegetação no sistema de semeadura direta e também em áreas não agrícolas, como estradas, ferrovias e represas (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998; PURÍSSIMO, 1999; KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000; MAGALHÃES et al., 2001). Foi inicialmente sintetizado em 1964 com objetivos industriais e o uso como herbicida foi relatado pela primeira vez em 1971.

A absorção do glyphosate se dá principalmente através das folhas ou qualquer outra parte fotossinteticamente ativa das plantas, sendo fortemente inativado quando aplicado ao solo (SPRANKLE; MEGGITT; PENNER, 1975). É moderadamente absorvido pela cutícula, necessitando em média seis horas sem chuvas após a aplicação para haver controle adequado de plantas sensíveis (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998). Sua translocação dentro das plantas ocorre via floema, sendo distribuído por todas as partes da planta, com certa concentração em regiões meristemáticas. Seu efeito decorre da inibição da ação da enzima enol-piruvil chiquimato fosfato sintase (EPSPs), paralisando a síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, e compostos secundários como alcalóides, cumarinas e flavonóides. Atua também inibindo a síntese de clorofila, estimula a produção de etileno, reduz a síntese de proteínas e eleva a concentração do ácido indol acético (IAA). Em plantas susceptíveis tratadas com glyphosate, a

molécula do herbicida forma o complexo inativo EPSPs-SHKP-glyphosate, impedindo a ligação do fosfoenolpiruvato (PEP) (VIDAL, 1997; AMRHEIN et al., 1980; GALLI; MONTEZUMA, 2005; KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000).

A enzima EPSPs pertence à rota do ácido chiquímico. A inibição dessa enzima leva ao acúmulo de chiquimato nos vacúolos, levando a perda do controle da retroalimentação e do fluxo de carbono na rota do chiquimato. Esta rota é responsável por aproximadamente 35% da matéria seca da planta e 20% do carbono fixado pela fotossíntese (KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000).

Todas as espécies de plantas são sensíveis ao glyphosate quando não sofreram nenhuma transformação gênica. A inibição da enzima se procede em maior ou menor grau nas diversas espécies de plantas, indicando uma pequena variabilidade funcional da enzima EPSPs em seu complexo de ligação (VELINI et al., 2008).

Em muitas circunstâncias, o glyphosate pode ser benéfico para plantas cultivadas, desde que aplicado em baixas doses (subdoses). O primeiro exemplo é o uso de doses em torno de 48 a 180 g ha⁻¹, como maturador em cana-de-açúcar. A colheita da cana é realizada algumas semanas após a aplicação e pode voltar a crescer para produzir a segunda ou terceira colheita.

Ruuhola e Julkunen-Tiitto (2003) relataram redução da atividade da enzima EPSPs em eucalipto através de baixas doses de glyphosate elevando a concentração de ácido chiquímico em 278 vezes resultando em um aumento de 69 % na taxa de crescimento de plantas jovens de eucalipto.

Godoy (2007) obteve resultados de aumento na absorção de fósforo em cultivar de soja convencional em 2,67 vezes com 18 g do i.a. ha⁻¹ de glyphosate e maior acúmulo de matéria seca (48%). Velini et al. (2008) estudaram o efeito de subdoses de glyphosate variando entre 2 e 720 g e.a. ha⁻¹ em cinco espécies de plantas (soja convencional e RR, eucalipto, pinus, milho e trapoeraba) e concluíram que todas as espécies estudadas, exceto a soja RR, apresentaram estímulo ao crescimento. As melhores respostas foram obtidas com subdoses a partir de 36 g e.a. ha⁻¹, sendo detectado aumento de biomassa da parte aérea da ordem de 27,81% para subdose de aproximadamente 14,2 g e.a. ha⁻¹.

Cedergreen et al. (2009), avaliando o efeito de subdoses de glyphosate variando de 1,6 a 160 g e.a. ha⁻¹ aplicadas em pulverização foliar sobre cevada

(*Hordeum vulgare*, var. *Barke*), verificaram um aumento de 12% no rendimento de grãos quando comparadas à não aplicação de glyphosate, justificando que a hormese pode aumentar a eficiência fotossintética e seletivamente redirecionar a alocação de carbono para o grão.

Furlani Jr et al. (2009) estudando o efeito de subdoses de glyphosate entre 0 a 72 g e.a. ha⁻¹ em algodão concluíram que houve incremento na produtividade até a dose de 23 g e.a. ha⁻¹. Neste mesmo estudo, verificaram que houve incremento no número de capulhos até a dose de 10 g e.a. ha⁻¹, evidenciando o efeito hormético em algodoeiro.

El-Shahawy e Faida (2011) testando a aplicação de subdoses de glyphosate em fava (*Vicia faba* L., var. *Aquadulce*) variando de 0,9 a 213 g i.a. ha⁻¹, constataram aumento no crescimento de plantas em altura, massa fresca e seca, produção e seus componentes. Neste mesmo estudo, não verificaram influência das subdoses nos teores de proteínas totais e carboidratos das sementes.

2.4 ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D)

Os herbicidas ácidos são uma importante classe de pesticidas, dos quais se destaca o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), sendo um dos herbicidas mais comuns e antigos do mundo.

Este herbicida foi desenvolvido na década de 40 como parte do esforço de um grupo de cientistas. Desde a guerra do Vietnã, quando foi usado pela força aérea norte-americana como agente desfolhante, junto com o ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T) e o pentaclorofenol (PCF), formando o “agente laranja”, o 2,4-D vem substituindo a capina manual e mecânica, diminuindo a mão-de-obra e resultando no aumento da produtividade agrícola (AMARANTE JUNIOR et al., 2003).

Após o final da década de 40, vários grupos continuaram a pesquisar o produto e determinaram seu uso como herbicida. Nos últimos 45 anos, o herbicida tem sido amplamente utilizado para controle de plantas daninhas de folha larga na agricultura e na silvicultura, sendo usados mundialmente como ferramenta básica na agricultura moderna. É comercializado em formulações de sais, amina e éster, podendo ser aplicado em pré e pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de arroz, aveia, café, cana-de-açúcar, centeio, cevada, milho, pastagem, soja, sorgo

e trigo. Por ser altamente seletivo e sistêmico, é transportado pela planta, sendo acumulado nos tecidos em crescimento das raízes, agindo por inibição do crescimento das plantas.

Desde seu desenvolvimento, verificou-se que este herbicida tinha potencial para afetar os processos de crescimento em plantas de um modo semelhante aos reguladores de crescimento naturais, razão pela qual o produto foi descrito posteriormente como “hormonal”.

Atualmente, herbicidas a base de auxinas são utilizados em culturas de tecidos para induzir a embriogênese somática (MAHALAKSHMI; KHURANA; KHURANA, 2003; ESTABROOKS; BROWNE; DONG, 2007; MAXWELL et al., 2007; MADHUMITA; SUJATHA; SULEKHA, 2008), para controlar de amadurecimento, reduzir a queda e ampliar o tamanho de frutos ou para estender o período de colheita em pomares de citros (ALMEIDA; RODRIGUES; ONO, 2004; ALMEIDA; RODRIGUES; ONO, 2008; RUFINI et al., 2008)

Respostas a baixas doses de auxinas sintéticas têm sido observadas por cientistas durante décadas através do crescimento das plantas. De fato, um dos primeiros herbicidas, o MCPA, uma auxina sintética, foi desenvolvido com o objetivo de aumentar o rendimento nas culturas (ALLEN et al., 1978).

A dosagem correta, no entanto, revelou-se difícil de ser estabelecida, e desde então as auxinas sintéticas têm sido reconhecidas principalmente por seus efeitos deletérios sobre as plantas em altas doses. Como a maioria das pesquisas com plantas e herbicidas tem sido feitas com o propósito de controle de plantas daninhas, o foco tem sido sobre os efeitos adversos, e normalmente só a hormese comenta em relação à curva dose-resposta.

As plantas têm hormônios assim como os animais e é possível que algumas das respostas horméticas possam partir de indução hormonal através de baixas concentrações químicas. Entretanto, Cedergreen et al. (2007) verificaram que o herbicida mecoprop não induziu hormese, já que é uma auxina sintética. Já Morré (2000), observou que o produto induziu tanto a elongação radicular, aumentou a área foliar específica e crescimento da biomassa em baixas doses. Baixas concentrações de 2,4-D apresentaram efeito hormético a partir do aumento do potencial redox da membrana celular, aumento da intensidade da respiração e metabolismo de antioxidantes (MORRÉ et al., 1988; DRAGICEVIC; SREDOJEVIC;

SPASIC, 2010). Em sementes de *Trigonella foenum-graceum* tratadas com baixas concentrações de 2,4-D, as sementes apresentaram uma maior viabilidade quando comparadas ao tratamento controle sem aplicação (HARIHARAN; UNNIKRISHNAN, 1983). O fato de baixas concentrações de algumas substâncias fitotóxicas apresentarem efeitos estimuladores sobre o crescimento, a longevidade do metabolismo, e mecanismos fisiológicos das plantas (CALABRESE; BALDWIN, 1998; CALABRESE; BALDWIN, 2000), pode-se assumir que baixas concentrações de 2,4-D podem induzir efeito hormético em plantas cultivadas.

Allender et al. (1997), testando subdoses de 2,4-D e MTZ em duas espécies de plantas (*Gossypium hirsutum* L. cv. Siokra e *Zea mays* L. cv. Terrific) cultivadas em solução nutritiva em hidroponia, verificaram que as plantas de algodão tratadas com 2 ug L^{-1} de 2,4-D, exibiram estímulo de crescimento em comparação com o tratamento controle, exibindo aumento da área foliar e peso seco da parte aérea de 28% e 36%, respectivamente.

Constantin et al. (2007) avaliando o efeito de subdoses de 2,4-D em deriva simulada em algodoeiro verificou que houve redução significativa na produtividade a partir da dose de $6,72 \text{ g e.a. ha}^{-1}$, assim como encarquilhamento das folhas mais novas. Neste mesmo estudo, os autores avaliaram a época de aplicação do herbicida nas doses de $6,72$ e $13,44 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ e não observaram diferenças significativas em nenhuma das variáveis analisadas, independente do estágio de aplicação ou dose.

2.5 PARAQUAT

O paraquat é um dos herbicidas mais amplamente utilizados no mundo, aplicado no controle de plantas daninhas anuais e perenes em uma grande variedade de culturas. É considerado um herbicida de contato, não-seletivo e de amplo espectro de ação, o que significa que ele age em uma ampla gama de gramíneas anuais e plantas daninhas de folhas largas. Pertence à família dos herbicidas “bipyridylum” e age rapidamente atingindo o sistema fotossintético da planta (EKMEKCI; TERZIOGLU, 2005).

O mecanismo de ação deste herbicida dá-se por meio do bloqueio do fluxo de elétrons na cadeia transportadora da fotossíntese, impedindo a redução do NADP^+ à NADPH_2 , no fotossistema I. Dessa forma, ocorre um acúmulo de elétrons e de

radicais tóxicos no cloroplasto, causando sérios danos no metabolismo celular. Esses radicais são instáveis e rapidamente sofrem auto-oxidação, onde são produzidos radicais superóxidos, hidroxila, peróxido e oxigênio singlete, os quais constituem as espécies reativas de oxigênio (EROs), que, quando em excesso, são prejudiciais ao metabolismo celular como um todo (CHAGAS, 2007).

A geração de espécies reativas de oxigênio constitui uma resposta primária da planta ao estresse de natureza biótica ou abiótica, caracterizando um dano oxidativo. Entretanto, algumas das reações de produção de EROs estão envolvidas no metabolismo normal do vegetal, como fotossíntese e respiração. Contudo, enquanto que em condições normais de crescimento, essas espécies químicas mantêm-se em pequeno nível, em condições estressantes há um rompimento da homeostase celular, provocando o aumento na produção de EROs.

Embora esse aumento seja uma ameaça à célula, essas espécies podem também agir como sinalizadores para a ativação da resposta ao estresse e vias de defesa do vegetal (MITTLER, 2002; NEILL et al., 2002). Portanto, as EROs podem ser vistas como indicadores celulares de estresse e como mensageiros secundários envolvidos na via de transdução de sinais na resposta ao estresse (MITTLER, 2002).

O sistema de defesa antioxidativo enzimático das plantas inclui diversas enzimas antioxidantes nos diferentes compartimentos celulares. Dentre as principais enzimas podemos citar as dismutases de superóxido e as peroxidases de ascorbato, que atuam conjuntamente removendo radicais superóxidos e peróxidos, respectivamente. Além de um aparato enzimático, a alteração e/ou regulação de vias biossintéticas de proteínas constitui outra importante estratégia de defesa.

No entanto, nem todas as alterações metabólicas são prejudiciais, e um grande desafio é distinguir as repostas que representam sintomas acidentais ou injuriosos da condição estressante, e as respostas que são verdadeiramente adaptativas, que favorecem o crescimento contínuo durante o estresse ou na recuperação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

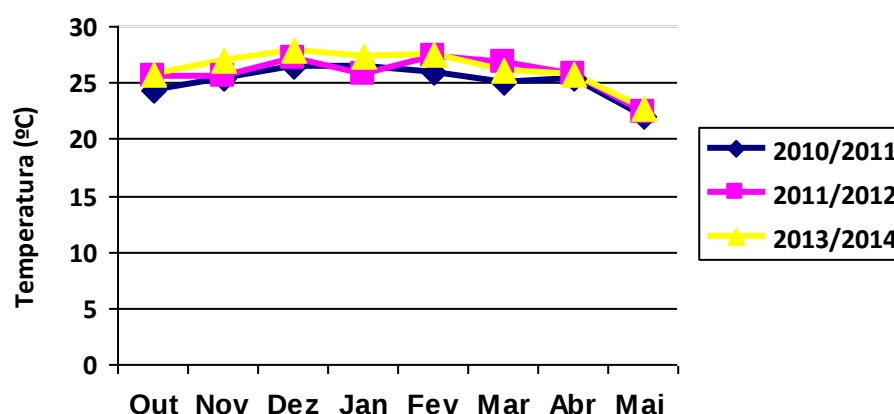
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O presente trabalho foi realizado nos anos agrícolas de 2010/11, 2011/12 e 2013/2014, instalados na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, com coordenadas geográficas 20°20'45" de Latitude Sul e 51°24'11" de Longitude Oeste e com altitude média de 335m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Apresenta temperatura média anual de 24,5°C, precipitação média anual de 1.232 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (HERNADEZ et al., 1995).

3.2 PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

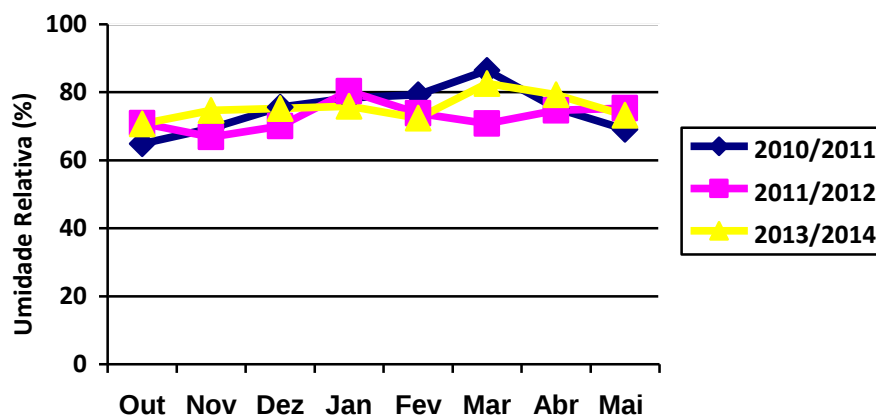
Durante o período de atividades do trabalho, foram coletadas informações de temperatura média mensal, umidade relativa média mensal e precipitação média mensal para a localidade de Selvíria-MS. Tais informações foram apresentadas nas Figuras 1 a 3.

Figura 1 - Temperatura média mensal, no período de outubro a maio para os anos agrícolas 2010/11 e 2011/12 e 2013/2014, Selvíria-MS.



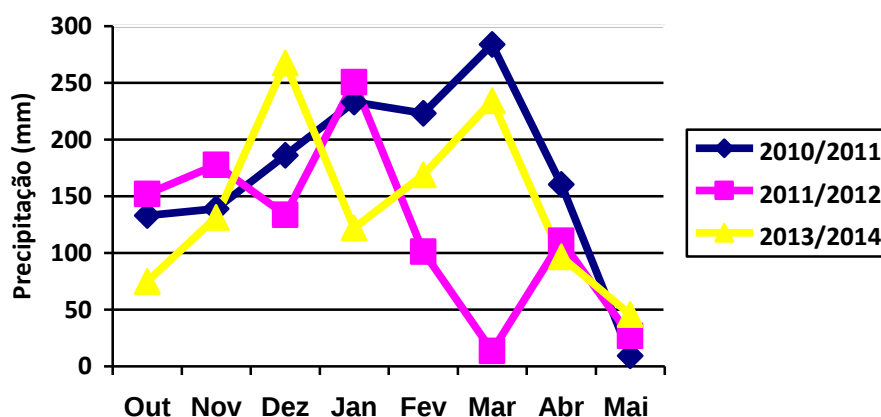
Fonte: Elaboração autor.

Figura 2 - Umidade relativa do ar média mensal, no período de outubro a fevereiro para os anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14, Selvíria-MS.



Fonte: Elaboração autor.

Figura 3 - Precipitação pluvial média mensal, no período de outubro a fevereiro para os anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14, Selvíria-MS.



Fonte: Elaboração autor.

3.3 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico muito argiloso, conforme classificação brasileira de solos (EMBRAPA, 2013). No primeiro ano agrícola (2010/11), foi realizada amostragem de solo em julho de 2010 para caracterização das propriedades químicas seguindo a metodologia de análise descrita por Raij e Quaggio (1983). No segundo (2011/12) e terceiro ano

agrícola (2013/14), a amostragem de solo foi realizada em agosto de 2011 e agosto de 2013, respectivamente.. Os valores foram apresentados nas Tabelas 01, 02 e 03.

Tabela 01 - Características químicas iniciais do solo da área experimental na camada de 0,0-0,20m. Selvíria-MS, 2010

P_{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
mg/dm³	g/dm³	(CaCl₂)	mmol_c/dm³						(%)
34	23	5,1	2,8	23	17	28	0	70,8	60

Fonte: Elaboração autor.

Tabela 02 - Características químicas iniciais do solo da área experimental na camada de 0,0-0,20m. Selvíria-MS, 2011

P_{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
mg/dm³	g/dm³	(CaCl₂)	mmol_c/dm³						(%)
29	21	5,3	3,5	38	22	29	0	92,5	69

Fonte: Elaboração autor.

Tabela 03 - Características químicas iniciais do solo da área experimental na camada de 0,0-0,20m. Selvíria-MS, 2013

P_{resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
mg/dm³	g/dm³	(CaCl₂)	mmol_c/dm³						(%)
29	21	5,3	3,5	38	20	28	0	92,5	65

Fonte: Elaboração autor.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Para realização da pesquisa, nos três anos agrícolas estudados (2010/11, 2011/12 e 2013/2014), foram instalados três ensaios, em cada ano agrícola, nos quais foi empregado delineamento experimental em blocos ao acaso (GOMES, 2000), com 6 tratamentos e 4 repetições, perfazendo 24 parcelas para cada ensaio.

No primeiro ensaio, os tratamentos foram constituídos pela aplicação das subdoses do herbicida glyphosate, sendo: 0,0 (testemunha); 26,0; 52,0; 78,0; 104,0; e 130,0 g e.a. ha⁻¹.

O segundo ensaio, os tratamentos foram constituídos pela aplicação das subdoses do herbicida 2,4-D, sendo: 0,0 (testemunha); 0,68; 1,36; 2,04; 2,72; e 3,40 g e.a. ha⁻¹.

O terceiro ensaio, os tratamentos foram constituídos pela aplicação das subdoses do herbicida paraquat, sendo: 0,0 (testemunha); 4,8; 9,6; 14,4; 19,6; e 24,0 g e.a. ha⁻¹.

Na Tabela 04 encontram-se os herbicidas aplicados, as doses utilizadas do equivalente ácido ha⁻¹ e do produto comercial ha⁻¹ nos três anos agrícolas estudados.

Tabela 04 - Herbicidas aplicados, doses utilizadas do equivalente ácido ha⁻¹ e do produto comercial ha⁻¹, utilizados na aplicação em subdoses sobre algodoeiro. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

Herbicida	Correspondente (g e.a. ha⁻¹)	Produto comercial (ml ha⁻¹)
Ensaio 1		
Glyphosate	0,0	0,0
Glyphosate	26,0	72,22
Glyphosate	52,0	144,44
Glyphosate	78,0	216,66
Glyphosate	104,0	288,88
Glyphosate	130,0	361,11
Ensaio 2		
2,4-D	0,0	0,0
2,4-D	0,68	1,01
2,4-D	1,36	2,03
2,4-D	2,04	3,04
2,4-D	2,72	4,06
2,4-D	3,40	5,07
Ensaio 3 (i.a. ha⁻¹)		
Paraquat	0,0	0,0
Paraquat	4,8	24,0

Paraquat	9,6	48,0
Paraquat	14,4	72,0
Paraquat	19,6	98,0
Paraquat	24,0	120,0

Fonte: Elaboração autor.

Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de cultivo, com cinco metros de comprimento, espaçadas 0,9 m, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais da parcela. Após a emergência e estabelecimento das plantas, houve desbaste, deixando-se 8 plantas por metro linear em todos os tratamentos, totalizando uma população de aproximadamente 88.900 plantas ha⁻¹.

Foi utilizado a cultivar de algodoeiro FMT 70I devido à sua ampla difusão nas lavouras comerciais nas regiões cotonicultoras do país. Essa cultivar apresenta porte alto (1,70 m), resistência a virose e bacteriose, tolerante a nematóide e possui ciclo médio tardio. É altamente responsiva, adaptada a colheita mecanizada e possui boa qualidade de fibra (FUNDAÇÃO MT, 2010).

3.5 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E TRATOS CULTURAIS

3.5.1 Preparo e instalação do experimento

A área utilizada para o trabalho no primeiro ano agrícola (2010/11) encontrava-se anteriormente com a cultura do algodoeiro em plantio convencional. Em setembro de 2010 foram realizadas intervenções que possibilitaram a implantação do plantio direto. Procedeu-se o preparo do solo, numa profundidade de 0,30 m, através de uma aração e duas gradagens. De acordo com a análise prévia do solo, não foi necessária a correção química seguindo as recomendações de Silva e Raij (1997) para a cultura do algodoeiro. A instalação do experimento se deu em 9 de setembro de 2010, com a semeadura do milheto, com espaçamento de 0,45 m e 10 kg ha⁻¹ de sementes, para obtenção de palha na área, sendo esta cultura escolhida por apresentar boa produção de matéria seca (CÔSER; MARASCHIN, 1981; MORAES, 1985; GUIDELI et al., 2000). Para a emergência e estabelecimento dessa cultura foram realizadas irrigações, com um carretel enrolador autopropelido, munido de aspersor/canhão de vazão regulável. O milheto

foi dessecado em 02 de novembro, mediante a aplicação do herbicida glyphosate na dose de 4 L ha⁻¹, sendo posteriormente triturado com auxílio do implemento Triton acoplado a um trator. A planta de cobertura proporcionou uma cobertura morta de 7 t ha⁻¹. A semeadura direta do algodão foi realizada no dia 04 de novembro de 2010, com uma densidade de 12 sementes por metro. A emergência de plantas ocorreu no dia 10 de novembro de 2010.

No ano agrícola 2011/12 não foram realizadas operações de preparo do solo, para proceder dessa forma, a instalação em plantio direto. Para o ano agrícola 2013/14, procedeu-se o preparo de solo pelo sistema de cultivo convencional, através de uma aração e duas gradagens, no dia 30/11/2013, onde a segunda gradagem foi feita pouco antes da semeadura, com a finalidade de eliminar plantas daninhas. A instalação do experimento se deu em 14 de setembro de 2011, com a semeadura do milho, também com espaçamento de 0,45 m e 10 kg de sementes ha⁻¹, para obtenção de palha na área. Semelhante ao primeiro ano agrícola, foram realizadas irrigações para a emergência e estabelecimento dessa cultura, com um carretel enrolador autopropelido. A dessecação do milho foi realizada em 11 de novembro, mediante a aplicação do herbicida glyphosate na dose de 4 L ha⁻¹, sendo triturado com auxílio do implemento Triton acoplado a um trator. A planta de cobertura proporcionou uma cobertura morta de aproximadamente 7,5 t ha⁻¹. A semeadura direta do algodão foi realizada no dia 17 de novembro de 2011, com uma densidade de 15 sementes por metro. A emergência de plantas ocorreu no dia 23 de novembro de 2011.

Para o terceiro ano agrícola (2013/2014), houve uma mudança da área de plantio e o preparo do solo foi através do sistema de cultivo convencional, com uma aração e duas gradagens, onde a segunda gradagem foi feita pouco antes da semeadura, com a finalidade de eliminar plantas daninhas. Similar aos anos anteriores, foram realizadas irrigações, para emergência e estabelecimento da cultura. A semeadura foi realizada em 06/12/2013, com uma densidade de 12 sementes por metro e a emergência de plantas se deu em 13/12/2013.

3.5.2 Adubação

No ano agrícola de 2010/11, a adubação de semeadura do algodoeiro foi realizada juntamente com a operação de semeadura e consistiu de 350 kg ha⁻¹ da

formulação 08-28-16. A adubação de cobertura foi de 60 kg ha⁻¹ de N, dividida em duas aplicações (30 kg de N em cada aplicação), sendo a primeira aos 35 dias após a emergência (d.a.e.) tendo como fonte a Uréia e a segunda aos 65 d.a.e. tendo como fonte a fórmula 20-00-20, seguindo as recomendações de Silva e Raij (1997).

Nos anos agrícolas 2011/12 e 2013/2014, a adubação de semeadura do algodoeiro também foi realizada juntamente com a operação de semeadura e consistiu de 350 kg ha⁻¹ da formulação 04-30-10. A adubação de cobertura foi de 60 kg ha⁻¹ de N, dividida em duas aplicações (30 kg de N em cada aplicação), sendo aos 30 dias após a emergência (d.a.e.) tendo como fonte a Uréia e aos 60 d.a.e. tendo também como fonte a Uréia, seguindo as recomendações de Silva e Raij (1997).

3.5.3 Aplicação de subdoses

Para os três anos agrícolas estudados (2010/11, 2011/12 e 2013/14)), a aplicação das subdoses dos herbicidas foi realizada em forma de pulverização foliar aos 45 dias após a emergência, quando as plantas encontravam-se em estágio de desenvolvimento B₄ (MARUR; RUANO, 2001), utilizando-se pulverizador costal de pressão constante a base de CO₂ munido de pontas de pulverização modelo XR11002 calibrado a pressão de 3 bar e volume de calda aplicado de 160 l ha⁻¹. Os produtos comerciais utilizados nesses anos agrícolas foram Roundup (glyphosate), DMA 806 BR (2,4-D) e Gramoxone 200 (paraquat).

3.5.4 Regulador de crescimento

O crescimento vegetativo do algodoeiro nos três anos de pesquisa (2010/11, 2011/12 e 2013/14) foi controlado através do emprego de regulador de crescimento, que é comercializado com a denominação de PIX HC, cujo princípio ativo é o cloreto de mepiquat (250 g L⁻¹). O regulador foi aplicado com pulverizador de barras tratorizado, em dose única. Devido a condições climáticas adversas no ano agrícola de 2010/11, o regulador foi aplicado aos 76 dias após a emergência com a dose de 0,2 L ha⁻¹. Já nos anos agrícolas de 2011/12 e 2013, a aplicação foi realizada aos 70 d.a.e., também com a dose de 0,2 L ha⁻¹. A pulverização foi realizada nas primeiras horas da manhã, com intuito de evitar valores altos de temperatura ocorridas ao longo do dia.

3.5.5 Controle de plantas daninhas

O controle de plantas daninhas foi realizado através de manejo químico e por capinas manuais. No primeiro ano agrícola (2010/11), imediatamente após a semeadura, foi realizada a aplicação do herbicida pré-emergente diuron na dose 3,0 L ha⁻¹. Aos 30 d.a.e., foi realizada aplicação do herbicida pyriithobac-sodium (Staple 280 CS) utilizando-se pulverizador acoplado a um trator, em toda área do ensaio, na dose de 0,3 L ha⁻¹ da formulação comercial.

Para o segundo ano do ensaio (2011/12), dois dias antes da semeadura, foi aplicado o herbicida pré-emergente trifluralin na dose 2,0 L ha⁻¹. Aos 22 d.a.e., foi realizada aplicação do herbicida pyriithobac-sodium (Staple 280 CS) + haloxifope-P-metílico (Verdict R), nas doses de 0,3 L ha⁻¹ e 0,4 L ha⁻¹ da formulação comercial, respectivamente, utilizando-se pulverizador de barras acoplado a um trator, em toda área do ensaio.

No terceiro ano de cultivo (2013/14), um dia após a semeadura foi aplicado o herbicida pré-emergente trifluralin na dose 2,0 L ha⁻¹ e aos 30 d.a.e. do algodoeiro, foi realizada uma pulverização com o herbicida pós-emergência pyriithobac-sodium na dose de 0,3L há⁻¹.

As capinas manuais, para todos os anos agrícolas estudados, foram realizadas sempre que, após avaliação fosse encontrada necessidade de realização.

3.5.6 Controle fitossanitário

O controle de pragas e doenças foi realizado visando o bom desenvolvimento das plantas de algodoeiro, de modo que não interferissem nos tratamentos em estudo.

As principais pragas encontradas e controladas no ano agrícola de 2010/11 foram vaquinha do algodoeiro (*Costalimaita ferruginea*), percevejo manchador (*Dysdercus ruficollis*), ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), curuquerê (*Alabama argilacea*), bicudo (*Anthonomus grandis*) e lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*). As doenças encontradas durante o desenvolvimento da cultura do algodoeiro foram ramulose (*Coletotrichum gossypii* pv. *cephalosporioides*) e mancha de alternaria (*Alternaria* spp.).

No segundo ano agrícola (2011/12), as principais pragas encontradas e controladas foram percevejo manchador (*Dysdercus ruficollis*), curuquerê (*Alabama*

argilacea), cochonilha (*Planococcus* spp.), bicudo (*Anthonomus grandis*) e lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*). A doença encontrada durante o desenvolvimento da cultura do algodoeiro foi a ramulose (*Coletotrichum gossypii* pv. *cephalosporioides*).

No terceiro ano agrícola (2013/14), as principais pragas encontradas e controladas foram percevejo manchador (*Dysdercus ruficollis*), cochonilha (*Planococcus* spp.), bicudo (*Anthonomus grandis*) e lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*). A doença encontrada durante o desenvolvimento da cultura do algodoeiro foi a ramulose (*Coletotrichum gossypii* pv. *cephalosporioides*).

3.6 VARIÁVEIS ANALISADAS

As características agronômicas foram avaliadas em dez plantas escolhidas ao acaso em cada parcela e marcadas para as avaliações. As variáveis analisadas foram referentes a crescimento, sendo avaliados antes da aplicação das subdoses dos herbicidas e 15 dias após a aplicação, sendo elas:

- **Altura de plantas:** realizada com auxílio de trena, sendo medido do colo até a última ramificação do meristema apical;
- **Diâmetro do caule:** realizado com auxílio de paquímetro, na altura de 2 cm em relação ao solo;
- **Número de nós:** realizado por contagem do número de nós das mesmas plantas realizada a avaliação de altura;
- **Número de estruturas reprodutivas:** contagem de estruturas reprodutivas (botão floral, flor e maçã);
- **Comprimento de ramo:** comprimento do quinto ramo da base para o ápice na haste principal; selecionado este ramo por ser freqüentemente o ramo onde surge o primeiro botão floral.

- **Índice SPAD:** leituras com medidor portátil de clorofila modelo SPAD-502, desenvolvido pela MINOLTA (1989), realizadas imediatamente antes da aplicação da subdoses dos herbicidas e aos 15 dias após a aplicação dos herbicidas (45, 60 d.a.e, respectivamente), realizadas em três diferentes posições na planta, sendo: ápice, terço médio e base do algodoeiro.
- **Análise de tecido foliar:** a análise foliar do algodoeiro foi realizada através de coleta de 20 folhas por parcela experimental (limbo da 5ª folha da haste principal), aos oitenta dias após a emergência, de acordo com as recomendações de Silva (1999), no sentido de verificar o efeito dos tratamentos estudados na concentração de nutrientes. Após a coleta, estas foram encaminhadas ao laboratório de análise foliar do Departamento de Fitotecnia da FE/Unesp/Ilha Solteira, onde seguiram as metodologias relatadas por Bataglia et al. (1983), Embrapa, (1999), Malavolta et al. (1997) para a determinação dos macronutrientes.

As variáveis de produtividade avaliadas ao final do ciclo da cultura foram:

- **Número de capulhos por planta:** contagem dos capulhos das mesmas plantas selecionadas para avaliação de altura antes da colheita;
- **Massa de 20 capulhos:** colhidos aleatoriamente no terço médio das plantas e pesados com auxílio de balança digital, no momento da colheita;
- **Produtividade de algodão em caroço:** colheita das linhas centrais de forma manual, pesagem e estimativa para produtividade em @ ha⁻¹;

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F ao nível de significância de 5%, utilizando a metodologia descrita por Gomes (2000). O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2000). Para os resultados significativos, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ENSAIO 1

4.1.1 Características agronômicas

Os resultados obtidos antes da aplicação das subdoses do herbicida glyphosate nos três anos agrícolas de estudo (2010/11, 2011/12 e 2013/14) foram submetidos à análise de variância (teste F) ao nível de 5% de probabilidade e não houve diferenças significativas entre as parcelas, constatando a homogeneidade das plantas, a fim de evitar com que estas interferissem na interpretação dos resultados.

Analizando os dados da Tabela 05, referentes à altura de plantas e diâmetro do caule, quinze dias após a aplicação das subdoses de glyphosate nos anos agrícolas de 2010/11, 2011/12 e 2013/14, observou-se que a aplicação do herbicida interferiu no crescimento das plantas em relação à altura de forma significativa, proporcionando um aumento, com ajuste quadrático das médias, até a subdose 60 g e.a. ha^{-1} , para o primeiro ano. Notou-se que esse estímulo de crescimento na subdose 60 g e.a. ha^{-1} chegou a um pico de máxima de 160,56 cm na altura, um incremento de aproximadamente 6% em relação ao controle. Para os demais anos de estudo, não se observou diferenças estatísticas significativas. Pode-se justificar, portanto, que o uso de subdoses de glyphosate promove um aumento na altura de plantas quando comparado ao não uso das subdoses. Neves (2009) avaliando o efeito da aplicação de subdoses de glyphosate variando de 0 a 72 g e.a. ha^{-1} nas cultivares de algodoeiro FMT 701 em Selvíria-MS e BRS Cedro em Costa Rica-MS, concluiu que a aplicação de glyphosate incrementou a altura de plantas na c.v. FMT 701 em 7% na subdose 16,2 g e.a. ha^{-1} em relação ao controle e na c.v. BRS Cedro este incremento em altura chegou a 15 % na subdose 27,4 g e.a. ha^{-1} em relação ao controle.

Com relação ao diâmetro do caule (Tabela 05), quinze dias após a aplicação das subdoses de glyphosate, verificou-se que esta variável não foi influenciada pela aplicação das subdoses do herbicida, não apresentando diferenças estatísticas significativas pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade, nos dois primeiros anos agrícolas. Para o terceiro ano estudado (2013/14), observa-se que esta se encaixa em um modelo linear, ou seja, o diâmetro aumentou proporcionalmente, com o aumento das doses.

Tabela 05 - Valores médios das características agronômicas do algodoeiro, altura de plantas e diâmetro de caule c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência. 15 dias depois da aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	ALTURA (cm)			DIÂMETRO (mm)		
	2010/11	2011/12	2013/14	2010/11	2011/12	2013/14
0	151,08	118,25	106,73	19,19	12,92	11,18
26	158,55	127,42	107,42	19,40	13,59	11,62
52	159,25	114,09	108,11	18,73	13,67	12,06
78	157,85	113,50	108,80	18,44	13,17	12,51
104	159,98	111,83	109,49	19,00	14,09	12,95
130	146,25	126,00	110,19	18,25	13,34	13,40
p>F (linear)	0,559	0,859	0,374	0,277	0,485	0,000* ²
p>F (quadrática)	0,041* ¹	0,187	0,082	0,984	0,439	0,165
r² (linear %)	5,76	0,47	12,36	55,61	16,02	86,03
r² (quadrática %)	86,2	27,66	63,55	55,63	35,75	93
⁽¹⁾ Y= -0,0026X ² + 0,3143X + 151,1464 ⁽²⁾ Y= 0,0170X + 11,1801						

Fonte: Elaboração autor.

Analizando os dados de comprimento do quinto ramo (Tabela 06), observou-se que não houve diferenças significativas nesta variável pela aplicação de subdoses de glyphosate, para os anos estudados, onde, estes corroboram com Neves (2009), que não encontrou diferença estatística significativa para essas variáveis na c.v. FMT 701 em Selvíria-MS. Porém, para a c.v. BRS Cedro em Costa Rica-MS, o autor encontrou diferença significativa para esta variável, com redução máxima de 30% em relação ao controle na subdose 36 g e.a. ha⁻¹, com restabelecimento do crescimento a partir desta dose. O autor justifica esta diferença de resultados sugerindo que há diferenças entre os cultivares e/ou manejo-ambiente em que é submetido o cultivo do algodoeiro.

Pela análise dos dados da tabela 06, verificou-se que o número de nós do caule, não foi influenciado pelas subdoses de glyphosate, não apresentando diferenças estatísticas significativas, salvo no ano agrícola de 2013/14, onde houve um aumento de 17,12% em relação à testemunha. Em geral, o número de nós é uma característica mais estável em relação às condições ambientais e ao manejo que a cultura recebe ao longo de seu ciclo. Resultados semelhantes foram obtidos por Neves (2009) com a c.v. BRS Cedro em Costa Rica-MS, que não observou

diferença estatística significativa para aplicação de subdoses de glyphosate no número de nós, entretanto, ressalta que houve clara tendência a estímulo, com 13% de incremento na subdose de 18 g e.a. ha⁻¹. Já para a c.v. FMT 701 em Selvíria-MS, o autor obteve diferenças significativas para número de nós, com incremento de 6,8 % na subdose 16 g e.a. ha⁻¹ em relação ao tratamento controle.

Tabela 06 - Médias das características agrônômicas do algodoeiro, comprimento do quinto ramo e número de nós c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14.

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	COMPRIMENTO DO QUINTO RAMO (cm)			NÚMERO DE NÓS		
	2010/11	2011/12	2013/14	2010/11	2011/12	2013/14
0	65,85	20,00	19,04	20,03	15,42	11,51
26	78,53	17,75	19,50	20,15	13,17	11,91
52	53,85	17,50	19,97	20,13	13,92	12,30
78	69,80	17,08	20,43	19,43	13,50	12,69
104	56,45	20,08	20,50	20,25	15,00	13,08
130	66,48	20,33	20,00	19,58	14,83	13,48
p>F (linear)	0,371	0,524	0,056	0,303	0,847	0,045 ^{*1}
p>F (quadrática)	0,576	0,142	0,725	0,84	0,286	0,209
r² (linear %)	7,82	11,30	35,06	19,54	1,65	44,30
r² (quadrática %)	10,83	75,16	35,8	18,84	53,92	60,32

⁽¹⁾Y= 0,0151X + 11,5178

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Analisando os valores de índice SPAD apresentados na tabela 07, observou-se que esta variável foi influenciada pela aplicação das subdoses de glyphosate, com redução dos valores até a subdose 78 g e.a. ha⁻¹, para o primeiro ano agrícola. Para os demais anos, esse índice diminuiu à medida que se aumentavam as doses, onde para o segundo ano, chegou-se a um valor mínimo de 41,69 na subdose de 104,0 g e.a. ha⁻¹. O índice SPAD fornece subsídio para explicar o comportamento de outras variáveis de crescimento vegetativo e reprodutivo, uma vez que está relacionado ao conteúdo de clorofila na folha, um dos pilares centrais do complexo energético da planta. As doses que estimularam o crescimento em altura, em geral causaram redução no índice SPAD. O contrário também ocorreu, onde doses que causaram redução na altura, estimularam o índice SPAD. Há indícios, portanto, de

uma “biodiluição” e/ou “bioconcentração” do teor de clorofila. As causas desses efeitos de concentração ou diluição provavelmente devem-se ao fato da clorofila sofrer variações menores que as demais variáveis de crescimento vegetativo. Logo, o índice SPAD é uma variável que quando sofre redução, não significa que foi inibida a síntese de clorofila, bem como o aumento não é necessariamente devido a acréscimo no estímulo da síntese de clorofila. Discordando deste, Kitchen et al. (1981) reportaram o efeito detrimental do glyphosate sobre a síntese de ALA (ácido d-aminolevulínico), um precursor da biossíntese da clorofila. Campbell et al. (1976) e Pihakaski e Pihakaski (1980) constataram que o glyphosate danificava a ultraestrutura dos cloroplastos, diminuindo assim, a quantidade deste pigmento na planta.

Tabela 07 - Médias das características agronômicas do algodoeiro, índice SPAD c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	ÍNDICE SPAD		
	2010/11	2011/12	2013/14
0	50,53	47,21	53,79
26	47,6	45,11	52,95
52	48,6	46,73	52,11
78	47	46,55	51,27
104	47,1	41,69	50,43
130	49,68	42,93	49,59
p>F (linear)	0,34	0,036* ²	0,006* ³
p>F (quadrática)	0,010* ¹	0,552	0,106
r ² (linear %)	7,37	56,75	7,11
r ² (quadrática %)	72,32	60,72	94,93

⁽¹⁾Y = 0,0006X² - 0,0901X + 50,3642 ⁽²⁾Y = -0,0349X + 47,3083 ⁽³⁾Y = -0,0323X + 53,7950

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

4.1.2 Teores de macronutrientes

Analisando os resultados obtidos com relação aos teores foliares de macronutrientes aos 80 d.a.e. em função da aplicação de subdoses de glyphosate no ano agrícola 2010/11 (Tabela 08), verificou-se que as mesmas não promoveram

alterações significativas nos teores foliares de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre das plantas. Porém, para os teores de potássio foram constatadas diferenças significativas, verificando-se um aumento linear dos teores foliares deste nutriente com o aumento das subdoses, representando uma diferença de $3,26 \text{ g kg}^{-1}$ comparando a dose $130 \text{ g e.a. ha}^{-1}$ com o controle. O potássio pode ser requerido pelo algodoeiro em quantidades semelhantes à de nitrogênio, podendo ser extraído do solo a taxas de até $5,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ durante as fases de florescimento e frutificação, determinando sua importância para a planta (CASSMAN, 1993).

Rosolem (2001) cita que a marcha de absorção dos nutrientes pelo algodoeiro segue o padrão de crescimento, aumentando consideravelmente a partir dos 30 dias da semeadura, coincidindo com a emissão dos primeiros botões florais e alcançando uma absorção máxima diária na fase de florescimento entre 60 e 90 dias após a emergência, dependendo da cultivar. O algodoeiro é uma cultura que demanda grandes quantidades de nutrientes para expressar seu potencial produtivo. Estima-se que para produzir 1.000 kg ha^{-1} de algodão em caroço, são removidos do solo em média, cerca de $50 \text{ a } 85 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $12 \text{ a } 26 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , $43 \text{ a } 88 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , $29 \text{ a } 47 \text{ kg ha}^{-1}$ de CaO, $22 \text{ a } 35 \text{ kg ha}^{-1}$ de MgO e $4 \text{ a } 8 \text{ kg ha}^{-1}$ de S.

Tabela 08 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11

SUBDOSES (g e.a. ha^{-1})	MACRONUTRIENTES (g kg^{-1})					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,0	42,26	3,34	8,86	27,74	6,64	5,94
26,0	42,49	3,41	7,60	28,35	6,44	5,32
52,0	40,53	3,48	9,58	29,16	6,89	5,68
78,0	42,00	3,90	8,46	28,17	6,57	6,53
104,0	42,05	3,67	8,53	28,09	6,51	5,08
130,0	41,86	3,71	12,12	21,91	6,63	6,18
p>F (linear)	0,803	0,053	0,040 ^{*1}	0,174	0,933	0,752
p>F (quadrática)	0,468	0,412	0,077	0,135	0,858	0,769
r ² (linear %)	2,06	59,42	37,24	38,84	0,35	1,77
r ² (quadrática %)	19,74	69,03	63,90	86,43	1,95	5,30

⁽¹⁾ $Y = 7,910833 + 0,019712x$

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Observando os dados constantes da Tabela 09 em relação aos macronutrientes avaliados no segundo ano agrícola de estudo (2011/12) em função da aplicação das subdoses de glyphosate, não foram verificadas diferenças significativas para os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Tais resultados concordaram com os obtidos no primeiro ano agrícola, com exceção do potássio, que ano 2010/11 apresentou diferenças significativas.

Tabela 09 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, ano agrícola 2011/12

SUBDOSES (g e.a. ha⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,0	42,56	3,53	14,38	26,13	4,81	7,39
26,0	44,77	3,69	14,75	22,38	5,06	7,99
52,0	42,53	3,52	15,00	21,50	5,06	7,36
78,0	40,46	3,51	15,33	22,58	5,08	7,49
104,0	41,63	3,49	14,50	22,94	5,13	6,95
130,0	42,33	3,43	14,75	23,38	4,88	7,40
p>F (linear)	0,249	0,244	0,855	0,185	0,628	0,384
p>F (quadrática)	0,603	0,636	0,573	0,009	0,061	0,915
r² (linear %)	22,70	47,00	5,08	13,68	4,77	22,33
r² (quadrática %)	27,18	54,43	53,97	76,89	84,60	22,65

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Em relação ao acúmulo de nutrientes em folhas de algodoeiro, para o ano agrícola de 2013/14 os dados não apresentaram diferenças significativas pelo teste F, para nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre, mas, diferindo dos anos anteriores, os teores de fosforo e cálcio apresentaram diferenças significativas, onde, com o aumento das subdoses, o fosforo diminuiu e o teor de cálcio aumentou, chegando em 30,06 g kg⁻¹ para a subdose de 130 g e.a ha⁻¹.

Tabela 10 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0	42,62	3,43	6,42	26,56	5,78	3,59
26	42,42	3,54	6,34	27,26	5,98	3,5
52	42,23	3,86	6,26	27,96	6,17	3,41
78	42,03	3,75	6,17	28,66	6,36	3,32
104	41,83	3,38	6,09	29,36	6,56	3,23
130	41,63	3,50	6,00	30,06	6,75	3,15
p>F (linear)	0,468	0,789	0,581	0,040* ²	0,122	0,503
p>F (quadrática)	0,742	0,021* ¹	0,846	0,644	0,551	0,235
r ² (linear %)	16,85	0,56	45,41	72,69	50,6	13,62
r ² (quadrática %)	20,27	50,67	50,96	75,88	57,59	57,84

$$^{(1)}Y = -0,00007X^2 + 0,0091X + 3,4360 \quad ^{(2)}Y = 0,0269X + 26,5625$$

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

4.1.3 Características produtivas

Observando os resultados referentes ao número de capulhos por planta, para os três anos agrícolas estudados, em função da aplicação de subdoses de glyphosate (Tabela 11), verificou-se que as mesmas não influenciaram de forma significativa essa variável. Este resultado discorda do encontrado por Neves (2009), que avaliou o efeito da aplicação de subdoses de glyphosate variando de 0 a 72 g e.a. ha⁻¹ nas cultivares de algodoeiro FMT 701 em Selvíria-MS e BRS Cedro em Costa Rica-MS e concluiu que os valores de números de capulhos foram incrementados até a faixa de 10 g do e.a. ha⁻¹.

Tabela 11 - Médias das características produtivas do algodoeiro, capulhos por planta, c.v. FMT 701 ao final da cultura, em função da aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	CAPULHOS POR PLANTA		
	2010/11	2011/12	2013/14
0	15,00	12,33	9,75
26	15,13	10,17	10,97
52	14,38	13,34	10,15
78	14,25	13,58	11,80
104	13,50	11,50	10,40
130	13,13	9,25	10,42
p>F (linear)	0,337	0,376	0,608
p>F (quadrática)	0,877	0,131	0,24
r ² (linear %)	93,14	11,86	5,8
r ² (quadrática %)	95,49	48,24	37,5

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Com relação à massa de 20 capulhos (Tabela 12), não foram obtidos resultados significativos, para todos os anos agrícolas estudados, independente da subdoses de glyphosate em estudo, provavelmente, por ser uma característica genética da cultivar utilizada. Estes resultados corroboram com os de Neves (2009), que não encontrou diferenças significativas para massa de capulhos.

Tabela 12 - Médias das características produtivas do algodoeiro, massa de 20 capulhos c.v. FMT 701 ao final da cultura, em função da aplicação das subdoses de glyphosate. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	MASSA DE 20 CAPULHOS (g)		
	2010/11	2011/12	2013/14
0	112,00	106,78	108,86
26	121,50	107,55	109,40
52	126,00	114,11	109,94
78	119,50	111,73	110,47
104	111,00	113,84	111,01
130	100,50	107,27	111,54
p>F (linear)	0,262	0,453	0,544
p>F (quadrática)	0,111	0,062	0,631
r ² (linear %)	31,12	8,83	15,4
r ² (quadrática %)	96,81	69,57	25,09

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Analisando a Tabela 13, com relação à produtividade do algodão em caroço, para o primeiro ano agrícola estudado (2010/11), verificou-se efeito significativo pela utilização das subdoses, com ajuste quadrático, chegando a um incremento máximo de 693 Kg ha⁻¹, com relação ao controle, na subdose de 65 g e.a ha⁻¹. Estes resultados corroboram com os de Furlani Jr et al. (2009), que estudando o efeito de subdoses de glyphosate variando de 0 a 72 g e.a. ha⁻¹ em algodão concluíram que houve incremento na variável de produtividade até a dose de 23 g e.a. ha⁻¹. Neves (2009) também obteve resultado semelhante e concluiu que a aplicação de glyphosate incrementou em 13% a produtividade de algodão em caroço na subdose de 29 g e.a. ha⁻¹ para a c.v. FMT 701 em relação ao controle. Para os anos agrícolas 2011/12 e 2013/14, não se observa resultados significativos, evidenciando que as subdoses estudadas não causaram nenhum efeito nessa variável.

Tabela 13 - Médias das características produtivas do algodoeiro, produtividade algodão em caroço cv. FMT 701 em função da aplicação das subdoses de glyphosate no final do ciclo da cultura. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	PRODUTIVIDADE (@ ha ⁻¹)		
	2010/11	2011/12	2013/14
0	209,20	163,33	113,10
26	221,50	181,29	115,29
52	261,30	202,22	117,48
78	253,40	180,00	119,67
104	234,70	161,29	121,85
130	202,80	159,07	124,04
p>F (linear)	0,998	0,519	0,556
p>F (quadrática)	0,022* ¹	0,151	0,339
r ² (linear %)	0	11,08	13,53
r ² (quadrática %)	88,231	69,06	49,82

$$^{(1)}Y = -0,012X^2 + 1,531X + 203,4$$

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

4.2 ENSAIO 2

4.2.1 Características agronômicas

Os resultados obtidos antes da aplicação das subdoses do herbicida 2,4 D nos três anos agrícolas de estudo (2010/11, 2011/12 e 2013/14) foram submetidos à análise de variância (teste F) ao nível de 5% de probabilidade e não houve diferenças significativas entre as parcelas, constatando a homogeneidade das plantas, a fim de evitar com que estas interferissem na interpretação dos resultados.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 14, referente às variáveis analisadas quinze dias após a aplicação das subdoses do herbicida 2,4-D nos três anos agrícolas estudados, observou-se que a aplicação não interferiu de forma significativa no crescimento em altura das plantas pelo Teste F ao nível de 5 % de probabilidade, para nenhum dos anos estudados.

Com relação ao diâmetro de caule, verificou-se que esta variável foi significativamente influenciada, para o ano agrícola de 2010/11. Observou-se que houve aumento linear nesta variável com o aumento das subdoses analisadas, com uma média de 20,94 mm de diâmetro na dose de 3,40 g e.a. ha⁻¹. Notou-se que o aumento em diâmetro chegou a aproximadamente 13 % na dose 3,40 g e.a. ha⁻¹ com relação ao tratamento controle. Para os anos agrícolas de 2011/12 e 2013/14, não se observou diferenças estatísticas significativas, diferindo do primeiro ano de estudo.

Tabela 14 - Médias das características agronômicas do algodoeiro, altura de plantas e diâmetro de caule c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/2012 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	ALTURA (cm)			DIÂMETRO (mm)		
	2010/11	2011/12	2013/14	2010/11	2011/12	2013/14
0,00	156,03	127,55	105,27	17,96	13,00	8,67
0,68	155,75	128,89	107,43	18,38	15,22	9,01
1,36	157,27	123,22	107,44	18,88	14,11	8,93
2,04	152,28	121,00	107,44	17,69	13,89	8,86
2,72	155,03	128,56	107,45	20,56	13,22	8,79
3,40	153,95	130,11	107,45	20,94	15,00	9,05
p>F (linear)	0,347	0,774	0,99	0,012*	0,604	0,455
p>F (quadrática)	0,964	0,159	0,092	0,251	0,954	0,876
r² (linear %)	28,75	2,01	0	62,57	4,98	6,57
r² (quadrática %)	28,82	55,36	31	73,51	5,04	6,85

⁽¹⁾Y= 0,5792X + 17,6176

Nota: *Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância, respectivamente.

Fonte: Elaboração autor.

Na Tabela 15 foram apresentados os valores referentes à avaliação das variáveis de crescimento comprimento do quinto ramo e número de nós, para os três anos agrícolas estudados (2010/11, 2011/12 e 2013/14).

Com relação ao comprimento do quinto ramo e número de nós, verificou-se que a aplicação das subdoses de 2,4-D não influenciou de forma significativa o crescimento desta variável.

Nas doses recomendadas de uso (670 g e.a. ha⁻¹), os herbicidas auxínicos, como 2,4-D, induzem uma série de mudanças no metabolismo celular, causando uma intensa divisão celular em tecidos, desorganizado assim, o crescimento da planta (THILL, 2003; SILVA; FERREIRA; FERREIRA, 2007). Esperava-se, portanto, que com doses menores (subdoses) aplicadas sobre o algodoeiro houvesse estímulo de crescimento em determinadas variáveis. No entanto, não se verificou a interferência das subdoses no crescimento das plantas de algodoeiro no comprimento do quinto ramo e em número de nós, relativos aos três anos estudados.

Tabela 15 - Valores médios das características agrônômicas do algodoeiro, comprimento do quinto ramo e número de nós c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	COMPRIMENTO DO QUINTO RAMO (cm)			NÚMERO DE NÓS		
	2010/11	2011/12	2013/14	2010/11	2011/12	2013/14
0,00	63,50	17,00	18,47	19,53	14,11	8,67
0,68	73,03	20,11	19,04	19,85	12,33	9,14
1,36	54,28	23,78	19,57	19,03	13,44	9,34
2,04	50,13	22,00	20,10	18,48	11,00	9,53
2,72	79,15	20,00	20,64	19,53	13,45	9,73
3,40	73,48	19,33	21,17	18,83	12,44	9,93
p>F (linear)	0,424	0,68	0,062	0,186	0,674	0,082
p>F (quadrática)	0,198	0,122	0,655	0,558	0,634	0,138
r² (linear %)	8,72	4,83	65,23	27,11	12,88	51,8
r² (quadrática %)	32,16	81,27	68,37	32,16	29,36	87,97

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Com relação aos índices SPAD apresentados na tabela 16, verificou-se que esta variável não foi influenciada pela aplicação das subdoses de 2,4-D., para o primeiro ano agrícola, onde, apesar de não serem observadas diferenças significativas, notou-se que o índice SPAD sofreu redução com o aumento das subdoses analisadas.

Para o segundo e terceiro ano estudados (2011/12 e 2013/14), houve diferenças estatísticas significativas. No ano agrícola de 2011/12, notou-se que houve diminuição desta variável até a dose de 2,04 g e.a. ha⁻¹ e atingindo o índice mínimo de 40,42 com aumento dos valores a partir desta dose. De acordo com o ajuste quadrático das médias, verificou-se diminuição até a subdose de 3,02 g e.a. ha⁻¹, com elevação desta variável a partir deste ajuste. Já para o terceiro ano de estudo (2013/14), esse índice apresentou diminuição com o aumento das subdoses, onde para a subdose de 3,40 g e.a ha⁻¹, este chegou a 41,34.

O algodoeiro trata-se de uma das culturas mais sensíveis a baixas concentrações de 2,4-D, sendo observado em diversos estudos sintomas injuriosos tais como, epinastia do caule e do pecíolo das folhas, rachadura e deformação da lâmina foliar, deformação da gema terminal, inibição do crescimento e redução na

produtividade (CONSTANTIN et al.,2007; GUEVARA,1998; WALL,1996). Entretanto, não foram observados sintomas prejudiciais no algodoeiro c.v. FMT 701 pela aplicação das subdoses de 2,4-D em nenhuma das subdoses analisadas.

Tabela 16 - Médias das características agrônômicas do algodoeiro, índice SPAD c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/2012 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	ÍNDICE SPAD		
	2010/11	2011/12	2013/14
0,00	49,18	48,37	47,73
0,68	48,35	45,60	44,47
1,36	49,13	43,93	43,69
2,04	47,10	40,42	42,9
2,72	47,48	41,61	42,12
3,40	46,25	45,62	41,34
p>F (linear)	0,284	0,083	0,066
p>F (quadrática)	0,852	0,021* ¹	0,009* ²
r ² (linear %)	77,25	28,78	26,92
r ² (quadrática %)	79,49	86,45	93,2

$$^{(1)}Y = 0,8088X^2 - 4,8790X + 49,0417 \quad ^{(2)}Y = -0,0323X + 53,7950$$

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

4.2.2 Teores Foliares de macronutrientes

De acordo com os resultados apresentados na tabela 17, notou-se que as subdoses não promoveram alterações estatísticas significativas ao nível de 5% de probabilidade nos teores foliares de macronutrientes, onde estes, se enquadraram nas faixas adequadas pelas recomendações de Silva e Raij (1997).

Tabela 17 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701, aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.

SUBDOSES (g e.a. ha⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,0	40,51	3,53	9,32	32,75	6,72	6,05
0,68	39,87	3,68	9,55	33,83	6,62	5,08
1,36	40,25	3,93	9,99	32,97	6,60	5,20
2,04	41,48	4,27	11,63	33,00	6,75	5,41
2,72	39,87	3,95	10,78	33,87	6,85	6,83
3,40	40,79	3,86	11,70	35,09	6,93	5,48
p>F (linear)	0,640	0,166	0,151	0,092	0,333	0,772
p>F (quadrática)	0,985	0,122	0,892	0,304	0,520	0,738
r² (linear %)	5,24	35,10	79,14	51,82	63,38	4,55
r² (quadrática %)	5,25	79,77	79,79	69,93	90,84	10,62

Nota: *Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Na Tabela 18 foram apresentados os valores médios dos teores foliares de macronutrientes, obtidos no segundo ano de pesquisa (2011/12). Constatou-se uma elevação linear nos teores de nitrogênio de acordo com o aumento das subdoses. Verificou-se valores de 44,12 g kg⁻¹ de nitrogênio, um aumento de aproximadamente 7% quando se compara a subdose de 3,40 g e.a. ha⁻¹ com o tratamento controle. Para os demais teores de nutrientes, não houve diferenças estatísticas significativas. Todos os teores foliares obtidos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre se enquadraram nas faixas adequadas pelas recomendações de Silva e Raij (1997).

Tabela 18 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, ano agrícola 2011/12

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,00	41,02	3,52	13,33	23,58	4,92	7,20
0,68	40,23	3,57	14,67	25,17	5,00	8,64
1,36	39,06	3,34	12,83	26,42	5,00	8,87
2,04	41,98	3,53	14,00	24,58	5,00	8,36
2,72	43,33	3,34	13,83	23,33	5,17	7,36
3,40	44,12	3,48	15,33	22,75	5,00	7,24
p>F (linear)	0,011*	0,289	0,344	0,270	0,490	0,489
p>F (quadrática)	0,095	0,396	0,451	0,082	0,686	0,066
r ² (linear %)	60,51	14,68	26,46	20,62	35,76	8,19
r ² (quadrática %)	81,76	23,87	42,97	77,02	47,83	75,63

$$^{(1)}Y=39,641111+0,792667x$$

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Em relação ao acúmulo de nutrientes em folhas de algodoeiro (Tabela 19), em função da aplicação de subdoses de 2,4-D, verificou-se que os dados não apresentaram diferenças estatísticas significativas pelo teste F a 5%, o que indica que as diferentes dosagens de herbicida não afetou de forma positiva ou negativa no acúmulo de nutrientes, corroborando com o primeiro ano agrícola estudado.

Tabela 19 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,00	41,93	4,51	6,95	28,84	7,13	2,82
0,68	41,82	4,30	6,48	29,12	7,12	2,89
1,36	41,71	4,09	6,27	29,40	7,10	2,95
2,04	41,59	3,87	6,33	29,68	7,08	3,01
2,72	41,48	3,66	6,64	29,95	7,07	3,07
3,40	41,37	3,45	7,22	30,23	7,05	3,13
p>F (linear)	0,902	0,255	0,785	0,553	0,923	0,634
p>F (quadrática)	0,274	0,609	0,35	0,675	0,871	0,532
r ² (linear %)	0,36	51,12	3,27	20,86	1,23	4,36
r ² (quadrática %)	30,21	60,88	43,21	31,15	4,77	11,93

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

4.2.3 Características produtivas

Analisando os resultados obtidos de número de capulhos por planta em função da aplicação de subdoses de 2,4-D no ano agrícola 2010/11 (Tabela 20), verificou-se que as subdoses de 2,4-D não influenciaram significativamente nessa variável, para os três anos agrícolas estudados. De posse de tais resultados, verifica-se que a aplicação de subdoses de 2,4-D em algodoeiro tem seu resultado influenciado pelas condições climáticas durante o ciclo da cultura. Estes resultados mostram que os efeitos horméticos são altamente variáveis, dependendo de vários fatores que podem influenciar na resposta esperada. Estas variações podem colocar restrições consideráveis sobre a reprodutibilidade da hormese em utilização comercial em condições de campo.

Tabela 20 - Médias das características produtivas do algodoeiro, número de capulhos por planta c.v. FMT 701 ao final do ciclo da cultura em função da aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	CAPULHOS POR PLANTA		
	2010/11	2011/12	2013/14
0,00	14,38	12,44	9,70
0,68	9,88	10,57	9,96
1,36	17,25	13,22	9,51
2,04	14,63	10,33	10,31
2,72	18,25	9,67	10,08
3,40	19,50	9,11	10,93
p>F (linear)	0,065	0,062	0,073
p>F (quadrática)	0,612	0,577	0,359
r² (linear %)	54,99	54,58	60,54
r² (quadrática %)	58,73	58,67	74,42

Nota: *Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

De acordo com os dados da Tabela 21, em relação à massa de 20 capulhos, verificou-se que esta variável não foi influenciada pela aplicação das subdoses de 2,4-D, não se obtendo diferenças significativas. Para todos os anos estudados, houve um comportamento semelhante.

Tabela 21 - Médias das características produtivas do algodoeiro, massa de 20 capulhos c.v. FMT 701 em função da aplicação das subdoses de 2,4-D ao final do ciclo da cultura. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	MASSA DE 20 CAPULHOS (g)		
	2010/11	2011/12	2013/14
0,00	118,00	104,15	110,47
0,68	112,00	112,89	110,95
1,36	113,00	119,18	111,42
2,04	106,00	98,40	111,90
2,72	114,00	107,92	112,38
3,40	112,00	106,66	112,85
p>F (linear)	0,276	0,835	0,659
p>F (quadrática)	0,131	0,607	0,288
r² (linear %)	18,18	0,37	11,9
r² (quadrática %)	54,51	2,65	84,23

Nota: *Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Com relação à produtividade de algodão em caroço (Tabela 22), não se observaram diferenças estatísticas significativas, para nenhum dos anos agrícolas estudados.

Tabela 22. Médias das características produtivas do algodoeiro, produtividade de algodão em caroço c.v. FMT 701 em função da aplicação das subdoses de 2,4-D ao final do ciclo da cultura. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	PRODUTIVIDADE (@ ha⁻¹)		
	2010/11	2011/12	2013/14
0,00	211,10	220,99	90,42
0,68	203,50	224,44	98,46
1,36	186,30	220,49	106,50
2,04	143,10	216,29	114,54
2,72	214,10	204,45	122,58
3,40	195,10	171,85	130,61
p>F (linear)	0,533	0,09	0,125
p>F (quadrática)	0,078	0,269	0,364
r² (linear %)	3,47	69,81	63,82
r² (quadrática %)	33,94	97	84,4

Nota: *Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

4.3 ENSAIO 3

4.3.1 Características agronômicas

Os resultados obtidos antes da aplicação das subdoses do herbicida paraquat nos três anos agrícolas de estudo (2010/11, 2011/12 e 2013/14) foram submetidos à análise de variância (teste F) ao nível de 5% de probabilidade e não houve diferenças significativas entre as parcelas, constatando a homogeneidade das plantas, a fim de evitar com que estas interferissem na interpretação dos resultados.

Pela análise dos dados apresentados na Tabela 23 referente à altura de plantas e diâmetro de caule, quinze dias após a aplicação das subdoses do herbicida paraquat para os três anos agrícolas (2010/11, 2011/12 e 2013/14), observou-se que a aplicação interferiu de forma significativa no crescimento em altura das plantas, apresentando aumento linear de aproximadamente 6 % quando se compara a subdose de 24,0 g i.a. ha⁻¹ com o tratamento controle, para o segundo ano (2011/12) e chegando a 11,78 % de aumento para o terceiro ano (2013/14), diferindo assim dos resultados obtidos no ano agrícola de 2010/11, onde se constatou um decréscimo em altura de plantas de aproximadamente 9% quando se compara a subdose de 24,0 g i.a. ha⁻¹ com o tratamento controle.

O paraquat é classificado como um herbicida de contato e, como o meristema apical fica mais exposto ao contato com o herbicida, há indícios, portanto, de que a região de crescimento apical do algodoeiro foi afetada pela aplicação das subdoses. Ferreira et al. (2005), relatam que devido ao alto potencial redutor do paraquat, este herbicida possui a capacidade de captar elétrons provenientes do fotossistema I, não havendo produção de NADPH⁺. O sítio de ação desse composto (captura dos elétrons) está próximo da ferredoxina no fotossistema I. Os radicais livres do paraquat não são os agentes responsáveis pelos sintomas de toxidez observados. Esses radicais são instáveis e rapidamente sofrem oxidação e redução na presença de oxigênio celular. Durante esse processo são produzidos radicais de superóxidos, onde estes, sofrem o processo de dismutação, para formarem o peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Este composto, na presença de Mg rapidamente produz radicais hidroxila (OH[•]), que promovem a degradação das membranas (peroxidação de lipídios), ocasionando o vazamento do conteúdo celular e a morte do tecido.

Com relação ao diâmetro do caule (Tabela 23), verificou-se que esta variável também foi significativamente influenciada pela aplicação das subdoses de paraquat. Observou-se uma redução no diâmetro do caule, que de acordo com o ajuste quadrático das médias, foi até a dose 13,4 g i.a. ha⁻¹. Após esta dose, observou-se uma tendência de aumento no diâmetro do caule com o aumento das subdoses analisadas, para o ano agrícola 2010/11. Para o segundo e terceiro anos agrícolas, os dados se encaixaram em um modelo linear, ou seja, com o aumento das subdoses, houve um aumento no diâmetro de caule das plantas.

Tabela 23 - Médias das características agrônômicas do algodoeiro, altura de plantas e diâmetro de caule c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g i.a. ha ⁻¹)	ALTURA (cm)			DIÂMETRO (mm)		
	2010/11	2011/12	2013/14	2010/11	2011/12	2013/14
0,0	156,8	124,75	96,03	20,18	14,25	10,70
4,8	150,8	119,82	98,29	17,88	14,17	11,18
9,6	152,75	126,17	100,56	17,81	13,59	11,67
14,4	152,15	131,25	102,82	19,19	13,25	12,15
19,6	150,18	132,75	105,28	18,31	13,25	12,68
24	142,35	133,42	107,35	18,94	13,83	13,12
p>F (linear)	0,007* ¹	0,007* ²	0,000* ³	0,42	0,000* ⁵	0,000* ⁶
p>F (quadrática)	0,396	0,739	0,52	0,044* ⁴	0,316	0,171
r ² (linear %)	69,6	74,89	83,55	5,34	40,43	77,21
r ² (quadrática %)	74,99	75,77	85,25	42,75	77,28	80,76

$$^{(1)}Y = -0,4393X + 156,1834 \quad ^{(2)}Y = 0,5120X + 121,7980 \quad ^{(3)}Y = 0,4410X + 117,7852 \quad ^{(4)}Y = 0,0087X^2 - 0,2345X + 19,6852$$

$$^{(5)}Y = -0,0307X + 14,0967 \quad ^{(6)}Y = 0,1154X + 12,5797$$

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Na Tabela 24 foram apresentados os valores médios das variáveis de crescimento comprimento do quinto ramo e número de nós, avaliadas nos três anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14. Analisando os resultados obtidos, com relação ao comprimento do quinto ramo, avaliado em função da aplicação das subdoses de paraquat, verificou-se um decréscimo no crescimento do quinto ramo, que de acordo com o ajuste quadrático das médias, foi até a dose 12,6 g i.a. ha⁻¹, com uma tendência a estímulo de crescimento a partir desta dose, para o ano de

2010/11. Para o terceiro ano agrícola estudado (2013/14), a aplicação também influenciou de forma significativa esta variável, com um incremento de 13,68%, quando comparado a testemunha. Com relação ao número de nós, verificou-se que a aplicação das subdoses de paraquat influenciou significativamente o número de nós quinze dias após a aplicação, para os anos agrícolas 2010/11 e 2013/14. Apesar de ser uma característica mais estável, o número de nós apresentou comportamento semelhante ao diâmetro do caule e comprimento do quinto ramo, com ajuste quadrático das médias, para o primeiro ano havendo diminuição no número de nós até a subdose 13,8 g i.a. ha⁻¹.

Tabela 24 - Valores médios das características agronômicas do algodoeiro, comprimento do quinto ramo e número de nós c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g i.a. ha ⁻¹)	COMPRIMENTO DO QUINTO RAMO (cm)			NÚMERO DE NÓS		
	2010/11	2011/12	2013/14	2010/1 1	2011/12	2013/14
0,0	84,18	20,08	22,07	20,08	15,34	10,37
4,8	54,18	18,75	22,68	19,65	14,08	10,65
9,6	49,23	17,75	23,28	18,78	15,75	10,93
14,4	70,45	21,00	23,88	19,20	14,17	11,21
19,6	63,20	20,34	24,54	19,40	16,58	11,51
24,0	71,23	19,33	25,09	19,53	15,92	11,77
p>F (linear)	0,677	0,825	0,001* ²	0,195	0,466	0,009* ⁴
p>F (quadrática)	0,005* ¹	0,85	0,504	0,012* ³	0,625	0,025* ⁵
r ² (linear %)	0,82	3,11	90,64	14,54	24,99	48,04
r ² (quadrática %)	49,89	5,39	93,36	78,29	36,09	81,61

⁽²⁾Y= 0,1257X + 22,0770 ⁽³⁾Y= 0,0055X² -0,1519X +20,0959 ⁽⁴⁾Y= 0,0583X + 10,3762

⁽⁵⁾Y= -0,0070X² + 0,2277X + 9,8350

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Analisando os valores de índice SPAD (Tabela 25), verificou-se que esta variável não foi influenciada pela aplicação das subdoses de paraquat, no primeiro ano agrícola estudado. Poderiam ser esperadas diferenças significativas nesta variável, já que o paraquat promove a catalisação da reação de síntese de H₂O₂ (peróxido de hidrogênio) e quantidades extremamente pequenas de H₂O₂ dentro do cloroplasto das plantas, que são suficientes para destruí-lo e causar danos

(PURÍSSIMO, 1999). Como o índice SPAD foi obtido de uma média de diferentes pontos da planta (ápice, terço médio e base), há indícios, portanto, de que de apenas a região de crescimento apical do algodoeiro foi afetada pela aplicação das subdoses, como comprovado pela altura de plantas, havendo uma compensação dos valores de índice SPAD dos demais pontos da planta (terço médio e base) pela não ocorrência de diferenças significativas nesta variável. Para o segundo e terceiro ano agrícola estudado, houve diferenças estatísticas significativas, onde, no segundo ano, notou-se que houve uma diminuição linear dos valores de índice SPAD com o aumento das subdoses do paraquat em estudo. Já no terceiro ano de estudo, os dados se encaixaram em um modelo quadrático, tendo seu valor máximo em 48,19, para a subdose de 9,48 g i.a ha⁻¹.

Tabela 25 - Médias das características agronômicas do algodoeiro, índice SPAD c.v. FMT 701 aos 60 dias após a emergência, 15 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g i.a. ha ⁻¹)	ÍNDICE SPAD		
	2010/11	2011/12	2013/14
0,0	50,20	50,98	47,95
4,8	46,35	48,72	47,50
9,6	46,60	50,47	47,05
14,4	48,90	50,27	46,60
19,6	48,78	45,03	46,11
24,0	47,03	46,37	45,70
p>F (linear)	0,44	0,032* ¹	0,077
p>F (quadrática)	0,276	0,482	0,021* ²
r ² (linear %)	5,09	59,81	23,63
r ² (quadrática %)	15,45	65,37	67,01

⁽¹⁾Y=0,0113X +50,4601 ⁽²⁾Y= -0,0182X² + 0,3467X + 46,5458

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

4.3.2 Teores foliares de macronutrientes

Analisando os valores obtidos (Tabela 26), referentes à avaliação dos teores de macronutrientes no ano agrícola 2010/11, observou-se que as subdoses de paraquat não promoveram alterações significativas nos teores foliares de nitrogênio, e potássio das plantas.

Com relação aos teores de fósforo e enxofre, foram verificados efeitos significativos pela utilização das subdoses em estudo. Observou-se incremento nos teores de fósforo, obtendo-se um pico de máxima na subdose de 12,6 g i.a. ha⁻¹ com aumento de 0,48 g kg⁻¹ em relação ao controle.

Para os teores de cálcio, também foram obtidas diferenças significativas, verificando-se uma diminuição linear dos teores deste nutriente com o aumento das subdoses de paraquat. Verificou-se que os teores de cálcio chegaram a 20,52 g kg⁻¹ na subdose de 24,0 g i.a. ha⁻¹, uma diminuição de 21% quando se compara com o tratamento controle, ou em termos absolutos, uma redução de 5,48 g kg⁻¹. Comportamento semelhante foi observado para os teores foliares de magnésio, verificando-se uma diminuição linear dos teores foliares deste nutriente com o aumento das subdoses, o qual obteve o valor de 5,97 g kg⁻¹ na subdose de 24,0 g i.a. ha⁻¹, representando uma diminuição de 9% quando comparado ao tratamento controle, ou em termos absolutos, 0,57 g kg⁻¹.

Com relação aos teores foliares de enxofre, observaram-se diferenças significativas para esta variável, a qual obteve um comportamento quadrático das médias. Verificaram-se valores de 6,37 g kg⁻¹ na subdose de 14,4 g i.a. ha⁻¹, uma diferença de 13% em relação ao tratamento controle.

Apesar das variações nos teores foliares de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre provocados pela aplicação de subdoses de paraquat, verificou-se que os teores destes macronutrientes encontram-se nas faixas adequadas de acordo com Silva e Raij (1997).

Tabela 26 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701, aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.

SUBDOSES (g i.a. ha ⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,0	40,74	3,35	13,10	26,00	6,54	5,54
4,8	40,27	3,36	12,08	25,92	6,88	5,44
9,6	40,99	3,52	13,35	21,81	6,60	5,50
14,4	41,25	3,67	13,98	20,82	6,24	6,37
19,6	39,55	3,33	13,77	20,00	5,92	5,73
24,0	41,42	3,39	13,39	20,52	5,97	4,86
p>F (linear)	0,910	0,786	0,112	0,010* ²	0,039* ³	0,247
p>F (quadrática)	0,916	0,043* ¹	0,604	0,384	0,540	0,002* ⁴
r ² (linear %)	0,67	0,73	32,31	81,76	73,21	7,44
r ² (quadrática %)	1,25	47,60	35,49	89,26	78,84	83,37
⁽¹⁾ Y= -0,0014X ² +0,0357X +3,3071 ⁽²⁾ Y=-0,2729X +25,8354 ⁽³⁾ Y=-0,0358X +6,7927 ⁽⁴⁾ Y=-0,0088X ² +0,2346X +4,4693						

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Analizando os dados da Tabela 27, referentes à análise de macronutrientes foliares aos 80 d.a.e. no segundo ano de pesquisa, verificou-se que a aplicação das subdoses não interferiu de forma significativa nos teores de nitrogênio e potássio. Tais resultados estão de acordo com os obtidos no ano agrícola anterior, em que não se observou diferenças significativas nos teores foliares destes nutrientes. Com relação aos teores de fósforo e cálcio também não foram observadas diferenças significativas para os teores destes nutrientes neste ano agrícola. Confrontando-se estes resultados com os obtidos no ano agrícola anterior, verificou-se que os dados não corroboraram, onde no ano agrícola anterior observou-se um aumento dos teores de fósforo com ajuste quadrático das médias e para o cálcio uma diminuição linear dos teores com o aumento das subdoses.

Tabela 27 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2011/12

SUBDOSES (g i.a. ha ⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,0	42,47	3,40	16,38	26,31	5,31	7,22
4,8	40,51	3,58	15,25	29,94	5,13	7,35
9,6	42,77	3,60	13,63	27,38	5,13	6,59
14,4	44,29	3,58	13,13	25,69	4,88	6,91
19,6	42,75	3,48	13,75	26,06	4,81	7,18
24,0	42,35	3,73	15,13	25,94	4,75	8,09
p>F (linear)	0,489	0,078	0,269	0,155	0,001* ¹	0,069
p>F (quadrática)	0,524	0,767	0,067	0,499	0,702	0,004* ²
r ² (linear %)	10,30	39,72	23,73	24,34	93,56	18,74
r ² (quadrática %)	19,01	40,74	94,08	29,55	94,18	76,53

⁽¹⁾Y=-0,02354X +5,2864 ⁽²⁾Y=0,0060X²-0,1222X +7,4097

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

De acordo com os valores obtidos referentes à análise de macronutrientes foliares aos 80 d.a.e. no terceiro ano de pesquisa (Tabela 28), verificou-se que a aplicação das subdoses não interferiu de forma significativa nos teores de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre. Com relação aos teores de potássio, nota-se que os dados se encaixaram em um modelo quadrático, onde a testemunha ficou com o maior valor desse nutriente, ou seja, com o aumento das subdoses, houve um decréscimo no valor do potássio, onde este chegou ao menor valor de 6,30 g kg⁻¹ na subdose 12,74 g i.a. Apesar dessa diferença, os teores destes macronutrientes encontram-se nas faixas adequadas de acordo com Silva e Raij (1997).

Tabela 28 - Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701 aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14

SUBDOSES (g i.a. ha ⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,0	42,76	4,15	6,89	29,27	7,05	2,32
4,8	42,67	4,16	6,84	28,63	6,89	2,62
9,6	42,58	4,17	6,80	27,99	6,73	2,91
14,4	42,49	4,17	6,75	27,36	6,57	3,21
19,6	42,39	4,18	6,70	26,66	6,40	3,53
24,0	42,30	4,18	6,66	26,08	6,26	3,80
p>F (linear)	0,893	0,925	0,659	0,057	0,208	0,102
p>F (quadrática)	0,653	0,684	0,040* ¹	0,395	0,188	0,285
r ² (linear %)	0,85	0,47	3,81	68,72	32,84	60,72
r ² (quadrática %)	10,36	9,26	98,7	81,06	68,88	85,30

$$^{(1)}Y=0,0069X^2-0,1759X+7,4264$$

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

4.3.3 Características produtivas

Analizando os dados da Tabela 29 com relação ao número de capulhos por planta avaliados ao final do ciclo da cultura nos três anos de estudo, não foram observadas diferenças estatísticas significativas pela aplicação das subdoses de paraquat, independente da subdose aplicada.

Para a massa de 20 capulhos, não se observou diferenças significativas, evidenciando que as subdoses também não influenciaram esta variável. A massa de capulhos por planta é uma variável a qual está condicionada a característica genética de cada cultivar utilizada e dificilmente o manejo da cultura causa interferências nesta variável.

Tabela 29 - Médias das características produtivas do algodoeiro, capulhos por planta e massa de 20 capulhos cv. FMT 701 aos 150 d.a.e. em função da aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/11, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g i.a. ha ⁻¹)	CAPULHOS POR PLANTA			MASSA DE 20 CAPULHOS (g)		
	2010/11	2011/12	2013/14	2010/11	2011/12	2013/14
0,0	12,88	10	9,77	105	107,57	114,15
4,8	13,13	12,89	10,8	105	114,63	113,33
9,6	12,88	9,17	11,18	113,5	104,25	112,5
14,4	14,75	9,92	11,42	100	104,16	111,68
19,6	13,25	12,17	10,9	98,5	107,17	110,78
24	13,13	11,68	11,15	103,5	106,68	110,03
p>F (linear)	0,767	0,55	0,097	0,576	0,219	0,466
p>F (quadrática)	0,541	0,574	0,103	0,811	0,489	0,742
r² (linear %)	5,52	6,99	41,99	16,38	13,42	19,68
r² (quadrática %)	29,22	13,18	82,4	19,35	17,54	23,62

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

Com relação à produtividade de algodão em caroço (Tabela 30), não se observaram diferenças estatísticas significativas, para o primeiro e segundo ano agrícola. Para o terceiro ano agrícola estudado, os dados se encaixaram em um modelo linear, chegando a uma produtividade de 135,31 @ ha⁻¹, para a subdose de 24 g i.a., um incremento de 29,60% comparado a testemunha. Confrontando-se os dados, temos que para o primeiro ano, houve uma diminuição da produtividade com o aumento das subdoses, salvo na subdose de 2,72 g i.a ha⁻¹, onde a produtividade aumentou e logo em seguida voltou a diminuir. No segundo ano agrícola temos uma diminuição da produtividade nas menores doses, aumentando na dose de 14,4 g i.a., com 213,33 @ ha⁻¹, reduzindo novamente logo depois.

Tabela 30 - Médias das características produtivas do algodoeiro, produtividade de algodão em caroço c.v. FMT 701 ao final da cultura em função da aplicação das subdoses de paraquat. Selvíria-MS, anos agrícolas 2010/2011, 2011/12 e 2013/14

SUBDOSES (g i.a. ha ⁻¹)	PRODUTIVIDADE (@ ha⁻¹)		
	2010/11	2011/12	2013/14
0	179,18	174,44	104,40
4,8	170,66	186,91	104,06
9,6	206,74	151,85	106,98
14,4	213,33	155,00	113,16
19,6	194,37	186,11	123,54
24	192,07	135,74	135,31
p>F (linear)	0,303	0,128	0,007* ¹
p>F (quadrática)	0,198	0,832	0,251
r² (linear %)	21,26	22,35	65,51
r² (quadrática %)	55,06	22,75	74,93

⁽¹⁾Y= 1,294568X + 98,956384

Nota: * Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.

Fonte: Elaboração autor.

5 CONCLUSÕES

5.1 ENSAIO 1

No primeiro ano agrícola (2010/11) a altura de plantas aumentou até a subdose de 104,98 g e.a. ha⁻¹, não sendo observado tal efeito no segundo e terceiro ano de pesquisa (2011/12)

Houve diminuição no índice SPAD aos 60 dias após a emergência nos três anos de estudo, em função da aplicação de subdoses de glyphosate.

Os teores foliares de potássio aumentaram até a subdose 130 g e.a. ha⁻¹ no primeiro ano, não sendo observado no segundo ano agrícola. No terceiro ano agrícola, houve um aumento no teor de cálcio, para as maiores subdoses.

A produtividade de algodão em caroço aumentou até a subdose de 52 g e.a. ha⁻¹ no ano de 2010/11, não sendo observado tal efeito no ano 2011/12 e 2013/14.

5.2 ENSAIO 2

Houve aumento na altura de plantas, diâmetro do caule, comprimento do quinto ramo nos dois anos de pesquisa e, no terceiro ano houve diminuição da altura de plantas e aumento do diâmetro de caule.

Os teores foliares de cálcio aumentaram até a subdose 3,40 g e.a. ha⁻¹

O número de capulhos por planta aumentou até a subdose 3,40 g e.a. ha⁻¹ no primeiro ano de estudo, não sendo observado no segundo ano e terceiro ano.

5.3 ENSAIO 3

Houve diminuição na altura de plantas até a subdose 24 g i.a. ha⁻¹ aos 60 d.a.e. no primeiro ano de pesquisa, não sendo observado no segundo ano. Para o terceiro ano de estudo houve aumento de até 11,78 % em relação ao controle.

Houve diminuição no diâmetro do caule, comprimento do quinto ramo e número de nós até a subdose 9,6 g i.a. ha⁻¹ aos 60 dias após a emergência no primeiro ano de pesquisa e aumento dessas variáveis no terceiro ano, onde houve aumento dessas mesmas variáveis para o terceiro ano de pesquisa.

Houve diminuição nos teores foliares de cálcio e magnésio até a subdose 24 g i.a. ha⁻¹. Os teores de fósforo e enxofre aumentaram até a subdose 14,4 g i.a. ha⁻¹.

Houve aumento da produtividade do algodão em caroço no terceiro ano, chegando a 135,31 @ ha⁻¹, para a subdose de 24 g i.a.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, H. P.; BRIAN, R. C.; DOWNES, J. E.; MEES, G. C.; SPRINGENTT, R. H. Selective herbicides. In: PEACOCK, F. C. (Ed). **Fifty years of agricultural research (1928-1978)**. Birmingham: The Kynoch, 1978. p. 35-41.
- ALLENDER, W. J. Effect of trifluoperazine and verapamil on herbicide stimulated growth of cotton. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, p. 69-80, 1997.
- ALLENDER, W.J.; CRESSWELL, G.C.; KALDOR, J.; KENNEDY, I.R. Effect of lithium and lanthanum on herbicide induced hormesis in hydroponically-grown cotton and corn. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, p. 81-95, 1997.
- ALMEIDA, I.M.L.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. Application of plant growth regulators at pre-harvest for fruit development of 'PÊRA' oranges. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, New York, v. 47, p. 511-520, 2004.
- ALMEIDA, I.M.L.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. Harvest season extent of tangerin Ponkan fruits with the application of GA3 and 2,4-D. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 834-839, 2008.
- AMARANTE JUNIOR, O. P.; SANTOS, T. C. R.; NUNES, G. S.; RIBEIRO, M. L. Breve revisão de métodos de determinação de resíduos do herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 223-229, 2003.
- AMHREIN, N.; DEUS, B.; GEHRKE, P.; STEINRUCKEN, H.C. The site of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 66, p. 830-834, 1980.
- BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G.; GUERRA, J. S.; TAKIZAWA, E. Manejo cultural do algodoeiro herbáceo na região do cerrado. In: MATO Grosso: liderança e competitividade. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 1999, p. 82. (Fundação MT . Boletim, 3).
- BELZ, R.G. Stimulation versus inhibition – bioactivity of parthenin, a phytochemical from *Parthenium hysterophorus*. **Dose Response**, Thousand Oaks, v. 6, p.80-94, 2008.
- BELZ, R.G.; CEDERGREEN, N. Parthenin hormesis in plants depends on growth conditions. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 69, 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, p. 321-332, 2011.
- CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. Hormesis as a biological hypothesis. **Environmental. Health Perspect**, Research Triangle Park, v. 106, Supplement 1, p. 357-362, 1998.

CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. Chemical hormesis: its historical foundation as a biological hypothesis. **Human Experimental Toxicology**, Hampshire, v. 19, p. 2-31, 2000.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Defining hormesis. **Human Experimental Toxicology**, Hampshire, v. 21, p. 91-97, 2002.

CALABRESE, E. J. Paradigm lost, paradigm found: The reemergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. **Environment Pollution**, Geneva, v. 138, p. 378-411, 2005.

CALABRESE, E.J. Hormesis: why it is important to toxicologists and toxicology. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Hoboken, v. 27, p.1451–1471, 2008.

CALABRESE, E.J.; BLAIN, R. The occurrence of hormetic dose responses in the toxicological literature, the hormesis database: an overview. **Toxicology and Applied Pharmacology**, Maryland Heights, v. 202, 289–301, 2005.

CALABRESE, E.J. Hormesis is central to toxicology, pharmacology and risk assessment. **Human and Experimental Toxicology**, Hampshire, v. 29, p. 249–261, 2010.

CAMPBELL, W.F., EVANS, J.O., REED, S.C. Effects of glyphosate on chloroplast ultrastructure of quackgrass mesophyll cells. **Weed Science**, Chichester, v. 24, p.22-25. 1976.

CANECHIO FILHO, V.; PASSOS, S. M. G.; JOSÉ, A. Algodão. In: CANECHIO FILHO, V.; PASSOS, S. M. de G.; JOSÉ, A. **Principais culturas**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1972. p. 01-97.

CARBONARI, C.; MESCHEDE, D. K.; VELINE, E. D. Efeito 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, L. H.; FURLANI JUNIOR, E. Sistema de produção do algodão mecanizado. In: SEMINÁRIO ESTADUAL COM A CULTURA DO ALGODOEIRO EM MATO GROSSO, 3., 1996, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Empaer – MT, 1996, p. 105 – 113. (EMPAERMT. Documentos 21).

CHAGAS, R. M. **Alterações fotossintéticas e respostas oxidativas em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratadas com paraquat**. 2007. 82 F. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

CEDERGREEN, N.; RITZ, J.C.; STREIBIG, B. Improved empirical models describing hormesis. **Environment Toxicology Chemical**, Hoboken, v. 24, p. 3166-3172, 2005.

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose-response**, Thousand Oaks, v. 5, p. 150-162, 2007.

CEDERGREEN, N.; FELBY, C.; PORTER, J.R.; STREIBIG, J.C. Chemical stress can increase crop yield. **Crops Research**, Hisar, v. 114, p.54–57, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, sexto levantamento, Brasília, DF, 2012.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S; FAGLIARI, J. R.; PAGLIARI, P. H.; ARANTES, J. G. Z.; CAVALIERI, S. D.; FRAMESQUI, V. P.; GONÇALVES, D. A. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade do algodão e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 24-29, 2007.

CORDÃO SOBRINHO, F. P.; ARAÚJO, J. M. de; SILVA, M. B. da. Avaliação do sistema de cultivo do algodoeiro herbáceo integrado a indústria de beneficiamento ano 2002. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., Goiânia, 2003. **Resumos...** Goiânia: Embrapa, 2003. 1 CD.

CÖSER, A.C.; MARASCHIN, G.E. Produção e qualidade de forragem de milheto comum e sorgo cv. Sordam NK sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF., v. 16, n. 3, p. 397-403, 1981.

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

DRAGICEVIC, V. D.; SREDOJEVIC, S. D.; SPASIC, M. B. The growth of maize seedlings as function of free energy and redox potential. **Journal of Agricultural Sciences**, Cambridge, v. 55, n. 3, p. 217-225, 2010.

DUKE, S. O.; CEDERGREEN, N.; VELINI, E. D.; BELZ, R. **Hormesis**: is it an important factor in herbicide use and allelopathy?. New York: Outlooks on Pest Management, 2006. p. 29-33.

EI-SHAHAWY, T.A.; FAIDA, A.A.S. Hormesis influence of glyphosate in between increasing growth, yield and controlling weeds in faba bean. **Journal of American Science**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 139-144, 2011.

EKMEKCI, Y; TERZIOGLU, S. Effects of oxidative stress induced by paraquat on wild and cultivated wheats. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Oxford, v.83, p. 69-81, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ESTABROOKS, T.; BROWNE, R.; DONG, Z. 2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid promotes somatic embryogenesis in the rose cultivar 'Livin' Easy' (*Rosa* sp.). **Plant Cell Reports**, v. 26, p.153–160, 2007.

FERRARI, S. **Plantas de cobertura e doses de nitrogênio em pré-semeadura em algodoeiro**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Especialidade em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258. Disponível em: <www.dex.ufla.br/~danielff/softwares.htm>. Acesso em: 14 maio 2010.

FUNDAÇÃO MT. Cultivares convencionais: FMT 701. [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em: <<http://www.fundacaomt.com.br/algodao/cult.php?t=1&tipo=fmt701>>. Acesso em: 14 maio 2010.

FURLANI JUNIOR, E.; NEVES, D. C.; VALÉRIO FILHO, Walter Veriano; MARINHO, J. F.; SILVA, P. R. T.; RINCÃO, T. Efeito de subdoses de glifosato na produtividade do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1295-1300.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Glifosato**: alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura. São Paulo: Acadcom, 2005.

GAN, S.; AMASINO, R.M. Make sense of senescence: molecular genetic regulation and manipulation of leaf senescence. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 113, p. 313-319, 1997.

GUEVARA, G. **Efecto del 2,4-D sobre el algodón**. Saenz Peña: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária. 1998. 12 p. (Boletim Técnico, 12)

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

GOMES, P.F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. ver. e ampl. Piracicaba: Nobel. 2000. 460 p.

GUIDELI, C.; FAVORETO, V.; MALHEIROS, E.B. Produção e qualidade do milheto semeado em duas épocas e adubado com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 2093-2098, 2000.

HARIHARAN, M.; UNNIKRISHNAN, K. 2,4-D treatment of seed of *Trigonella foenum-graecum* can enhance fruit and seed development in plants raised from them. **Seed Science Technology**, Bassersdorf, v. 11, p. 307-315, 1983.

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

HOFFMANN, G. R. A perspective on the scientific, philosophical, and policy dimensions of hormesis. **Dose-Response**, Thousand Oaks, v. 7, p. 1-51, 2009.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. Análises e Indicadores do Agronegócio: Defensivos Agrícolas: desempenho recorde em 2010 e expectativas de aumento nas vendas em 2011. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 6, n. 8, 2011.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE – ICAC. Small increase in global cotton consumption expected in 2011/12. Washington: ICAC, 2011.

KITCHEN, L.M., WITT, W.W., RIECK, C.E. Inhibition of chlorophyll accumulation by glyphosate. **Weed Science**, Chichester, v. 29, n. 4, p. 513- 516. 1981.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPs: Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

LERAYER, A. **Guia do algodão**: tecnologia no campo para uma indústria de qualidade. [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/guia_algodao_ago09.pdf>. Acesso em: 14 maio 2010.

MADHUMITA, J.; SUJATHA, K.; SULEKHA, H. Effect of TDZ and 2,4-D on peanut somatic embryogenesis and in vitro bud development. **Plant Cell Tissue Organ Culture**, Dordrecht, n. 94, p.85–90, 2008.

MAGALHÃES, P. C.; SILVA, J. B.; DURÃES, F. O. M.; KARAM, D.; RIBEIRO, L. S. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2001.

MAHALAKSHMI, A.; KHURANA, J. P.; KHURANA, P. Rapid induction of somatic embryogenesis by 2,4-D in leaf base cultures of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Biotechnology**, Sheffield, v. 20, p.267–273, 2003.

MARQUES, F. Investimentos no setor fez com que o país se tornasse segundo maior exportador mundial de algodão. [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em: <http://www.algodao.agr.br/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=1624&Itemid=96>. Acesso em: 14 maio 2010.

MARUR, C.A.; RUANO, O. A. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e fibrosas**, Brasília, DF, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.

MATTSON, M. P.; CALABRESE, E. J. Hormesis: A Revolution in Biology, Toxicology and Medicine. **Humana Press**, Lisboa, v. 1, p. 208, 2009.

MAXWELL, P. A., HIJUN YI, J. Z.; MURCH, S. J.; SAXENA, P. K. Thidiazuron-induced regeneration of *Echinacea purpurea* L.: micropropagation in solid and liquid culture systems. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 26, p.13–19, 2007.

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

MINOLTA CAMERA Co. Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Minolta, Radiometric Instruments divisions, 1989. 22p.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Science**, New York, v. 7, p. 405-410, 2002.

MORAES, A. Resposta do milho cv. Comum a quatro níveis de adubação nitrogenada e quatro alturas de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 22., 1985, Camburiú. **Anais...** Camburiú: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1985. p. 503.

MORRE, D.J.; BRIGHTMAN, A.O.; WU, L.Y.; BARR, R.; LEAK, B.; CRANE F.L. Role of plasma membrane redox activities in elongation growth in plants. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 73, p.187-193, 1988.

MORRÉ, D. J. Chemical hormesis in cell growth: A molecular target at the cell surface. **Journal of Applied Toxicology**, Chichester, v. 20, p. 157-163, 2000.

NEILL, S. J.; DESIKAN, R.; CLARKE, A.; HURST, R. D. ; HANCOCK, J. T. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 53, p. 1237-1247, 2002.

NEVES, D.C. **Efeito da aplicação de subdoses de glyphosate em algodoeiro**. 2009. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

ORTOLANI, A. A.; SILVA, N. M. Clima das zonas algodoeiras do Brasil. In: **Cultura e Adubação do Algodoeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. p. 235-253.

PEREIRA, A. I. A.; COELHO, R. R.; RAMALHO, F. S., ZANUNCIO, J. C. Efeito hormético de doses subletais de Gamma Cyhalothrin na reprodução de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), predador do curuquerê-do- algodoeiro. **Scientia Agricola**, Chichester, v. 62, p. 1-6, 2005.

PIHAKASKI, S., PIHAKASKI, K. Effects of glyphosate on ultrastructure and photosynthesis of *Pellia epiphylla*. **Annals of Botany**, London, v. 46, p. 133-141, 1980.

PULVER, E.L.; RIES, S.K. Action of simazine in increasing plant protein content. **Weed Science**, Chichester, v. 21, n.3, p. 233–237, 1973.

PURÍSSIMO, C. Classificação de herbicidas quanto ao mecanismo de ação. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DA UFV, 2., 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p. 73-110, 1999.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31 p. (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**. Michigan: Michigan State University, East Lansing, 1967.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 4. ed. Londrina: IAPAR, 1998. 648 p.

RUFINI, J.C.M.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; ARAUJO NETO, S. E.; PIO, L.A.S.; FERREIRA, E. A. 2008. Harvest season extent of tangerin Ponkan fruits with the application of GA3 AND 2,4-D. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 834–839, 2008.

RUUHOLA, T.; JULKUNEN-TIITTO, R. Trade-off between synthesis of salicylates and growth of micropropagated *Salix pentandra*. Fargo-ND: **Journal Chemical of Ecology**, New York, v. 29, n. 7, p. 1565-1588, 2003.

SCHABENBERGER, O.; KELLS, J. J.; PENNER, D. Statistical test for hormesis and effective dosage in herbicide dose-response. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, p. 713-721, 1999.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A.A.; SILVA, J. F. (Ed). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 367 p.

SILVA, N.M.; RAIJ, B. van. Fibras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. Cap. 16, p.107-111. (Boletim Técnico, 100).

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Absorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in the soil. **Weed Science**, Chichester, v. 23. p. 229-234, 1975.

THILL, D. Growth regulator herbicides. In: THILL, D. **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p.267-291.

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHÉDE, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pesticide Management Science**, v. 64, p.489–496, 2008.

VELINI, E.D.; TRINDADE, M.L.B.; BARBERIS, L. R. M.; DUKE, S. O. Growth regulation and other secondary effects of herbicides. **Weed Science**, Chichester, v. 58, p. 351–354, 2010.

VIDAL, R. A. **Herbicidas**: mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: UFRGS, 1997. 165 p..

WALL, D.A. Effect of sublethal dosages of 2,4-D on annual broadleaf crops. **Canadian Journal of Plant Science**, Morden, v. 76, n.1, p.179-85, 1996.

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

WIEDMAN, S. J.; APPLEBY, A.P. Plant growth stimulation by sublethal concentrations of herbicides. **Weed Research**, Chichester, v. 12, p. 65-74, 1972.