



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**  
**CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**DAWYSON DE LIMA**

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DA CULTURA DE  
BATATA-DOCE DESENVOLVIDA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EM  
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS**

**Palmas-TO**

**2018**

DAWYSON DE LIMA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DA CULTURA DE BATATA-  
DOCE DESENVOLVIDA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EM FUNÇÃO DA  
APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
graduação em Agroenergia, da Universidade  
Federal do Tocantins como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre em Agroenergia.

Orientadora: Profa. Dra. Solange Aparecida  
Ságio.

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Andrea  
Lemus Erasmo

Palmas-TO  
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

L732r Lima, Dawyson de.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DA CULTURA DE  
BATATA-DOCE, DESENVOLVIDA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL, EM  
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS.. / Dawyson de Lima. – Palmas,  
TO, 2018.

107 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins  
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em  
Agroenergia, 2018.

Orientadora : Solange Aparecida Ságio.

Coorientador: Eduardo Andrea Lemus Erasmo

1. Ipomoea batatas. 2. Seletividade. 3. Tecnologia de plantas daninhas. 4.  
Herbicidas pré e pós emergentes. I. Título

**CDD 333.7**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer  
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.  
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184  
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

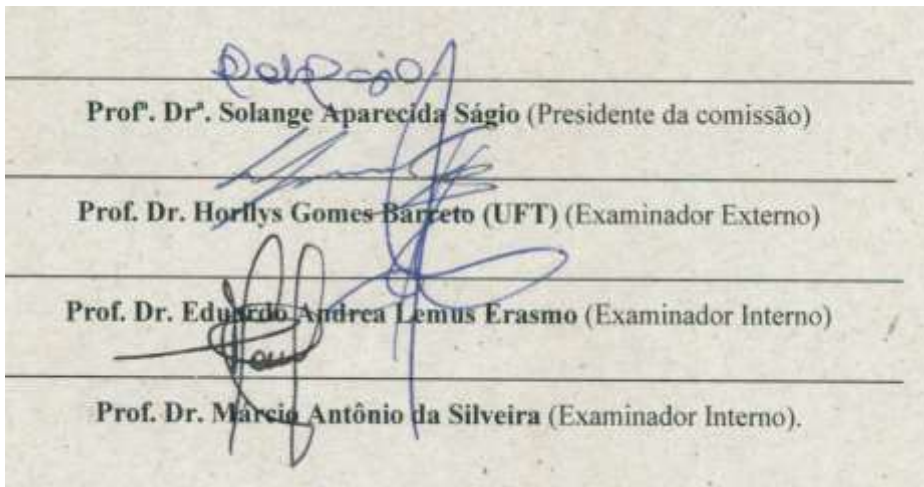
DAWYSON DE LIMA

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DA CULTURA DE BATATA-  
DOCE DESENVOLVIDA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EM FUNÇÃO DA  
APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, foi avaliado para a obtenção para título de Mestre em Agroenergia, e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca examinadora

Data de Aprovação 24/03/2018.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Solange Aparecida Ságio (Presidente da comissão)

Prof. Dr. Horlllys Gomes Barreto (UFT) (Examinador Externo)

Prof. Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo (Examinador Interno)

Prof. Dr. Marcio Antônio da Silveira (Examinador Interno).

Dedico este trabalho aos meus pais, Edilson Antonio de Lima e Maria Aparecida Fonseca Lima, as pessoas que acreditaram em minha capacidade e investiram em mim. Sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nesta caminhada e à minha irmã Kathellen de Lima pela força.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida e por todas as oportunidades concedidas.

Aos meus pais Edilson Antônio de Lima e Maria Aparecida Fonseca Lima, que sempre fizeram o possível e o impossível para me auxiliar, acreditaram em meu potencial investindo em minha educação e minha formação pessoal.

Agradeço à minha irmã Kathellen de Lima pela paciência e confiança.

À minha orientadora, Profa. Dra. Solange Aparecida Ságio, por toda a paciência e por ser uma professora que sempre esteve disponível e disposta a ajudar, diferenciando-se ao transmitir conhecimento e incentivo aos alunos. Obrigado por acreditar em meu potencial e pela orientação para que este trabalho fosse concluído.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo e ao Prof. Dr. Marcio Antônio da Silveira pelas revisões, correções e sugestões que contribuíram significativamente para este trabalho.

Ao Professor, Me. Rogério Cavalcante Gonçalves, pela colaboração na execução do projeto, esclarecimentos de dúvidas, sugestões e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Horllys Gomes Barreto pelo auxílio na dissertação.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em especial, ao Dr. Leonardo Jose Motta Campos por todo o apoio na execução do projeto, pelo esclarecimento de dúvidas e sugestões.

A todos os professores do PPGA pelo conhecimento transmitido, tanto profissional quanto pessoal.

Aos técnicos do LASPER, Giani e Marisa, pelo auxílio nos trabalhos de laboratórios.

A todos os meus colegas do mestrado pelos momentos de descontração, troca de conhecimentos, amizade e conselhos, especialmente, Willian, Lara e Raiana.

Ao pessoal do campo experimental, em especial, ao Caldeira, Dery e Irmão pelo apoio na execução do projeto.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste Mestrado.

Enfim, a todos os familiares e amigos pelo apoio incondicional que me deram.

**MUITO OBRIGADO!**

## LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

- 1G – Etanol de primeira geração
- 2G – Etanol de segunda geração
- $A$  – Taxa de assimilação fotossintética líquida ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
- $A/E$  – Taxa de eficiência do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ )
- ABA – Ácido abscísico
- ACCCase – Acetil-Coenzima A carboxilase
- ALS – Acetolactato sintase
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANP – Agência Nacional de Petróleo
- ATP – Trifosfato de adenosina
- BCB – Banco Central do Brasil
- CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- $C_i$  – Taxa de concentração interna de dióxido de carbono ( $\mu\text{mol.mol}^{-1}$ )
- $\text{CO}_2$  – Dióxido de carbono
- DAA – Dias após a aplicação
- DAFF – Department Agriculture, Forestry and Fisheries
- DAP – Dias após o plantio
- $E$  – Taxa de transpiração foliar ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EROs – Espécies Reativas de Oxigênio
- EUA – Eficiência do uso da água
- FAO – Food and Agriculture Organization
- FSI – Fotossistema I
- FSII – Fotossistema II
- GEE – Gases do efeito estufa
- $G_s$  – Condutância estomática ( $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ )
- $\text{Ha}^{-1}$  – Hectare
- HAA – Horas após a aplicação
- I.a. – Ingrediente ativo
- $\text{Ia/ha}^{-1}$  – Ingrediente ativo por hectare
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística



Kg.ha<sup>-1</sup> – Quilogramas por hectare

L.ha<sup>-1</sup> – Litros por hectare

M - Metros

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Mm – Milímetros

MME – Ministério de Minas e Energia

MS – Matéria seca

MSC – Matéria seca do caule

MSF – Matéria seca da folha

MSR – Matéria seca da raiz

MST – Matéria seca Total

NADPH – Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina

NT – Nota de fitotoxicidade

O<sub>2</sub> – Oxigênio

°C – Graus Celsius

P.c. – Produto comercial

pH – Potencial hidrogeniônico, mede o grau de acidez

PROTOX – Protoporfirinogênio IX oxidase

Q<sub>y</sub> – Rendimento quântico da fluorescência

Rubisco – Carboxilase/oxigenase da ribulose 1,5-bifosfato

SUDAM – Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

TCO<sub>2e</sub> - Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente

Ton.ha<sup>-1</sup> – Tonelada por hectare

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Relação dos herbicidas pré-emergentes utilizados no tratamento da batata-doce .....	28
<b>Tabela 2:</b> Intervalos das avaliações dos herbicidas pré-emergentes. ....	29
<b>Tabela 3:</b> Relação dos herbicidas pós-emergentes utilizados no tratamento da batata-doce .....	49
<b>Tabela 4:</b> Intervalos das avaliações dos herbicidas pós-emergentes. ....	50
<b>Tabela 5:</b> Resultado da análise do solo antes da implantação do experimento .....	85
<b>Tabela 6:</b> Análise de variância do rendimento quântico da fluorescência do fotossistema II em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.....	86
<b>Tabela 7:</b> Análise de variância da clorofila total em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente. ....	86
<b>Tabela 8:</b> Análise de variância de fitotoxidez em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente. ....	86
<b>Tabela 9:</b> Análise de variância da matéria seca da folha aos 28 DAP em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.....	86
<b>Tabela 10:</b> Análise de variância da matéria seca do caule aos 28 DAP em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.....	86
<b>Tabela 11:</b> Análise de variância da matéria seca da raiz aos 28 DAP em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente. ....	87
<b>Tabela 12:</b> Análise de variância da matéria seca total da planta aos 28 DAP em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente. ....	87
<b>Tabela 13:</b> Análise de variância da biomassa da parte aérea em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente. ....	87
<b>Tabela 14:</b> Análise de variância da matéria seca da raiz tuberosa em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.....	87
<b>Tabela 15:</b> Análise de variância de produtividade em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente. ....	87
<b>Tabela 16:</b> Análise de variância do amido da raiz tuberosa em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente. ....	88
<b>Tabela 17:</b> Análise de variância da estimativa de produtividade de etanol em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.....	88
<b>Tabela 18:</b> Análise de variância da condutância estomática foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente .....	88
<b>Tabela 19:</b> Análise de variância da transpiração foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente. ....	88
<b>Tabela 20:</b> Análise de variância da eficiência do uso da água em batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente .....	88
<b>Tabela 21:</b> Análise de variância da taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> em folha de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente. ....	89
<b>Tabela 22:</b> Análise de variância de carbono interno no mesofilo foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente .....	89

<b>Tabela 23:</b> Análise de variância da eficiência instantânea de carboxilação da folha de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente. ....	89
<b>Tabela 24:</b> Análise de variância da temperatura foliar em batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente. ....	89
<b>Tabela 25:</b> Análise de variância do rendimento quântico da fluorescência da clorofila foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.....	90
<b>Tabela 26:</b> Análise de variância do teor de clorofila foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.....	90
<b>Tabela 27:</b> Análise de variância da matéria seca da fola de batata-doce aos 30 DAP sob aplicação de herbicida pós-emergente .....	90
<b>Tabela 28:</b> Análise de variância da matéria seca do caule de batata-doce aos 30 DAP sob aplicação de herbicida pós-emergente .....	90
<b>Tabela 29:</b> Análise de variância da matéria seca da raiz de batata-doce aos 30 DAP sob aplicação de herbicida pós-emergente .....	90
<b>Tabela 30:</b> Análise de variância de fitotoxidez em batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.....	91
<b>Tabela 31:</b> Análise de variância da biomassa da parte aérea da batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.....	91
<b>Tabela 32:</b> Análise de variância da matéria seca da raiz tuberosa de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente .....	91
<b>Tabela 33:</b> Análise de variância de produtividade da batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente. ....	91
<b>Tabela 34:</b> Análise de variância de teor de amido na raiz tuberosa de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente .....	91
<b>Tabela 35:</b> Análise de variância de estimativa de produtividade de etanol em batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente. ....	92

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Imagens do tratamento testemunha (T1) da batata-doce experimento pós-emergente. ....	80
<b>Figura 2:</b> Danos causados pela aplicação de herbicida pós-emergente (T2 - atrazina+S-metolaclo) na cultura da batata-doce .....	81
<b>Figura 3:</b> Danos causados pela aplicação de herbicida pós-emergente (T3 - nicossulfurom) na cultura da batata-doce.....	82
<b>Figura 4:</b> Danos causados pela aplicação de herbicida pós-emergente (T4 - fomesafem+fluazifope) na cultura da batata-doce.....	83
<b>Figura 5:</b> Danos causados pela aplicação de herbicida pós-emergente (T5 - carfentrazona) na cultura da batata-doce.....	84
<b>Figura 6:</b> Efeito dos herbicidas pré-emergentes no fechamento das leiras na cultura de batata-doce, fotos aos A = 28 e B = 58 dias após o plantio.....	85
<b>Figura 7:</b> Efeito dos herbicidas pré-emergentes no fechamento das leiras na cultura de batata-doce, fotos aos A = 15 e B = 45 dias após a aplicação.....	85

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Resposta do rendimento quântico da fluorescência ( $Q_y$ ) do fotossistema II de batata-doce sob aplicação de herbicidas pré-emergentes aos 14, 21 e 27 dias após o plantio.....	33
<b>Gráfico 2:</b> Avaliação da clorofila total das folhas de batata-doce sob aplicação de herbicidas pré-emergentes aos 14, 21 e 27 dias após o plantio. ....	34
<b>Gráfico 3:</b> Fitotoxidez em plantas de batata-doce, aos 14, 21 e 27 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. ....	36
<b>Gráfico 4:</b> A = Avaliação da matéria seca da folha (MSF), B = matéria seca do caule (MSC), C = matéria seca da raiz (MSR) e D = matéria seca total (MST) de batata-doce, aos 28 dias após o plantio, sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. ....	37
<b>Gráfico 5:</b> Avaliação da biomassa da parte aérea ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da batata-doce, aos 180 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. ....	38
<b>Gráfico 6:</b> A = Avaliação do teor de matéria seca da raiz tuberosa (%) e B = produtividade ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da batata-doce, aos 180 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.....	39
<b>Gráfico 7:</b> A = Avaliação do teor de amido (%) e B = estimativa de produtividade de etanol ( $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da batata-doce sob aplicação de herbicidas pré-emergentes. ....	40
<b>Gráfico 8:</b> A = condutância estomática ( $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), B = taxa de transpiração ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), C = eficiência do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), D = taxa de assimilação líquida de $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), E = taxa de carbono interno ( $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), F = eficiência instantânea de carboxilação ( $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol}^{-1})^{-1}$ ) e G = temperatura foliar ( $^{\circ}\text{C}$ ) da cultura da batata-doce sob influência de herbicidas pós-emergentes. ....	63
<b>Gráfico 9:</b> Resposta do rendimento quântico da fluorescência ( $Q_y$ ) da batata-doce submetida à aplicação de herbicidas pós-emergentes em diferentes tempos .....	64
<b>Gráfico 10:</b> Avaliação da clorofila total das folhas de batata-doce submetida à aplicação de herbicidas pós-emergentes. ....	65
<b>Gráfico 11:</b> A = avaliação da matéria seca da folha (MSF), B = matéria seca do caule (MSC), C = matéria seca da raiz (MSR) e D = matéria seca total (MST) da batata-doce aos 30 dias após a aplicação de herbicidas pós-emergentes.....	67
<b>Gráfico 12:</b> Fitotoxidez em plantas de batata-doce às 3, 6, 24 e 48 horas e 15 dias após a aplicação de herbicidas pós-emergentes.....	69
<b>Gráfico 13:</b> Avaliação da biomassa da parte aérea ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da batata-doce sob aplicação de herbicidas pós-emergentes aos 180 dias após o plantio. ....	70
<b>Gráfico 14:</b> A = avaliação do teor de matéria seca da raiz tuberosa (%) e B = produtividade ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da batata-doce sob aplicação de herbicidas pós-emergentes após 180 dias do plantio.....	71
<b>Gráfico 15:</b> A = Teor de amido (%) e B = estimativa de produtividade de etanol ( $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) sob aplicação de herbicidas pós-emergentes. ....	74

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVO .....	3
2.1	Objetivo geral.....	3
2.2	Objetivos específicos .....	3
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	4
3.1	Bioenergia .....	4
3.2	Aspectos gerais da batata-doce.....	5
3.3	Importância econômica da batata-doce .....	7
3.4	Controle de plantas daninhas.....	9
3.5	Princípios ativos.....	11
3.5.1	Atrazina.....	11
3.5.2	Carfentrazona-etílica.....	11
3.5.3	Clomazona .....	12
3.5.4	Fluazifope-p-butílico.....	12
3.5.5	Fomesafem .....	13
3.5.6	S-metolaclo-ro .....	13
3.5.7	Nicossulfurom .....	13
3.6	Seletividade de plantas agrícolas à aplicação de herbicidas .....	14
3.7	Alterações fisiológicas das plantas causadas pelo uso de herbicidas.....	15
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	17
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17
	RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DA CULTURA DE BATATA-DOCE DESENVOLVIDA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES.....	24
	RESUMO .....	24
	ABSTRACT .....	25
1	INTRODUÇÃO.....	26
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.1	Análises fisiológicas.....	32
3.1.1	Rendimento quântico da florescência ( $Q_y$ ) .....	32
3.1.2	Clorofila Total.....	33
3.2	Análises Agronômicas.....	35
3.2.1	Nota de fitotoxidez .....	35
3.2.2	Matéria seca da folha ( $MSF$ ), matéria seca do caule ( $MSC$ ), matéria seca da raiz ( $MSR$ ) e matéria seca total ( $MST$ ) .....	36
3.2.3	Biomassa total da parte aérea ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) .....	37
3.2.4	Teor de matéria seca da raiz tuberosa (%).....	38
3.2.5	Produtividade ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).....	38
3.2.6	Teor de amido (%).....	39
3.2.7	Estimativa de produtividade de etanol ( $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) .....	40
4	CONCLUSÃO.....	40
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

<b>RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DA CULTURA DE</b>	
<b>BATATA-DOCE DESENVOLVIDA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EM</b>	
<b>FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES.....</b>	
	45
<b>RESUMO .....</b>	45
<b>ABSTRACT .....</b>	46
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	47
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	48
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	53
<b>3.1 Análises fisiológicas.....</b>	54
<b>3.1.1 Condutância estomática (<math>g_s</math>).....</b>	54
<b>3.1.2 Taxa de transpiração foliar (<math>E</math>).....</b>	55
<b>3.1.3 Eficiência do uso da água (<math>EUA</math>).....</b>	56
<b>3.1.4 Taxa de assimilação líquida de <math>CO_2</math> (<math>A</math>).....</b>	57
<b>3.1.5 Taxa de carbono interno (<math>C_i</math>).....</b>	59
<b>3.1.6 Eficiência instantânea da carboxilação (<math>E_iC</math>).....</b>	60
<b>3.1.7 Temperatura foliar (<math>^{\circ}C</math>).....</b>	61
<b>3.1.8 Rendimento quântico da fluorescência (<math>Q_y</math>).....</b>	63
<b>3.1.9 Clorofila Total.....</b>	64
<b>3.2 Análises agronômicas.....</b>	66
<b>3.2.1 Matéria seca da folha (<math>MSF</math>), matéria seca do caule (<math>MSC</math>), matéria</b>	
<b>seca da raiz (<math>MSR</math>) e matéria seca total (<math>MST</math>).....</b>	66
<b>3.2.2 Nota de fitotoxidez.....</b>	68
<b>3.2.3 Biomassa total da parte aérea (<math>ton.ha^{-1}</math>).....</b>	69
<b>3.2.4 Matéria seca da raiz tuberosa (%).....</b>	70
<b>3.2.5 Produtividade (<math>ton.ha^{-1}</math>).....</b>	71
<b>3.2.6 Teor de amido (%).....</b>	73
<b>3.2.7 Estimativa de produtividade de etanol (<math>L.ha^{-1}</math>).....</b>	74
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	74
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	75
<b>6 ANEXO .....</b>	80





# 1 INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energia renováveis tem colocado a biomassa para fins energéticos como grande aliada, pois ela pode atender as necessidades energéticas de forma sustentável e ainda contribuir de forma social nas regiões onde serão instaladas as usinas de geração de energia. A biomassa pode ser usada, para produção de diversas energias renováveis, destacando a produção de etanol.

As matérias-primas, para a produção de etanol, são bem diversificadas, destacam-se, no Brasil, as derivadas da sacarose como a cana-de-açúcar, aquelas que provêm de fontes amiláceas (mandioca, batata-doce) e de fontes lignocelulósicas como o bagaço da cana-de-açúcar. A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.], por ser uma cultura muito rústica e rica em amido, tem sido descrita como uma fonte altamente promissora para produção de etanol (ARAÚJO, 1978; CEREDA, 1987).

Esta cultura apresenta grande capacidade de produzir em solos onde não seria possível produzir culturas mais exigentes, além de apresentar dois ciclos durante o ano (SILVEIRA, *et al.*, 2014). A batata-doce, também, possui produtividade significativa de biomassa, variando de 30 a 65 toneladas por hectare com alto teor de amido, que pode ser transformado em etanol (SILVEIRA *et al.*, 2014). Segundo a SUDAM (2015), a produtividade de uma tonelada de batata-doce pode produzir até 170 litros de álcool e 300 quilos de resíduos úmidos, que são transformados em 150 quilos de farelo com grande teor proteico. Apesar de a batata-doce ser apontada como uma importante fonte alternativa, para produção de etanol, esta cultura possui poucas pesquisas no Brasil (SOUZA *et al.*, 2005).

Existe, também, ausência de estudos sobre a interferência de plantas daninhas na cultura da batata-doce, que causam prejuízos aos pequenos e grandes produtores. Em termos gerais, há uma redução de 40%, na produção agrícola do Brasil, motivada pela interferência das plantas invasoras (LORENZI, 2006). As plantas invasoras competem com as culturas agrícolas, principalmente, por nutrientes disponíveis no solo, água, luz, espaço e podem também ser hospedeiras para pragas, doenças e nematoides, provocando redução no crescimento e da produção (BRIGHENTI & OLIVEIRA, 2011).

Um dos grandes obstáculos, na lavoura de batata-doce, está relacionado ao controle de plantas daninhas, o qual é muito laborioso, em virtude do hábito prostrado de crescimento da batata-doce. Além disso, com a escassez de mão de obra rural e com o aumento das áreas plantadas, torna-se viável o uso do controle químico, pois o controle

mecânico é impossível de ser realizado, sem danificar as ramas e raízes, e o controle manual, além de caro, é moroso e impróprio para grandes áreas (GLAZE & HAU, 1986).

A seletividade dos herbicidas está diretamente ligada ao sucesso do controle químico na produção agrícola, que pode ser definida como a medida da resposta diferencial das espécies de plantas à aplicação de uma determinada molécula (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001). Na cultura da batata-doce, existem limitações no uso de herbicidas, especialmente, para controle de espécies dicotiledôneas.

De acordo com Dal Magro *et al.* (2006), as plantas podem apresentar diferentes respostas, em função do herbicida aplicado, bem como da dose utilizada. Após a aplicação dos herbicidas, podem ser observados sintomas de fitotoxicação em plantas tolerantes e, principalmente, em susceptíveis como: redução do crescimento e desenvolvimento da planta, clorose e necrose (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007). Além disso, as moléculas de herbicidas podem interferir na parte fisiológica da planta, reduzindo o teor de clorofila nas folhas, fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, carbono interno, eficiência do uso da água e fluorescência podendo esses parâmetros serem utilizados como indicadores de danos provocados pelo uso de herbicidas nas plantas (FARIAS *et al.*, 2013; MACHADO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2014; MELO *et al.*, 2009). Silveira, (2012) observou que as mandiocas tratadas com o herbicida inibidor da PROTOX obteve redução na taxa fotossintética líquida ( $A$ ) e aumentou a concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) em relação à testemunha.

Em razão da grande importância no controle das plantas daninhas na cultura da batata-doce e pelo fato de existir poucos estudos relacionados ao controle químico, principalmente, produtos seletivos e registrados para a cultura da batata-doce, este trabalho tem como objetivo a busca por produtos seletivos, que tenham a especificidade em sua ação, quando aplicados sobre a cultura e como a planta de batata-doce responderá fisiologicamente à aplicação de herbicidas.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar aspectos fisiológicos e agronômicos da batata-doce cultivar Duda, desenvolvida para a produção de etanol, em função da aplicação de herbicidas com a finalidade de identificar um herbicida pré e pós-emergente seletivo à batata-doce.

### **2.2 Objetivos específicos**

a) Avaliar o acúmulo de matéria seca da folha, rama e raízes em função da aplicação de herbicida.

b) Avaliar o teor de matéria seca das raízes tuberosas e biomassa da parte aérea rama em função da aplicação de herbicida.

c) Avaliar o teor de clorofila e rendimento quântico da fluorescência na batata-doce em função da aplicação de herbicida.

d) Avaliar os índices de trocas gasosas: taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*), transpiração foliar (*E*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), eficiência do uso da água (*A/E*) e temperatura foliar (°C) em função da aplicação de herbicida.

e) Quantificar a produtividade de raiz por hectare em função da aplicação de herbicida.

f) Quantificar o teor de amido na batata-doce em função da aplicação de herbicida.

g) Estimar a produtividade de etanol em função da aplicação de herbicida.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 Bioenergia**

Segundo Faria *et al* (2013), a bioenergia é um termo amplo utilizado, para se referir à qualquer forma de energia renovável derivada, a partir de biomassa e que possa ser convertida em combustíveis gasosos, líquidos ou sólidos, por meio de tecnologias conhecidas, gerando calor para aquecimento, eletricidade ou combustíveis.

As fontes não renováveis como o petróleo são os principais causadores do efeito estufa e, ainda, algumas avaliações pessimistas afirmam que, em um futuro próximo, haverá uma depleção do petróleo. Com isso, nos dias atuais, a grande preocupação da sociedade científica é com o aumento do aquecimento global e a conformidade sobre a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis. Assim, surge o incentivo na busca por novas fontes renováveis de energia, principalmente, por meio de biomassa, a qual possibilita uma redução das emissões antrópicas de gases causadores do efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global.

A biomassa é a matéria-prima renovável mais utilizada, para redução dos gases do efeito estufa (GEEs). Este insumo pode ser de qualquer tipo: orgânico ou biológico, desde que seja capaz de transformar-se em energia e, dependendo da sua origem, pode ser classificado como agrícola (cana-de-açúcar, soja, batata-doce, outras); florestal (madeira) ou proveniente de dejetos urbanos ou industriais (ANEEL, 2008).

Para que a biomassa das plantas seja transformada em energia, é preciso, primeiramente, que haja uma conversão de energia solar em energia química, realizada nos vegetais, durante a fotossíntese. Esta conversão bioquímica possui grande importância no contexto agroenergético, pois, quando se usa a energia armazenada na biomassa, emite-se menos CO<sub>2</sub>, já que uma grande quantidade deste gás poluente é captada pela fotossíntese durante o ciclo da cultura (CGEE, 2008). Um dos produtos renováveis que utiliza essa energia química derivada dos vegetais são os biocombustíveis, que constituem a forma mais disseminada de utilização da bioenergia.

Os biocombustíveis representam apenas um segmento da bioenergia que engloba ainda o biogás, carvão vegetal, cogeração de energia elétrica e calor a partir das biomassas. O interesse por estes produtos renováveis é visível e está sendo discutido, em diversos aspectos, por muitos países, pelas grandes vantagens deste produto como: diminuição da dependência externa do petróleo e por razões de segurança de suprimento ou impacto na balança de pagamento, minimizando os efeitos das emissões de gases

poluentes pelos veículos. Além disso, os biocombustíveis são inerentemente mais biodegradáveis que os combustíveis fósseis (LEITE e LEAL; 2007).

O Brasil é um país que possui grande diversificação de matérias-primas, para obtenção de biocombustíveis, fato que se deve, especialmente, à grande extensão do país, o que proporciona diferentes condições edafoclimáticas e, consecutivamente, o cultivo de diferentes espécies agrícolas com grande potencial para esta finalidade no país.

O etanol é um biocombustível que pode ser de primeira (1G) ou segunda (2G) geração, depende de qual matéria-prima é utilizada para sua obtenção. A qualidade do etanol de 1G e de 2G são semelhantes, a única diferença está relacionada ao processo de produção; o de primeira geração utiliza matéria-prima rica em sacarose (açúcares), enquanto o de segunda geração utiliza matéria-prima lignocelulósica ou rica em amido, (PACHECO, 2011).

A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima utilizada, para produção de etanol no Brasil, possui tecnologia para produção de etanol em grande escala bastante consolidada, o que permite que sejam trabalhados outros aspectos na geração, como o aumento da produtividade agrícola e melhorias industriais (MME, 2010; LEITE e LEAL, 2007). A expansão desta cultura, porém, para outras regiões como a Amazônica, é vetada pela Resolução N° 3813/2009, do Banco Central, que proíbe o cultivo dessa cultura nesta região (BCB, 2009). Portanto outras culturas ganham ênfase para produção de etanol, em regiões onde a cana-de-açúcar não pode ser produzida, aumentando, assim, a biodiversidade de matéria-prima para produção de bioetanol.

A batata-doce destaca-se como sendo uma cultura com grande potencial produtivo e energético, pois possui, em sua composição, elevado teor de amido, além da facilidade de adaptação ao clima tropical e subtropical típico do Brasil (SILVEIRA *et al*, 2014).

### **3.2 Aspectos gerais da batata-doce**

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) origina-se nas Américas Central e Sul, sendo encontrada desde a península de Yucatam, no México, até a Colômbia, sendo, portanto, bem adaptada ao clima do Brasil (EMBRAPA, 2008)

Essa cultura é uma planta dicotiledônea, que pertence à família das convolvulaceae, possui mais de 1000 espécies, contudo apenas a batata-doce tem expressão de mercado. É uma planta perene, embora seja cultivada anualmente e pode ser multiplicada via sementes, batatas, ramos, mudas, enraizamento de folhas destacas e

cultivo de meristemas apicais; botanicamente, a parte comercial é classificada como raiz de armazenamento, em vez de tubérculo (SILVEIRA *et al.*, 2014; SILVEIRA, 2002).

A cultura da batata-doce possui dois tipos de raiz: 1) tuberosa ou de armazenamento, que são raízes grandes, carnudas e comestíveis, constituindo a parte de interesse comercial e; 2) raiz absorvente, que é composta por radiculares responsáveis pela absorção de água e extração de nutrientes do solo. As raízes tuberosas podem apresentar formatos, cores da película externa e cores de polpa diferentes. As folhas são em forma de coração ou de alabarda. Possui caule herbáceo, mais conhecido como rama, com hábito de crescimento rasteiro, as ramificações podem atingir até 4 m de comprimento e produzem raízes entre os nós das ramas (EMBRAPA, 2008; DAFF, 2011).

A batata-doce é uma cultura que produz alta quantidade de energia por unidade de área, por unidade de tempo, que a torna uma cultura com grande potencial para a produção de biocombustível (EMBRAPA, 2008; DAFF, 2011). Visando à produção de etanol, a batata-doce possui composições químicas adequadas para obtenção deste produto. Segundo a EMBRAPA (2008), ao colher a batata-doce, esta cultura apresenta cerca de 30% de matéria seca que contém 85% de carboidratos, cujo componente principal é o amido. Além disso, a batata-doce contém, ainda, boa quantidade de vitamina A e complexo B que pode ser utilizada no setor de alimentos.

Essa cultura é uma hortaliça muito rústica, com ampla adaptação aos diferentes tipos de solos e climas, alta tolerância à seca e fácil cultivo (CARDOSO *et al.*, 2005). Pode se desenvolver bem até 2500 m, acima do nível do mar (STATHERS *et al.*, 2013). Em relação ao regime pluvial, esta cultura produz bem em região com 750 a 1000 mm de chuva ao ano (EMBRAPA, 2004). Exige temperaturas superiores a 24°C e alta luminosidade; quando cultivada em temperatura menor que 10°C o desenvolvimento desta cultura é reduzido ou até mesmo cessa o crescimento, tendo como consequência uma queda na produtividade. Os solos têm que ser profundos, moderadamente férteis e arenosos, drenagem e aeração do solo são muito importantes, pois solos encharcados retardam a formação das raízes tuberosas. O pH do solo ideal é 5,5-6,5, com o pH do solo alto, a cultura da batata-doce fica susceptível a doenças e, com baixo pH, essa cultura sofre com a toxidez do alumínio (SILVEIRA *et al.*, 2014; EMBRAPA, 1995; NEDUNCHESHIYAN e RAY, 2010).

A batata-doce é uma cultura que possui balanço energético positivo e esse parâmetro é utilizado, para determinar a viabilidade da produção de qualquer

combustível, o qual consiste na aferição da energia consumida para a produção do etanol (*Input*) e a energia produzida pela matéria prima (*Output*). Valores maiores que um significam que a energia gerada foi maior que a gasta, ou seja, a eficiência foi positiva, entretanto valores menores que um mostram que foi gasto mais energia, para produzir o combustível, do que se pode obter com sua utilização, sendo um combustível de baixa eficiência e inviável (PIMENTEL *et al.*, (1990); EMBRAPA (2007a). Souza *et al.*, (2008), avaliando a batata-doce em sistema de cultivo convencional e orgânico, observaram que o balanço energético variou, conforme o sistema de 6,45 e 6,58, respectivamente. Já, em outro trabalho, em que se realizou a estimativa do balanço energético da batata-doce, o autor encontrou valor de 5,18 (VIANA, 2009). Para efeito de comparação, a cana-de-açúcar, que hoje é a matéria-prima mais utilizada, para produção de etanol, no Brasil, possui balanço energético variando de 8,06 a 10,53, enquanto que o milho, a matéria- prima mais utilizada nos Estados Unidos, tem seu balanço energético variando de 0,78 a 1,34 (URQUIAGA *et al.*, 2005; VIANA, 2009; PIMENTEL e PATZEK, 2005; SHAPOURI *et al.*, 2002).

### **3.3 Importância econômica da batata-doce**

Dentre as raízes e tubérculos cultivados no mundo, a batata-doce ocupa o segundo lugar em produtividade ficando atrás apenas da mandioca (RAY e RAVI, 2005). Sendo cultivada, em mais de 100 países, a batata-doce está entre as culturas de maior importância no mundo, com produtividade, em 2016, de 105 milhões de toneladas, tendo o continente Asiático como o maior produtor, com área plantada de 3,9 milhões de hectares, produzindo cerca de 78,6 milhões de toneladas. O Brasil é o principal país produtor da América Latina, ocupando a 18ª colocação com 669 mil toneladas de batata-doce (FAO, 2016; IBGE, 2016).

No Brasil, a batata-doce é cultivada em todas as regiões. Em 2016, foram cultivados no país cerca de 47.573 ha<sup>-1</sup>, produzindo, aproximadamente, 669.454 toneladas de raiz, obtendo rendimento médio de 14.072 (kg.ha<sup>-1</sup>) e acréscimo, na produtividade de 10,97%. Em relação ao ano anterior, na balança comercial do agronegócio brasileiro, esta cultura movimentou cerca de 801 milhões de reais. Por sua vez, a região que obteve maior destaque, na produção de batata-doce no Brasil, foi a Sul com produção de 249.154 toneladas, seguida pelo Sudeste com produção de 222.180 e, em terceiro, a região Nordeste com 170.601 toneladas, o Centro-Oeste e o Norte vêm em seguida, respectivamente (IBGE, 2016).

A cultura da batata-doce é utilizada como alimento base pelas populações de baixa renda. Durante o cultivo é utilizada pouca ou nenhuma tecnologia. Em geral, os produtores têm pouca orientação a respeito da cultura resultando em baixo rendimento por hectare, porém, segundo Silveira *et al* (2014), é possível obter produtividade superior a 40.000 (kg.ha<sup>-1</sup>), desde que sejam utilizadas cultivar e tecnologia adequadas ao cultivo.

As raízes de batata-doce são utilizadas em vários países para obtenção de produtos industriais como amido, glicose líquida, ácido cítrico, monoglutamato de sódio e etanol (NEDUNCHEZHIAN e RAY, 2010). Essas raízes, por possuírem alto teor de proteína bruta e boa digestibilidade, podem também ser utilizadas na alimentação de animais (MONTEIRO, 2007). Além disso, o etanol dessa cultura possui grande importância para o mercado brasileiro, visto que esse produto é considerado um álcool fino, que pode ser destinado ao mercado farmacêutico, para indústria de cosmético, para indústria de bebidas finas e, também, para o mercado de biocombustível, apresentando parâmetros técnicos compatíveis com o exigido pela Agência Nacional de Petróleo – ANP – para produção de etanol (SILVEIRA *et al.*, 2014).

A batata-doce, além de possuir grande importância, na obtenção de produtos industriais e alimentícios, também, pode se enquadrar no programa de crédito de carbono. O crédito de carbono é uma unidade comercial, com objetivo monetário, o qual permite aos países ou às pessoas física e jurídica, que não emitiram ou retiraram CO<sub>2</sub> da atmosfera, a comercialização (compra e venda); esta unidade é representada em tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e). O valor desse crédito varia diariamente, pois sua atribuição de valores é diferenciada por vários fatores externos (BRASIL, 2012). Em 2015, o preço de comercialização da tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente na China era de US\$ 1 enquanto, na Suécia, chegava a US\$ 163 (UOL, 2015). No Brasil, no mês de julho de 2017, a tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente foi comercializada com a média de US\$ 5,27 (INVESTING, 2017). Segundo Joseph Stiglitz e Nicholas Stern, 87% das emissões globais de gases estufas não são taxadas e nem têm preço de carbono negociado nos mercados de créditos de carbono. Dos 13% restantes, apenas 8% das emissões globais registram preços acima de US\$ 10 a tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.

Outro mercado que tem ganhado força são dos plásticos biodegradáveis que têm se tornado uma tendência do momento e podem agregar valor à cultura da batata-doce. Os bioplásticos são produtos originários de carbono de fontes renováveis, tais como o amido de mandioca, arroz, milho e batata-doce e suas propriedades são idênticas às de um plástico comum (PRADELLA, 2006). A crescente conscientização da conservação



ambiental, dos consumidores em relação às embalagens biodegradáveis levou ao enorme crescimento do mercado global, o qual fez girar cerca de 19,54 bilhões dólares, em 2016 e estima-se que ele atinja US\$ 65,58 bilhões em 2022 (WOOD, 2017). A cultura da batata-doce possui alto teor de amido que pode ser transformando em plástico biodegradável de grande qualidade. Segundo Silveira *et al.*, (2014), esta cultura apresenta cerca de 30% de amido.

### 3.4 Controle de plantas daninhas

Um dos fatores que provoca a redução de produtividade de raízes tuberosas de batata-doce está relacionado com incidência de plantas daninhas nas lavouras, as quais, quando desenvolvem juntamente com as culturas agrícolas, provocam grandes prejuízos, pois elas interferem diretamente na produtividade (LORENZI, 2006).

A forma mais conhecida de interferência das plantas daninhas, nas culturas agrícolas, é pela competição. Elas competem por recursos como nutrientes minerais, água, luz, CO<sub>2</sub> e espaço. Além disso, essas plantas podem servir como fonte de inóculo para pragas, doenças e nematoides. Algumas plantas invasoras possuem habilidades específicas, para disseminação da espécie, como: grande capacidade de propágulo, algumas espécies de plantas daninhas podem produzir até 95 mil semente por planta, como é o caso do capim-barbicha-de-alemão (*Chloris polydactyla*); desuniformidade do processo germinativo; capacidade de germinar e emergir a grandes profundidades, tubérculos de tiririca (*Cyperus rotundus*) germinam a uma profundidade de 0,50 a 0,60m; viabilidade dos propágulos em condições desfavoráveis e mecanismo alternativo de reprodução (KISSMANN, 1997; BRIGHENTI *ET AL.*, 1997; BRIGHENTI e OLIVEIRA, 2011).

Em levantamentos realizados, na área experimental da UFT campus de Palmas/TO, foi observado um grande número de plantas daninhas que competem com a lavoura de batata-doce, reduzindo a qualidade e quantidade das raízes tuberosas. Entre as plantas infestantes foram identificadas a corda-de-viola (*Ipomoea nil*), capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), Caruru (*Amaranthus deflexus*), fedegoso (*Senna obtusifolia*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), guanxuma (*Sida sp.*), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e uma grande incidência de infestação de tiririca (*Cyperus rotundus*); outras plantas daninhas foram identificadas, no entanto com menor incidência de infestação. A corda-de-viola pertence à mesma família da batata-doce, convolvulaceae.

Para o controle de plantas daninhas, existem certas práticas que resultam na redução da infestação, mas não em sua erradicação. Dentre estes controles, há o controle preventivo; controle cultural; controle mecânico ou físico; controle biológico e o controle químico, que é o mais utilizado na cadeia de produção de culturas agrícolas (EMBRAPA, 2003).

As culturas agrícolas podem conviver com as plantas daninhas por um período sem que haja prejuízo no desenvolvimento e na produtividade; este período é utilizado pelos agricultores para tomada de decisão no controle de plantas daninhas. O período crítico de interferência representa o período, a partir da sementeira ou da emergência das plantas, em que as plantas daninhas devem ser controladas com eficiência, para evitar perdas quantitativas e qualitativas da produção. Na prática, esse deve ser o período em que as capinas ou os herbicidas devem ser usados (SILVA *et al.*, 1999). O período anterior à interferência das plantas invasoras, na cultura da batata-doce, ocorre, aproximadamente, 42 dias após o plantio, o que pode variar dependendo do clima, das espécies de plantas invasoras e da cultivar utilizada. O período crítico de prevenção à interferência (PCPI) é de 14-42 dias, ou seja, representa o intervalo em que deve ser feito o controle das plantas daninhas para evitar perdas significativas de produtividade (SEEM *et al.*, 2003).

Estima-se que as perdas causadas pelas plantas daninhas às culturas agrícolas, no Brasil, cheguem a 40%, podendo chegar a 85% dependendo da planta infestante, do grau de infestação, dos diferentes estágios de crescimento e condições edafoclimáticas (LORENZI 2006; KARAM e CRUZ, 2004). Na cultura da batata-doce, o controle de plantas daninhas é realizado, por meio de ação mecânica, sobretudo, capinas com enxada. Essa característica do sistema de produção da batata-doce deve-se ao fato da inexistência de herbicidas registrados a esta cultura, o que impede recomendações de controle químico.

Os herbicidas são produtos químicos, que podem ser aplicados antes ou depois do plantio, têm a finalidade de promover o controle de plantas daninhas, mas também podem provocar estresse e algumas alterações fisiológicas à cultura agrícola. O estresse decorrente da aplicação dos herbicidas pode provocar acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs), no tecido vegetal, podendo levar à morte da planta (SILVA *et al.*, 2003). Para um bom controle de plantas daninhas e para evitar danos à cultura agrícola, é necessário conhecer bem sobre a seletividade do princípio ativo do herbicidas que será utilizado na aplicação.

### 3.5 Princípios ativos

#### 3.5.1 Atrazina

A molécula de atrazina, cujo nome químico é 2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazina, é o herbicida mais utilizado dentro o grupo químico das atrazinas, possui classificação toxicológica como classe III (HOWARD, 1991). É classificado como herbicida sistêmico, seletivo e utilizado no controle pré e pós-emergente de plantas de folhas largas (OCHI, 2006) A atrazina foi comercializada pela primeira vez, na década de 1950 e pelo seu uso intensivo, durante esta década, foi o herbicida mais detectado em monitoramento do lençol freático (SPADOTTO *et al.* 2004). As triazinas pertencem ao grupo C1, inibidores do fotossistema II, atuam na membrana do cloroplasto, em que ocorre a fase luminosa da fotossíntese, mais especificamente no transporte de elétrons (CHRISTOFFOLET *et al.*, 2004).

A atrazina é uma molécula facilmente absorvida pelas raízes das plantas e levada pelo xilema para a parte aérea das plantas alvos (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005). A atrazina inibe a fotossíntese via competição pelo sítio de ligação da plastoquinona II, no processo de transferência de elétrons do fotossistema II para o fotossistema I (DEVINE *et al.*, 1993). Essa inibição cessa a síntese de carboidratos, conseqüentemente, levando a uma redução do carbono e acúmulo de CO<sub>2</sub> na planta, ocasionando a clorose foliar (GIDDINGS, 2005).

#### 3.5.2 Carfentrazona-etílica

O Carfentrazona-etílica (RS)-2-chloro-3-{2-chloro-5-[4-(difluoromethyl)-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl]-4-fluorophenyl}propionic acid) é uma molécula de herbicidas pertencente ao grupo químico das aril-triazolinonas, é classificado como pós-emergente e também utilizado como dessecante em algumas culturas (KARAM *et al.*, 2003). O carfentrazona tem como mecanismo de ação a inibição da protoporfirinogênio (PPO ou PROTOX), enzimas que são precursoras da clorofila. Nas plantas sensíveis, tratadas com carfentrazona, ocorre acúmulo de protoporfirinogênio IX (PPIX) no citoplasma que, na presença de luz, catalisa a formação de oxigênio singlete, responsável pela peroxidação de lipídios nas membranas celulares, ocorrendo o rompimento da membrana celular (SHERMAN *et al.*, 1991). Em virtude de seu modo de ação, os sintomas de fitotoxicidade, em plantas sensíveis, podem ser observados dentro de poucas horas, após a aplicação, ocorrendo manchas verde-escuras nas folhas, ocasionado a morte das plantas em semanas (DAYLAN *et al.*, 1997). Segundo Oliveira Jr. (2011),

herbicidas deste grupo químico podem ser absorvidos pelas raízes, caule ou folhas de plantas novas, além de translocar pouco nas plantas, apresentar alta sorção à matéria orgânica do solo e resistência à lixiviação.

### 3.5.3 Clomazona

O clomazona, [2-[metil(2-clorofenil)]-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona], é um herbicida largamente usado no combate de plantas daninhas de folhas largas e gramíneas, em diversas culturas anuais e usado em aplicações pré-emergentes. Possui ação sistêmica, pertencente ao grupo químico das isoxazolidinonas, seu mecanismo de ação está ligado à inibição da biossíntese dos compostos isoprenoides precursores dos pigmentos fotossintéticos, o que determina a degradação do caroteno e fitol e, conseqüentemente, da clorofila. Uma vez que o caroteno protege a clorofila da destruição pela luz solar, o modo de ação da molécula de clomazona possui duas funções: inibir a produção de caroteno e degradar a clorofila. Os sintomas visuais em plantas sensíveis a esta molécula é uma despigmentação ou albinismo das folhas, ocasionada pela falta de clorofila, levando a planta à morte em pouco tempo. O clomazona é absorvido preferencialmente pelas raízes das plantas e translocado via xilema para as folhas (JONSSON *et al.*, 1998; RODRIGUES e ALMEIDA, 2005; CONSTANTIN *et al.*, 2011).

### 3.5.4 Fluazifope-p-butílico

O fluazifope [(R)-2-(4-((5-(trifluorometil)-2-piridinil)oxi)fenoxi)propanoico, Éster] é uma molécula de herbicida sistêmico, aplicado em pós-emergente, pertencente ao grupo dos ariloxifenoxipropionatos, que é inibidor da biossíntese de lipídios ou inibidor da síntese de ácidos graxos, que atua na enzima Acetil-Coenzima A carboxilase (ACCCase), é muito utilizada e eficiente, para o controle de gramíneas, em culturas dicotiledôneas. Esta enzima é encontrada no estroma dos plastídeos, converte acetil coenzima-A (acetil-coA) em malonil coenzima-A, por adição de CO<sub>2</sub> (HCO<sub>3</sub>) à acetil coA, no primeiro passo do processo de biossíntese dos ácidos graxos. A inibição da síntese de ácidos graxos bloqueia a produção de fosfolipídeos, usados na construção de novas membranas necessárias para o crescimento celular (OLIVEIRA JR., 2011; VIDAL e MEROTTO JR., 2001; BURK *et al.*, 2006). Esse herbicida é rapidamente absorvido pelas folhas e translocado via xilema até o floema, atingindo os meristemas da planta, onde a síntese de lipídeos, para a formação de membrana, é muito intensa, o que cessa o crescimento das raízes e da parte aérea, levando a morte à planta de uma a três semanas (ERLINGSON, 1988).

### 3.5.5 Fomesafem

O fomesafem (5-(2-cloro- $\alpha,\alpha$ -trifluoro-p-toliloxi)-N-metilsulfonil-2-nitrobenzamida) é um herbicida seletivo e de contato do grupo químico difeniléteres, possui classe toxicológica III e é indicado para o controle de plantas daninhas de folha larga em pós-emergente. Sua absorção ocorre rapidamente em folhas, podendo ser absorvido em menor intensidade pelas raízes e é pouco transcolado nas plantas, deve ser aplicado em plantas daninhas jovens (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005; SILVA *et al.*, 2007). O fomesafem é um herbicida inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). De acordo com Weller e Warren (1992), com a inibição da protoporfirinogênio oxidase (enzima da rota de síntese de clorofila), forma-se a protoporfirina não enzimática, que, na presença de luz e O<sub>2</sub>, forma o oxigênio singlete, responsável pela peroxidação de lipídios, os quais levam à ruptura da membrana e ao vazamento de compostos celulares, para os espaços intercelulares, assim, o primeiro sintoma de fitotoxicidade caracteriza-se pela cor esverdeada, no tecido da folha, seguida de necrose em até seis horas após a aplicação sob luz (COBUCCI e MACHADO, 1999).

### 3.5.6 S-metolacloro

O s-metolacloro, 2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl), é um herbicida indicado para controle de plantas daninhas pré-emergentes ou pré-plantios, incorporado para o controle de algumas monocotiledôneas e dicotiledôneas, pertencente à classe cloroacetanilida, tem alta toxicidade – classe I. Possui mecanismo de ação inibidor da divisão celular da parte aérea e, quando absorvido pela semente das plantas daninhas, inibe o crescimento por suprimir a síntese da clorofila e de diversos componentes como lipídios, proteínas, isoprenoides e flavonoides (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005; VIDAL e FLECK, 2001). Esta molécula de herbicida é absorvida, principalmente, pelo coleótilo e hipocótilo das plântulas, quando essas, durante a emergência, atravessam a camada do solo onde se encontra o produto (KARAM, 2003a).

### 3.5.7 Nicossulfurom

O Nicossulfurom, 2-(4, 6-dimethoxypyrimidin-2-ylcarbamoylsulfamoyl)-N,N-dimethylnicotinamide (nicossulfurom), é um ingrediente ativo sistêmico, utilizado em aplicações pós-emergentes das plantas daninhas, pertencente ao grupo químico das sulfoniureias. A molécula de Nicossulfurom atua na inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), a enzima-chave na rota de biossíntese de aminoácidos valina, leucina e

isoleucina. Logo após a absorção do herbicida, estas moléculas são rapidamente translocadas, para as áreas de crescimento ativo, o qual inibe o crescimento de plantas suscetíveis, as plantas acabam morrendo pela incapacidade de produzir os aminoácidos essenciais que as plantas precisam. A absorção do nicossulfurom pode ser foliar ou pelas raízes, translocando-se via apoplasto e simplasto (RIZZARDI *et al.*, 2004; OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

### **3.6 Seletividade de plantas agrícolas à aplicação de herbicidas**

A seletividade das culturas agrícolas à aplicação de herbicidas está diretamente relacionada ao controle de plantas indesejáveis sem afetar drasticamente as plantas desejáveis, tendo como princípio básico, para a seletividade, o nível diferencial de tolerância das plantas agrícolas em relação as plantas daninhas, ou seja, quanto maior a diferença de tolerância entre as plantas desejáveis e as plantas indesejáveis maior será o grau de segurança na aplicação dos produtos fitossanitários (OLIVEIRA JR, 2011).

A seletividade dos herbicidas para plantas está relacionada a três fatores preponderantes: as características das plantas; características dos herbicidas e protetores. Entre os fatores relacionados à característica das plantas destacam-se o arranjo, ângulo, espessura da camada de cutícula e quantidade das folhas que podem facilitar ou dificultar a absorção de herbicidas; outro fator é a idade das plantas, pois plantas jovens são mais susceptíveis a lesões provocadas por herbicidas do que plantas velhas, em razão de as plantas jovens possuírem maior quantidade de tecidos meristemáticos, além disso, algumas cultivares de plantas possuem seletividade a herbicidas, enquanto outras são susceptíveis; a seletividade associada ao metabolismo é outro fator relacionado à característica das plantas, ou seja, ao potencial que as plantas possuem para fazer a destoxificação do herbicida. Dentre as características dos herbicidas, destaca-se a dose do produto, o qual deve ser utilizado para o controle total das plantas daninhas sem que cause danos à cultura agrícola, outro fator é o posicionamento da aplicação de herbicidas, como é o caso da aplicação dirigida em pós-emergente. Os protetores ou Safeners são produtos químicos que são utilizados para proteger as plantas contra a ação fitotóxica dos herbicidas servindo como uma agente seletivo para as culturas desejáveis (OLIVEIRA JR, 2011; KERBAY, 2008; DAVIES e CASELEY, 1999; ROMAN e PINTO, 2003; HOFFMAN, 1962; AKOBUNDU, 1987). O efeito seletivo do herbicida é uma manifestação complexa entre uma planta, o herbicida e o ambiente no qual a planta se desenvolve.

### **3.7 Alterações fisiológicas das plantas causadas pelo uso de herbicidas**

A tolerância a herbicidas em plantas cultivadas pode ser notada pelos sintomas de toxicidade, contudo alguns produtos podem causar redução de produtividade sem causar efeitos visuais, e outros provocam danos acentuados, mas podem permitir a recuperação plena da cultura (SILVA *et al.*, 2003).

O uso de herbicidas, para o controle de plantas daninhas, pode desencadear uma série de reações fisiológicas que têm efeitos deletérios à cultura agrícola susceptível. Dentre estes danos estão o comprometimento metabólico da fotossíntese, alterações hormonais, acúmulo de proteínas relacionado ao estresse, provocando redução do crescimento e desenvolvimento da cultura (ASHRAF, 2010, ASHRAF e HARRIS, 2013; AFZAL *et al.*, 2014). Contudo, muitas vezes, os danos causados pelos herbicidas não são visíveis, desse modo, as respostas fisiológicas (fluorescência da clorofila *a*, trocas gasosas, teor de clorofila, taxa de transporte de elétrons) nas culturas estão sendo utilizadas para as seleções de herbicidas com potencial para aplicação (TORRES *et al.*, 2012).

A análise do rendimento quântico da fluorescência é utilizada, para o entendimento do mecanismo fotossintético, que é alterado por estresses bióticos e abióticos pelos quais as plantas passam, como o estresse ocasionado pela aplicação de herbicida (CATUNDA *et al.*, 2005). Ferreira *et al.*, (2015), avaliando o rendimento quântico da fluorescência na mandioca sob aplicações de herbicidas, observaram que o Nicossulfurom inibidor dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina e Clomazona, herbicida que bloqueia a síntese do pigmento dos carotenoides obtiveram rendimento quântico de 0,74 e 0,77, respectivamente, enquanto o Fomesafem+Fluazifope que é inibidor da (PROTOX), síntese precursora da clorofila e ACCase, inibidores da síntese do ácido graxos, obtiveram rendimento quântico de 0,59. De acordo com Silva *et al.*, (2012), nas plantas de folha larga, a fito motivada pela aplicação do herbicida Fomesafem+Fluazifope é causada, principalmente, pela molécula do fomesafem (PROTOX), e a recuperação da cultura deve-se, principalmente, ao surgimento de novas folhas com ausência dos sintomas.

A principal e mais importante característica influenciada pelo uso de herbicidas é a taxa fotossintética. A fotossíntese está diretamente associada à composição da luz, aos fatores de disponibilidade hídrica e às trocas gasosas e, ainda, é altamente dependente da abertura dos estômatos, podendo, assim, ser utilizada como indicadora da resposta da ação dos herbicidas (NAVES BARBIERO *et al.*, 2000). Além disso, fatores como a

concentração interna de gases podem estar relacionados a danos causados por herbicidas (KIRSCHBAUM e PEARCEY, 1988).

Reis *et al.*, (2014), avaliando aspectos fisiológicos da cultura do girassol, após 27 dias das aplicações dos herbicidas, observaram que os herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) que agem diretamente na rota responsável pela síntese de clorofila obtiveram variação na taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> de 21,67 a 23,76 ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), enquanto a aplicação do herbicida inibidor da divisão celular (S-metolacloro) que age no meristema apical das plantas obteve taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> de 25,00 ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Este decréscimo na taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, no tratamento com o herbicida inibidor da PROTOX, pode ter ocorrido pela inibição da síntese de clorofila em que o herbicida age diretamente. A inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase provoca o acúmulo de PROTOX, que se difunde para fora do centro reativo e, em contato com luz e oxigênio, ocorre a oxidação dessa enzima que terá como produto o oxigênio singlete, peroxidando a clorofila, reduzindo a taxa fotossintética da planta. Entretanto os inibidores da divisão celular (S-metolacloro) agem diretamente no meristema apical, inibindo a divisão celular, não provocando danos diretos ao aparato fotossintético (OLIVEIRA JR., 2011).

Rodríguez e Plaza, (2016), avaliando a condutância estomática na cultura do tomate, em relação a diferentes intervalos (24 horas, 7 DAA, 14 DAA, 21 DAA) sob aplicação de herbicidas inibidores do fotossistema II e ALS, observaram que a condutância estomática sob aplicação de herbicida inibidor da ALS, com o passar do tempo, obteve aumento na condutância estomática variando de 0,10 ( $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ), em 24 horas após a aplicação para 0,48 ( $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ), aos 21 dias após a aplicação. No tratamento utilizando o herbicida inibidor do fotossíntese II, também, foi encontrado resultado semelhante que variou de 0,09 ( $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ), em 24 horas após a aplicação, para 0,47 ( $\text{cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ) aos 21 dias após a aplicação.

Acredita-se, também, que os herbicidas possam estar diretamente ligados à eficiência do uso da água, pelo efeito negativo direto sobre a fotossíntese, ou, indiretamente, pela redução da taxa metabólica da planta. A eficiência da água é definida como a quantidade de água absorvida por uma cultura para a produção de uma certa quantidade de matéria seca (SILVA, 2007).

Silveira (2012), avaliando a eficiência do uso da água, em cinco cultivares de mandioca sob diferentes dosagens do herbicida inibidor de carotenoides, observou que apenas a cultivar Coqueiro obteve decréscimo, na eficiência do uso da água, para a



dosagens de 216 (g.ha<sup>-1</sup>) do produto, reduzindo a eficiência do uso da água 3,41 ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ) em comparação com a testemunha 5,72 ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ). O mesmo autor observou que, em algumas variedades, quando se aumentava a dosagem, havia decréscimo na taxa de transpiração. Na cultivar Coimbra sem aplicação do herbicida inibidor de carotenoides, obteve-se taxa transpiratória de 3,52 ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), quando aumentou a dosagem do herbicida para 72 (g.ha<sup>-1</sup>) e 108 (g.ha<sup>-1</sup>) houve um redução na taxa transpiratória de 3,43 ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) 2,61 ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), respectivamente. Uma das hipóteses, para o decréscimo na taxa de transpiração, pode ser atribuída ao eficiente controle estomático das plantas sobre as trocas gasosas, a fim de reduzir as perdas de água quando as plantas estão sujeitas a estresses (EL-SHARKWY, 2007).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A batata-doce é uma cultura rústica e apresenta alta produtividade por hectare com alto teor de amido, por essa razão esta cultura vem despertando o interesse de pesquisadores e investidores com a finalidade de produzir etanol, bioplásticos e ser utilizada na indústria alimentícia. No entanto, por ser uma cultura subsidiária, apresenta diversos gargalos no manejo, principalmente, no de plantas daninhas, o que provoca carência na recomendação de herbicidas seletivos e com alta eficiência no controle das plantas invasoras. Com isso, o aumento dos estudos de herbicidas seletivos na batata-doce é preponderante para viabilizar as implantações das grandes lavouras e proporcionar o manejo adequado das plantas daninhas sem reduzir a qualidade e quantidade da raiz de batata-doce.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFZAL, A.; GULZAR, I.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Water deficit-induced regulation of growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, inorganic nutrient accumulation and antioxidative defense mechanism in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 87, n. 1 p. 147-156, 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 3.ed, Brasília, 236p. 2008.

ARAÚJO, N.Q.; CASTRO, H.F.; LEAL, J.L.S.; SALLES, F.M.; ESTEVES, A.M.L.; COSTA, F.A.; ARAÚJO, I.M.C.; SALLES, N.G. **Batata-doce: parâmetros preliminares na tecnologia de produção de etanol**. (S.L.), 11p. 1978.

ASHRAF, M. Inducing drought tolerance in plants: recent advances. **Biotechnology Advances**, v. 28, n. 1, p. 169-183, 2010.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: an overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163-190, 2013.

BCB – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Resolução N° 3813/2009**. 2009. Disponível em: [http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2009/pdf/res\\_3813\\_v1\\_O.pdf](http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2009/pdf/res_3813_v1_O.pdf). Acessado em: 25/02/2017.

- BRASIL. Meio Ambiente. **Entenda Como Funciona o Mercado de Crédito de Carbono**. 2012. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/04/entenda-como-funciona-o-mercado-de-credito-de-carbono>. Acessado em: 02/08/2017.
- BRIGHENTI, A. M.; SILVA, J. F.; SEDIYAMA, T.; SILVEIRA, J. S. M.; SEDIYAMA, C. S., Análise de crescimento de tiririca (*Cyperus rotundus* L.). **Revista Ceres**, 44:94-110, 1997.
- BRIGHENTI. A.M., OLIVEIRA. M.F., **Biologia de Plantas Daninhas**. In: Rubem Silvério de Oliveira Junior. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Curitiba, PR. Omnipax, P. 1-36. 2011.
- BRIGHENTI. A.M., OLIVEIRA. M.F., **Biologia de Plantas Daninhas**. In: Rubem Silvério de Oliveira Junior. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Curitiba, PR. Omnipax, P. 1-36. 2011.
- BURKE IC, THOMAS WE, BURTON JD, SPEARS JF, WILCUT JW. A seedling assay to screen aryloxyphenoxypropionic acid and cyclohexanedione resistance in johnsongrass (*Sorghum halepense*). **Weed Technology**, 20:950-955. 2006.
- CARDOSO A.D; VIANA A.E.S; RAMOS P.A.S; MATSUMOTO S.N; AMARAL C.L.F; SEDIYAMA T; MORAIS O.M. **Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista**. *Horticultura Brasileira* 23: 911-914. 2005.
- CATUNDA, M. G.; FREITAS, S. P.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, C. M. M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 115-121, 2005.
- CEREDA, M. P.; FRANÇA, F.H.; LOPES, C.A.; JABUONSKI, R.E. Potencialidade e qualidade da batata-doce para industrialização. 2 ed. **Seminário sobre acultura da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA-CNPq. p. 24-36. 1987.
- CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável** / organização BNDES e CGEE. 1ª ed. Rio de Janeiro. 2008.
- CHRISTOFFOLET P.J.; OVEREJO R. F.L.; CARVALHO J. C. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2. Ed. Campinas. Associação brasileira de ação à Resistencia de plantas aos herbicidas. 2004.
- COBUCCI, T.; MACHADO, E. Seletividade, eficiência de controle de plantas daninhas e persistência no solo de imazamox aplicado na cultura do feijoeiro. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, 1999.
- CONSTANTIN J.; OLIVEIRA R.S.; INOUE M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 320p. 2011.
- DAFF – DEPARTMENT AGRICULTURE, FORESTRY AND FISHERIES. **Sweet potato (Ipomoea batatas L.) production**. 2011. Disponível em: [http://www.nda.agric.za/docs/Brochures/PG\\_SweetPotato.pdf](http://www.nda.agric.za/docs/Brochures/PG_SweetPotato.pdf). Acessado em: 01/03/2017.
- DAL MAGRO, T. et al. Efeito de deriva simulada de herbicida inibidor de ALS nos componentes da produtividade do arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 805-812, 2006.
- DAYLAN, F. E.; DUKE, S. O.; WEETE, J. D.; HANCOCK, H. G. Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. **Pesticide Science**, Oxford, v. 51, n. 1, p. 65-73, 1997.
- DEVINE M. D.; DUKE S. O.; FEDTKE C. *Physiology of Herbicide Actions*. **Englewood Cliffs, NJ**; Prentice Hall, 1993.
- EL-SHARKAWY M.A; Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semi arid environments. *Braz. J. Plant Physiol.*, v. 19, n. 4, p. 257-286, 2007.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura da batata-doce**. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalicas/batata-doce/composicao>. Acessado em: 19/05/2017.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura da batata-doce**. Centro Nacional Pesquisa de Hortaliças. Coleção Plantar: 30. Brasília/DF. 94 p. 1995.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Balanco energético e “sequestro” de carbono em culturas oleaginosas**, p 22. 2007a. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/20778/1/DOC167.PDF>. Acessado em: 17/09/2017.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Batata-doce (*Ipomoea batatas*)** 2008, Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas/origem.html](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/origem.html)>. Acessado em: 01/03/2017

EMBRAPA – Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Manejo Integrado de Plantas Daninhas**. Documentos 103, Planaltina/DF. 47 p. 2003.

ERLINGSON, M. Fusilade - a strategy for long-term control of couch (*Elymus repens*). Weeds and Weed Control. 1:158-165. 1988.

FARIA. L.P.; VICENTE. V.A.; STEINER. F., Perspectivas e Tendências em Bioenergia e Produção de Alimentos, **Anais do Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio**, Ourinhos-SP, 2013.

FERREIRA E.A.; MATOS C.C.; BARBOSA E.A.; SILVA D.V.; SANTOS J.B.; PEREIRA G.A.M.; FARIA A.T.; SILVA C.T.; Resposta fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas. **Ciências Agrárias**. Londrina, v.36, n.2, p. 645-656, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO; Compare Date Sweet Potatoes 2016; disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>; acessado em: 30/01/2018.

GIDDINGS J. M.; ANDERSON T. A.; HALL L.W.; JR KENDALL R.J.; RICHARDS R.O.; SOLOMON K.R.; WILLIAMS W.M. A probabilistic Aquatic Ecological Risk Assessment of Atrazine In North American Surface Waters. Pensacola, FL: STAC Press. 2005.

GLAZE, N. C., HAU, M. R. The effects of herbicides on weed control and yield of sweet potato. In: ANNUAL MEETING SOUTHERN WEED SCIENCE, 39, s.1. Proceedings ... s.1., **Weed Science Society**, 1986. p.172. 1986.

HOWARD, P. H.; **Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals**. Chelsea, MI: Lewis, 1991.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Produção Agrícola Municipal 2016; Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2016/default\\_xls.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2016/default_xls.shtm); Acessado em: 30/01/2018.

INVESTING. **Crédito de Carbono Futuros Dados Históricos**. Disponível em: <https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>. Acessado em: 02/08/2017.

JONSSON C.M.; MAIA A.H.N.; FERREIRA C.J.A.; RIBEIRO E.O. **Risk assessment of the herbicide clomazone in the aquatic life**. Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart, 26, 1724-1726. 1998.

KARAM D.; LARA J.F.R.; MAGALHÃES P.C.; PEREIRA FILHO I.A.; CRUZ M.B. **Características do herbicidas carfentrazone-ethyl na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 3p. 2003.

KARAM, D. et al. **Características do herbicida s-metolachlor nas culturas de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 3 p. (Circular Técnica, 36). 2003a.

KARAM, D.; CRUZ, M. B. Sem concorrentes: manter o terreno limpo, sem invasoras é o primeiro passo para garantir o desenvolvimento. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2004.

KIRSCHBAUM, M. U.; PEARCY, R. W. Gas exchange analysis of the fast phase of photosynthetic induction in *Alocasia macrorrhiza*. **Plant Physiol.**, v. 87, n. 4, p. 818-821, 1988.

KISSMANN, K. G., **Plantas Infestantes e Nocivas**. 2ª ed, v. I. São Paulo, SP: BASF Brasileira S.A., 825 p. 1997.

LEITE R. C. C.; LEAL M. R. L. V.; **O biocombustível no Brasil**. Novos Estudos – CEBRAP 78, p.15-21, jul. 2007.

LORENZI H., **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: Plantio direto e convencional**. 6. Ed. Nova Odessa/SP. Instituto Plantarum. 2006.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Matriz Energética: etanol**. 2010. Disponível em: [www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica/biocombustiveis](http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica/biocombustiveis). Acessado em: 15/12/2016.

- MONTEIRO A. B. Silagens de cultivares e clones de batata-doce para alimentação animal visando sustentabilidade da produção agrícola familiar. *Revista Brasileira de Agroecologia* 2: 978-981. 2007.
- NAVES-BARBIERO, C. C. et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *R. Bras. Fisiol. Veg.*, v. 12, n. 2, p. 119-134, 2000.
- NEDUNCHESHIYAN M, RAY R.C, Sweet Potato Growth, development Production and Utilization: Overview. In: Ray RC, Tomlins KI (Eds) Sweet Potato: Post Harvest Aspects In Food, **Nova Science Publishers Inc.**, New York, pp 1-26. 2010.
- NEDUNCHESHIYAN M, RAY R.C, Sweet Potato Growth, development Production and Utilization: Overview. In: Ray RC, Tomlins KI (Eds) Sweet Potato: Post Harvest Aspects In Food, **Nova Science Publishers Inc.**, New York, pp 1-26. 2010.
- OCHI B. C.; BRITO V. F.; MEDEIROS M. A. C. Avaliação da contaminação de água superficiais por herbicidas e nutrientes e em área com cultivo de cana-de-açúcar no município de Iracemápolis. Uicamp/Ceset, campinas. 2006.
- OLIVEIRA JÚNIO R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JÚNIOR R.S.; CONSTANTIN J.; INOUE M.H. (ed). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p 141-192. 2011.
- PACHECO T. F.; **Produção de etanol: primeira ou segunda geração?** Circular Técnica 04. EMBAPA. 6 pag. Brasília- DF. 2011.
- PIMENTEL D.; PATZEK T.W.; Ethanol production using corn, switchgrass and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. **Natural Resources Research**. New York, v. 14, n. 1, p. 65-76. 2005.
- PIMENTEL D; DAZHONG W; GIAMPIETRO M. Technological changes in energy use in U.S. agricultural production. In: GLIESSMAN SR. (Ed). *Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. New York: Springer- Verlag, p. 305-321. (Ecological Studies, 78). 1990.
- PRADELLA, J. G. C. Biopolímeros e Intermediários Químicos. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Relatório Técnico nº 84 396-205. São Paulo: Março de 2006.
- RAY R.C, RAVI V; Post Harvest Spoilage of Sweet Potato and its Control Measures. **Critical Review of Food Science and Nutrition** 35, 623-644. 2005.
- REIS R.M.; SOUZA M.F.; QUEIROZ G.P.; SIEBERT I.G.; SILVA D.V.; FERREIRA E.A.; SILVA A.A.; Tolerância do girassol a herbicidas aplicados em pós-emergência, **Ver. Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.1, p. 15-22. 2014.
- RIZZARDI, M.A.; KARAM, D.; DA CRUZ, M.B. Manejo e controle de plantas daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN. E.S. (Eds). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. p.571-594. 2004.
- RODRIGUES B. N.; ALMEIDA F.S. Guia de herbicidas. 5 ed. Londrina, PR 592p. 2005
- RODRIGUES J.A.; PLAZA G.; Efecto de ácidos hidroxicarboxílicos em la biorregulación del estrés causados por herbicidas em el cultivo de tomate. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**. Bogotá/Colômbia. V. 10. N. 1. P. 66-79, 2016.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. (6.Ed). Londrina, PR: Grafmarke, p. 697. 2011.
- SEEM, J.E.; CREAMER, N.G.; MONKS, D.W. Critical Weed-Free Period for 'Beauregard' Sweetpotato (Ipomoea batatas) I. *Weed Technology*, v.17, p.686- 695, 2003.
- SHAPOURI H.; DUFFIELD J.A.; WANG M. **The energy balance of corn ethanol**: an update. Washington: Office of Energy and New Uses. 14 p., 2002.
- SHERMAN, T. D.; BECERRIL, J. M.; MATSUMOTO, H.; DUKE, M. V.; JACOBS, J. M.; JACOBS, N. J.; DUKE, S. O. Physiological basis for differential sensitivities of plant species to protoporphyrinogen oxidase inhibiting herbicides. **Plant Physiology**. Bethesda, v. 97, p. 280-287, 1991.
- SILVA A.A. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA A.A.; SILVA J.F. (Editores). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa-MG: Editora UFV, 367p. 2007.

- SILVA, A. A. da; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, J. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. de; VARGAS, L. **Controle de plantas daninhas**. Brasília, DF: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 260 p. 1999.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS. 260p. 2003.
- SILVA, D.V.; SANTOS, J.B.; CARVALHO, F.P.; FERREIRA, E.A.; FRANÇA, A.C.; FERNANDES, J.S.C.; GANDINI, E.M.M.; CUNHA, V.C.; seletividade de herbicidas pós emergentes na cultura da mandioca. **Ver. Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.30, n. 4,p.835-841, 2012.
- SILVEIRA H.M. **Interferência de herbicidas na características fisiológicas da mandioca e na atividade microbiana do solo**. Dissertação – Universidade federal e Viçosa. Viçosa/MG. 57 p., 2012.
- SILVEIRA, M. A. Resistência de clones de batata-doce coletados no Estado do Tocantins a insetos de solo e nematóides causadores de galhas. **Horticultura Brasileira**. v. 20, n. 2, jul., Suplemento 2. 2002.
- SILVEIRA, M. A.; DIAS, L. E.; ALVIM, T. C.; TAVARES, I. B.; SANTANA, W. R.; SOUZA, F. R.; DIAS, L. E.; VITAL, M. K. G. S.B“**A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de Etanol**”. Boletim técnico, UFT- Palmas, P.21-24/43-45. 2014.
- SOUZA J.L.; CASALI V.W.D.; SANTOS R.H.S.; CECON P.R., Balanço e análise da sustentabilidade energética na produção orgânica de hortaliças. **Horticultura Brasileira**. V. 26, 426-433, n. 4, Viçosa-MG, 2008.
- SOUZA, F. R.; SILVEIRA, M. A ; TAVARES, I. B; SOUZA, A. F. B. C. Quantificação de diferentes concentrações enzimáticas de alfa.-amilase e amiloglucosidase em fermentação de meio hidrolisado para produção de álcool a partir da cultura de batata doce. **Anais I Congresso Científico Universidade Federal do Tocantins**, Palmas, 2005.
- SPADOTTO C. A.; GOMES M. A. F.; LUCHINI L. C.; ANDRÉA M. M. monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 29 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documento, 42), 2004.
- STATHERS, T., CAREY, E., MWANGA, R., NJOKU, J., MALINGA, J., GIBSON, R., NAMANDA, S; Tudo o que Sempre Quis Saber sobre a Batata-doce: **Manual de capacitação CdF** – Alcançando Agentes de Mudança. 4: Produção e manejo da batata-doce; Maneio de pragas e doenças da batata-doce. Centro Internacional da Batata, Nairobi, Quênia. vol.4. 2013.
- STIGLITZ J.E.; STERN N.; **Report of the high-level commission on carbon prices**, p. 68, 2017. Disponível em: [https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/59244eed17bffc0ac256cf16/1495551740633/CarbonPricing\\_Final\\_May29.pdf](https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/59244eed17bffc0ac256cf16/1495551740633/CarbonPricing_Final_May29.pdf). Acessado em: 04/11/2017
- SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. **Programa de produção de etanol na Amazônia será lançado em Palmas**. 2015. Disponível em: <http://www.sudam.gov.br/index.php/ultimas-noticias/289-sudam-e-universidade-federal-do-tocantins-lancam-programa-de-producao-de-etanol-na-amazonia>, Acessado em: 19/07/2016.
- TORRES, L. G.; FERREIRA, E. A.; ROCHA, P. R. R.; FARIA, A. T.; GONÇALVES, V. A.; GALON, L.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.
- UOL Notícias. **Precificação de Carbono já é Realidade**. 2015. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2015/12/06/precificacao-de-carbono-ja-e-realidade.htm>. Acessado em: 02/08/2017.
- URQUIAGA S.; ALVES B.J.R.; BOODEY R.M.; Produção de biocombustível: A questão do balanço energético. **Revista de Política Agrícola**. 5 p. n. 1. 2005.
- VIANA L.D.D.S. **Estimativa do balanço energético e econômico das culturas de batata-doce, cana-de-açúcar e milho nas condições brasileiras para produção do etanol**. 2009. 47 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Inibidores do crescimento da parte aérea. In: VIDAL, R.A.; MEROTO JR., A. (Orgs.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: **Evangraf**, p. 123-130. 2001.
- VIDAL, R. A.; MEROTO JR., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: **Evangraf**. 152 p. 2001.

WELLER, S.C., WARREN, G.F. **Diphenyletheres and oxadiazon**. In: **PURDUE UNIVERSITY (West Lafayette)**. Herbicide action course. West Lafayette, p.113-120. 1992.

WOOD L. **Global Biodegradable Plastics Market 2016-2022**. Globe Newswire. 17/04/2017. Disponível em: <https://globenewswire.com/news-release/2017/04/17/961228/0/en/Global-Biodegradable-Plastics-Market-2016-2022.html>. Acessado em: 03/08/2017.

DAVIES, J.; CASELEY, J.C. Herbicide safeners: a review. **Journal of Pesticide Science**, v.55, n.11, p.1043-1058, 1999.

ROMAN, E.S.; PINTO, J.J.O. Antídotos no herbicida. **Revista Cultivar**, v.1, n.2, p.16-18, 2003.

AKIBUNDU, I.O., *Weed Science in the Tropics: principles and practices*. New York, EUA: John Wiley e Sons, 522 p. 1987.

HOFFMANN, O.L. Chemical seed treatments as herbicide antidotes. **Weeds**, v.10, n.4, p.322-323, 1962.

## **ARTIGO 01**

## RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DA CULTURA DE BATATA-DOCE DESENVOLVIDA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

### RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos dos herbicidas pré-emergentes aplicados na batata-doce. O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Sistemas de Produção de Energia, a partir de Fontes Renováveis da Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus Palmas. Foram montados dois experimentos: um, em campo e outro, em vasos. Para o experimento em campo, foi usado o delineamento em blocos ao acaso (DBC) com uma cultivar (Duda), cinco tratamentos sendo: testemunha (capina), s-metolacoloro (1 L.ha<sup>-1</sup>), clomazona (1 L.ha<sup>-1</sup>), s-metolacoloro+clomazona (1 L.ha<sup>-1</sup> + 1 L.ha<sup>-1</sup>) e atrazina+s-metolacoloro (3 L.ha<sup>-1</sup>) e quatro repetições. Para o experimento em vasos, as análises fisiológicas, o delineamento fatorial 5x3, sendo: uma cultivar (DUDA), cinco tratamentos (citados acima) e três tempos (14, 21 e 27, dias após o plantio) com quatro repetições, enquanto, para as análises agronômicas em vasos, seguiu-se o delineamento a campo. As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se que apenas o tratamento atrazina+S-metolacoloro reduziu significativamente as variáveis *Qy* (0,395) e clorofila total (39,5) aos 14 DAP em relação à testemunha (0,552 e 42,9). Quanto à MS da raiz tuberosa, fitotoxicidade, biomassa da parte aérea, produtividade, teor de amido da raiz tuberosa e estimativa de produtividade de etanol não foi observada diferença em relação à testemunha. Com estes resultados nota-se que os herbicidas pré-emergentes, estudados neste trabalho, possuem potencial seletivo a para batata-doce no controle de plantas daninhas de folhas largas.

**Palavras chave:** *Ipomoea batatas*, seletividade, tecnologia de plantas daninhas.



## PHYSIOLOGICAL AND AGRONOMIC RESPONSES OF CULTURE OF SWEET POTATO, DEVELOPED FOR ETHANOL PRODUCTION, IN THE FUNCTION OF APPLICATION OF PRE-EMERGING HERBICIDES

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the pre-emergent weeds in sweet potatoes. The experiment was conducted in the experimental area of the Laboratory of Energy Production Systems, from Renewable Sources of the Federal University of Tocantins (UFT), Palmas campus. Two experiments were set up: one in the field and the other in pots. For experimentation in the field, a randomized block design (DBC) with a cultivar (Duda) was used, five treatments being: control (weed), s-metolachlor (1 L.ha-1), clomazone (1 L. ha -1), s-metolachlor + clomazone (1 L.ha-1 + 1 L.ha-1) and atrazine + s-metolachlor (3 L.ha-1) and four replicates. For the experiment in pots, such as the physiological analyzes, the 5x3 factorial design, being: one cultivar (DUDA), five treatments (mentioned above) and three times (14, 21 and 27 days after planting) with four replications, while, for the agronomic analyzes in pots, the field design was followed. The analyzes of the treatments were submitted to analysis of variance and, later, were compared by the Tukey test at 5% of probability. This means that the atrazine + S-metolacoro treatment significantly reduced the variables Qy (0.395) and total chlorophyll (39.5) at 14 DAP in relation to the control (0.552 and 42.9). Reliance to the MS tuberous root, phytotoxicity, shoot biomass, yield, starch content of the tuberous root and trend of oil productivity is not found in the difference in relation to the control. With this data set, these are the pre-emergent herbicides, studied in this work, potential potentials for sweet potatoes in the control of broad-leaved weeds.

**Key words:** *Ipomoea batatas*, selectivity, weed technology.

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma hortaliça originária da América Central e Sul, que se destaca pela sua rusticidade, fácil cultivo, alta tolerância à seca, baixo custo de produção e ampla adaptação aos diferentes solos e climas (EMBRAPA, 2008). Pode ser empregada com grande potencial nas indústrias alimentícias, farmacêuticas e de cosméticos, além disso, pode ser aplicada na produção de glicose líquida, bioplásticos e etanol (CARODOSO *et al.*, 2005; SILVEIRA *et al.*, 2014).

A utilização de raízes tuberosas de batata-doce, para produção de etanol, vem ganhando força no Brasil e no mundo pelo potencial de produtividade por hectare e pelo alto teor de amido contido nas raízes de batata-doce, além disso, é uma fonte de energia renovável. A cultura da batata-doce, quando empregada tecnologia e cultivares adequadas no cultivo, pode produzir mais de 40 ton.ha<sup>-1</sup> com concentração de amido que varia de 18 a 30% com alto rendimento de conversão em etanol (SILVEIRA *et al.*, 2014).

O grande problema das lavouras de batata-doce está relacionado ao controle de plantas daninhas, pois não existem produtos registrados para esta cultura, tornando o controle de plantas invasoras laborioso e caro para as grandes lavouras. As plantas daninhas interferem diretamente na cultura agrícola, competindo por nutrientes minerais, água, luz, CO<sub>2</sub> e espaço, provocando danos à qualidade e à quantidade de batata-doce (LORENZI, 2006; RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

No entanto, por representar uma cultura secundária e, particularmente, da agricultura familiar, os investimentos em produtos seletivos, para o manejo da batata-doce, são reduzidos, principalmente, nos de plantas daninhas. No Brasil, não existem herbicidas pré-emergentes registrados para a cultura da batata-doce. Os herbicidas pré-emergentes são produtos que possuem moléculas com amplo efeito residual no solo, com a finalidade de segurar a germinação do material propagativo pelo máximo de tempo, no entanto a dinâmica do efeito residual pode sofrer influência de diversos fatores como: textura e umidade do solo, teores de matéria orgânica, temperatura e radiação solar (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005; ABDELHAFID *et al.*, 2000). Harrison Jr e Dukes (1996) observaram que a aplicação de herbicida pré-emergente inibidor do fotossistema II, na cultura da batata-doce, provocou moderadas a graves lesões.

Em decorrência da falta de herbicidas pré-emergentes registrados, para a cultura da batata-doce, este trabalho tem como objetivo avaliar a seletividade de herbicidas pré-emergentes e suas influências nos parâmetros fisiológicas e agrônômicas da batata-doce.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local e realização do experimento**

Os experimentos em campo e em vasos foram conduzidos na área experimental do Laboratório de Sistemas de Produção de Energia, a partir de Fontes Renováveis (LASPER), localizado no campus da Universidade Federal do Tocantins (UFT) Palmas-TO (220m de altitude, 10°10' de LS e 48°21' de LW). As análises laboratoriais e agronômicas também foram realizadas no LASPER.

### **Preparo do solo**

Cada experimento foi composto por uma área em campo e em vasos. A área experimental no campo foi preparada com uma aração e uma gradagem 30 dias antes do plantio. As leiras foram construídas com espaçamentos de 0,70 m e com, aproximadamente, 0,30 m de altura. Após o preparo do solo, foi utilizado para o enchimento dos vasos com volume de 4,5L.

As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas, de acordo com a necessidade do solo, conforme a análise de solo, Tabela 5 (Anexo). A recomendação de adubação foi realizada de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Embrapa (1995).

Foram realizadas uma adubação de plantio com 30-150-90 kg de NPK e uma de cobertura com 30-20 kg de nitrogênio e potássio, respectivamente, em campo e em vasos; o nitrogênio e o potássio foram aplicados de forma parcelada e o fósforo, em sua totalidade, aplicado no plantio. Os fertilizantes, na adubação de plantio, foram distribuídos e incorporados, as adubações de cobertura realizadas manualmente e incorporadas ao solo com irrigações subsequentes.

### **Material vegetal**

Para a realização do experimento, foi utilizada a cultivar Duda, obtida pelo programa de melhoramento genético da Universidade Federal do Tocantins, tendo como características: colheita aos 180 dias após o plantio, produtividade média de 65,0 (ton.ha<sup>-1</sup>), teor de matéria seca de 40,4%, rendimento de até 161,04 litros de etanol por tonelada de raiz (SILVEIRA *et al.*, 2014).

### **Obtenção das ramas**

As ramas dos clones de batata-doce utilizadas no experimento foram coletadas adultas (dois meses plantada), previamente selecionadas, considerando os aspectos de sanidade e vigor. Foi utilizada a parte superior e terço-médio das ramas. O comprimento

de cada rama foi de 15-20 cm, contendo de três a cinco entrenós. As ramas foram retiradas com tesoura de poda.

### Plantio, aplicação e irrigação

O plantio das ramas de batata-doce e aplicação dos herbicidas pré-emergentes foram realizados, em 03/05/2017, em campo e nos vasos; primeiramente realizou-se o plantio, em seguida, foram feitas as aplicações dos herbicidas. Os herbicidas foram aplicados, por meio de pulverizador costal, com pressão mantida por CO<sub>2</sub> comprimido e monitorada por manômetro de linha, em volume de calda igual a 200 L.ha<sup>-1</sup>. Foram feitas capinas, semanalmente, para que a área fosse mantida livre de plantas daninhas até o momento da colheita. A irrigação da área experimental da batata-doce foi realizada por aspersão, empregando-se 858 mm de água durante todo o ciclo da cultura.

### Delineamento experimental

O delineamento em campo instalado foi em blocos ao acaso (DBC). A cultivar Duda teve cinco tratamentos e quatro repetições, os quais podem ser observados na Tabela 1. Cada parcela experimental foi formada por duas leiras de 0,30 X 2,10 m contendo sete plantas com espaçamento de 30 cm.

Em vasos, o delineamento, para as análises agronômicas, foi em blocos ao acaso (DBC), utilizando uma cultivar (Duda) e cinco tratamentos, conforme descrito na Tabela 1 e, para as análises fisiológicas, foi usado o delineamento fatorial 5x3 sendo: cinco tratamentos (Tabela 1) e três tempos (14, 21 e 28, dias após o plantio). Cada parcela experimental foi formada por um vaso contendo uma planta por vaso.

**Tabela 1:** Relação dos herbicidas pré-emergentes utilizados no tratamento da batata-doce.

Princípio ativo	Mecanismo de ação (Inibidor)	Dose (g de i.a./ha <sup>-1</sup> )	Dose (L.ha <sup>-1</sup> )
T1 = Testemunha <sup>1</sup>		0	0
T2 = S-Metolacoloro	Divisão Celular	960g	1,0 L
T3 = Clomazona	Carotenoide	500g	1,0 L
T4 = S-Metolacoloro + Clomazona	Divisão Celular + Carotenoide	960g + 500g	1,0 L + 1,0 L
T5 = Atrazina + Metolacoloro	Fotossistema II + Divisão Celular	-	3,0 L

<sup>1</sup>Testemunha = sem aplicação de herbicidas.

### Avaliações

As plantas em vasos foram utilizadas para as análises de rendimento quântico da fluorescência, teor de clorofila, nota de fitotoxidez e acúmulo de matéria seca (g). Já as plantas em campo foram utilizadas para as análises de produtividade ( $\text{ton.ha}^{-1}$ ), teor de amido (%), teor de matéria seca (%) e rendimento de etanol. Os intervalos das avaliações estão descritos na Tabela 2. As condições climáticas, no mês de maio, quando foram realizadas as avaliações, para os parâmetros fisiológicos, tiveram: média de temperatura de 27,8 °C, umidade relativa do ar de 65,4%, precipitação de 0,6 mm e radiação global de 1445,3  $\text{Kj/M}^2$  (INMET, 2017).

**Tabela 2:** Intervalos das avaliações dos herbicidas pré-emergentes.

<b>VASOS</b>	
<b>Avaliações</b>	<b>Intervalos</b>
Rendimento Quântico da Fluorescência	14, 21 e 28 DAP
Teor de clorofila na folha	14, 21 e 28 DAP
Nota de fitotoxidez	14, 21 e 28 DAP
Acúmulo de matéria seca (%)	28 DAP
<b>CAMPO</b>	
Produtividade ( $\text{ton.ha}^{-1}$ )	180 DAP
Teor de amido (%)	180 DAP
Teor de matéria seca (%)	180 DAP
Rendimento de etanol	180 DAP

DAP = dias após o plantio.

### **Descrição das avaliações**

#### **Rendimento quântico da fluorescência (Qy)**

Para as medições do rendimento quântico da fluorescência, utilizou-se folha totalmente expandida do terço médio das ramas de batata-doce, que foi identificada antes da aplicação. Foi realizada uma leitura por parcela, as medições foram realizadas com a folha adaptação à luz, utilizando-se um fluorômetro portátil (PSI – Photon Systems Instruments – FluorPen FP 100) o qual emite impulsos de luzes, sendo registrados os valores de fluorescência, antes do impulso de saturação ( $F_v$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), apresentando o resultado de rendimento quântico (Qy); as avaliações foram realizadas no período da manhã entre 9h e 12h aos 14, 21 e 28 DAP.

#### **Teor de clorofila da folha**

Para a quantificação do conteúdo de clorofila, foi utilizado um clorofilômetro portátil (Soil Plant Analyzer Develop – SPAD – 502, Minolta, Japão). As leituras foram

efetuadas no terço médio da rama de batata-doce em uma folha totalmente expandida. Para cada parcela, foi realizada uma leitura em uma folha totalmente expandida, selecionada e marcada antes da aplicação. Os valores foram calculados pela diferença de quantidade de luz transmitida pela folha, em duas regiões de comprimento de onda (650nm e 940nm), sendo a absorção de luz pela clorofila em 650nm (SWIADER E MOORE, 2002). As leituras foram realizadas no período entre 9h e 12h aos 14, 21 e 28 DAP.

#### **Nota de fitotoxidez**

Após a aplicação dos herbicidas, foram observadas alterações morfológicas, na parte aérea das plantas, avaliando os aspectos visuais: porte das plantas, coloração das folhas, desenvolvimento geral e fitotoxidez das plantas, em relação à testemunha, por meio de escala de notas de 0 a 4, em que: 0 corresponde à ausência de sintomas, 1 a injúrias leves ou redução de crescimento com rápida recuperação, 2 a injúrias moderadas ou redução de crescimento com lenta recuperação, 3 a injúrias severas ou redução de crescimento não recuperável ou redução de estande e 4 corresponde à morte total das plantas (SBCPD, 1995). As avaliações das lesões, nas plantas de batata-doce, ocasionadas pela aplicação dos herbicidas, foram feitas aos 14, 21 e 28 DAP.

#### **Acúmulo de matéria seca (g)**

Para quantificar o acúmulo de matéria seca (g) da batata-doce, foram separadas folhas, ramos e raízes das plantas, aos 28 DAP, posteriormente, os materiais foram colocados, para secagem em estufa de circulação de ar a 65 °C, por 72 horas. Os materiais foram retirados após este período e pesados. Novamente foram colocados na estufa por mais uma hora, sendo a operação realizada até chegar ao peso constante. Utilizou-se de uma balança analítica, com precisão de 0,0001g para fazer a pesagem da matéria seca (EMBRAPA, 2012).

#### **Teor de matéria seca para raízes tuberosas (%)**

Para a quantificação do teor de matéria seca da raiz tuberosa, aos 180 DAP, utilizaram-se 5 g de amostra fresca da raiz em cada placa de Petri. Posteriormente, as placas com amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar e com aquecimento a 105°C durante 8 horas. As amostras foram retiradas após este período e pesadas. Novamente foram colocadas na estufa e deixadas por mais uma hora. A operação foi realizada até que o peso se tornasse constante.

A quantificação do teor da matéria seca total (M.S.T.) foi calculada pela forma:

$$\text{M.S.T.} = \frac{\text{Peso da placa com amostra seca} - \text{peso da placa vazia} \times 100}{\text{Peso da amostra fresca sem placa}}$$

### **Produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>)**

Para a determinação da produtividade agrícola, foi realizada a pesagem das raízes, aos 180 DAP, de cada parcela, tomando por base as raízes das 14 plantas constituintes. A estimativa da produtividade total foi realizada convertendo-se os valores de cada parcela em ton.ha<sup>-1</sup>.

A quantificação da produtividade foi calculada pela forma:

$$\text{Produtividade (ton.ha}^{-1}\text{)} = \frac{10.000 \text{ m}^2 \times \text{Produtividade da parcela}}{\text{Metro quadrado da parcela}}$$

### **Obtenção da farinha de batata-doce**

As raízes foram lavadas, descascadas e fatiadas em raladores manuais. O material resultante foi disposto para uma secagem prévia. Logo após, o material foi colocado em bandeja, para a secagem em estufa com circulação de ar em temperatura de 55 °C, durante 72 horas. A farinha foi obtida por meio da moagem do material desidratado, em moinho de faca com peneira de malha de 20 mm, para a seleção das partículas menores (SAVELLI *et al.*, 1995).

### **Teor de amido (%)**

Após a produção da farinha, foi determinado o teor de amido seco. Para a determinação do teor de amido das raízes de batata-doce, foi utilizado o espectrômetro de infravermelho próximo, NIR 900 PLS, marca FEMTO. A aquisição dos espectros foi dada no modo de refletância difusa (log 1/R) na faixa de 1100 – 2500 nm com varreduras ocorrendo de 5 em 5 nm pelo software FemWin 900. A farinha foi colocada, na cubeta do aparelho, onde foram realizadas as leituras e lançadas na curva padrão; a leitura foi realizada em triplicata. Após encontrados os resultados de amido no NIR, foram lançados em um fórmula para obtenção do amido úmido (MAPA, 2014).

A quantificação do amido úmido foi calculada pela forma:

$$\text{Amido em base úmido (\%)} = \frac{(100 \times \text{amido seco}) - (\text{umidade} \times \text{amido seco})}{100}$$

### **Estimativa do rendimento de etanol (L.ha<sup>-1</sup>)**

A estimativa da produção de etanol por hectare foi dada por conversão do amido ao etanol, a qual foi determinada pela quantidade de amido disponível, e a produtividade

por hectare adaptada de Silva (2013). Para obtenção do etanol, utilizou-se a fórmula de conversão.

$$PE = (10,349 \cdot CA - 89,349) \cdot P$$

Em que

PE – Produção estimada de etanol em L.ha<sup>-1</sup>.

10,349 – constante.

CA – concentração de amido em %.

89,349 – constante.

P – Produtividade por hectare.

### **Análise estatística**

Os dados obtidos de todas as variáveis foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as diferenças entre as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar 5.6.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Experimento em vasos**

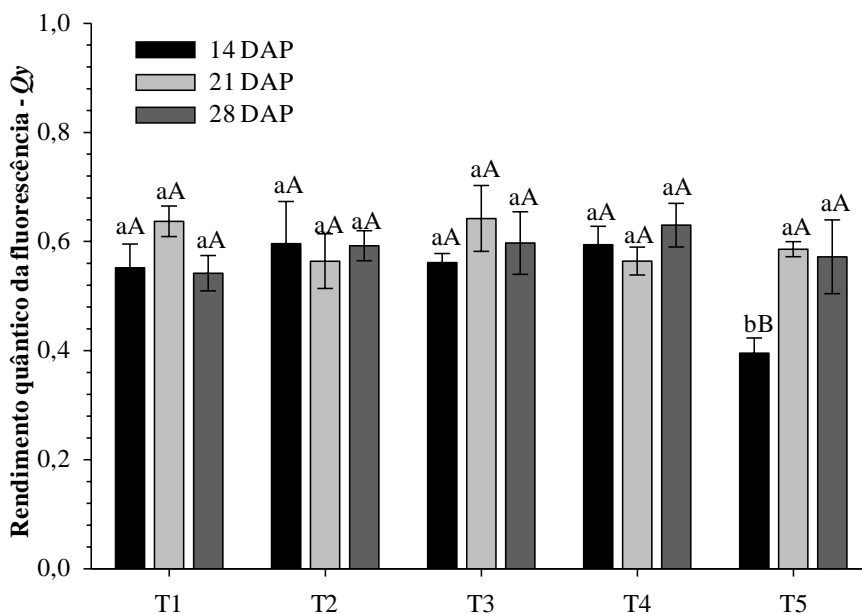
#### **3.1 Análises fisiológicas**

##### **3.1.1 Rendimento quântico da fluorescência ( $Q_y$ )**

Verifica-se, na Tabela 6 (Anexo) da análise de variância, que houve diferença estatística para a variável rendimento quântico da fluorescência em nível de 5% de significância pelo teste Tukey. O rendimento quântico ( $Q_y$ ) é um conhecido marcador de estresse vegetal que quantifica a eficiência do fotossistema II (*PS-II*), sendo um excelente indicador de efeito fotoinibidor, quando as plantas estão submetidas ao estresse químico, hídrico, entre outros (MAXWELL E JOHNSON, 2000). O rendimento quântico máximo do *PS-II* pode variar de 0,70 e 0,85, em plantas não submetidas ao estresse, no entanto valores inferiores a 0,55 indicam estresse e redução da eficiência quântica máxima do *PS-II* (RITCHIE, 2006). Observa-se, no Gráfico 1, aos 14 DAP, que apenas o tratamento atrazina+S-metolaclo (T5) reduziu, significativamente, o  $Q_y$  da batata-doce, tendo resultado abaixo de 0,55, ou seja, esse herbicida provocou estresse na planta, neste período de avaliação, reduzindo, aproximadamente, 28,5% em comparação com a testemunha, enquanto os outros tratamentos com herbicidas não diferenciaram da testemunha nesse período. A redução no  $Q_y$  pode estar relacionada ao mecanismo de ação da atrazina, o qual está diretamente relacionado ao transporte de elétrons no FS-II,



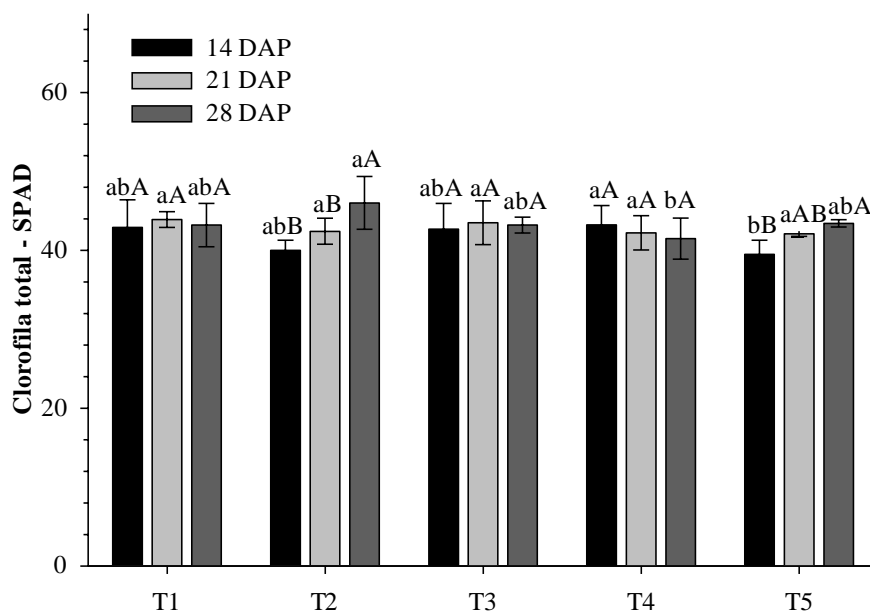
provocando lesões direta ao aparato fotossintético, enquanto os outros herbicidas atuam, secundariamente, no aparato fotossintético ou inibindo o crescimento da planta (OLIVEIRA JUNIOR. 2011). Aos 21 e 27 DAP, os tratamentos com aplicação de herbicidas não diferenciaram da testemunha.



**Gráfico 1:** Resposta do rendimento quântico da fluorescência ( $Q_y$ ) do fotossistema II de batata-doce sob aplicação de herbicidas pré-emergentes aos 14, 21 e 27 dias após o plantio. Média seguida de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **DAP** – Dias após o plantio. **Letras minúsculas:** tratamentos; **Letras maiúsculas:** tempos. **T1** = Testemunha; **T2** = S-metolaclo; **T3** = Clomazona; **T4** = S-metolaclo+Clomazona e **T5** = Atrazina+S-metolaclo.  **$Q_y$**  – Rendimento quântico da fluorescência.

### 3.1.2 Clorofila Total

Os pigmentos de clorofilas são responsáveis pela captura de luz e conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH (JESUS e MARENCO, 2008). Na Tabela 7 (Anexo), observa-se que houve diferença estatística em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey, para clorofila, em relação à aplicação de herbicidas pré-emergentes na cultura da batata-doce.



**Gráfico 2:** Avaliação da clorofila total das folhas de batata-doce sob aplicação de herbicidas pré-emergentes aos 14, 21 e 27 dias após o plantio.

Média seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **DAP** – Dias após o plantio. **Letras minúsculas:** tratamentos; **Letras maiúsculas:** tempos. **T1** = Testemunha; **T2** = S-metolaclo; **T3** = Clomazona; **T4** = S-metolaclo+Clomazona e **T5** = Atrazina+S-metolaclo.

Verifica-se, no Gráfico 2, que aos 14 dias, após o plantio (DAP), apenas os tratamentos atrazina+S-metolaclo (T5) (39,5) diferenciaram da testemunha, obtendo-se redução de, aproximadamente, 8% no teor de clorofila, podendo este resultado estar diretamente ligado ao mecanismo de ação do atrazina, o qual atua diretamente no fotossistema II, impedindo o transporte de elétrons, provocando sobrecarga aos carotenoides, que, consecutivamente, ocasiona a degradação dos carotenoides e clorofila, provocando clorose seguida de necrose (OLIVEIRA JUNIOR, 2011); no entanto o tratamento S-metolaclo+clomazona (T4) (43,2) obteve a maior média de clorofila total para este período de avaliação. No período de 21 DAP, não houve diferença estatística, para teor de clorofila entre os tratamentos com aplicação de herbicida, em relação à testemunha, os quais variaram de 42,1 para atrazina+S-metolaclo (T5) e 43,9 para testemunha (T1). Takano *et al.*, (2012), também, observaram que não houve variação, nos teores de clorofila tratada com clomazona no feijoeiro, cultivar BRS Pontal, nos períodos de 14 e 28 dias após a emergência.

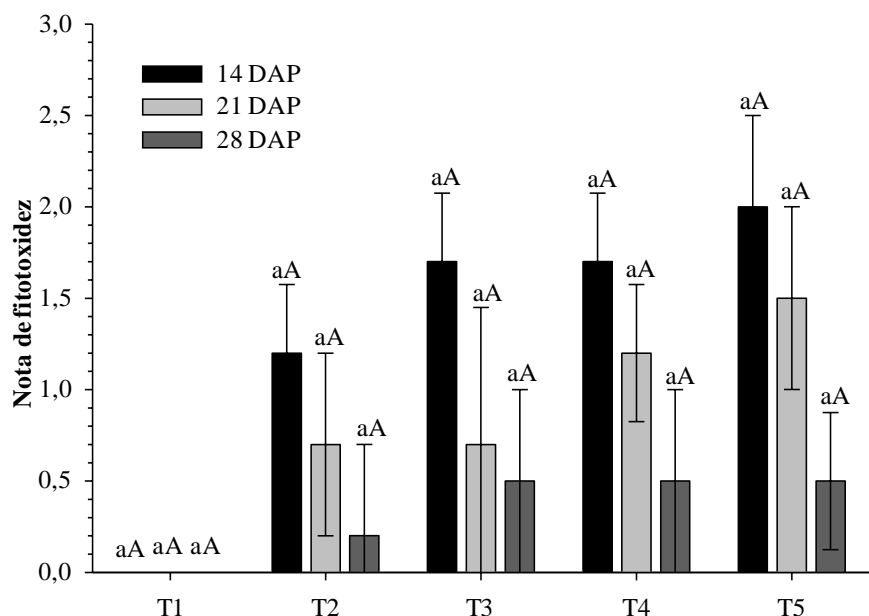
Observa-se, no gráfico, que os tratamentos com S-metolaclo (T2) e atrazina+S-metolaclo (T5) tiveram resultados semelhantes, reduzindo, significativamente, o teor de clorofila, aos 14 DAP e, após este período, nota-se uma recuperação acentuada do pigmento fotossintetizante para estes dois tratamentos.

Já para os tratamentos testemunha (T1), clomazona (T3) e S-metolacloro+clomazona (T4), dentro dos períodos, nota-se que não houve diferença, já para os tratamentos S-metolacloro e atrazina+S-metolacloro, observa-se a recuperação na clorofila total nos perdidos avaliados. Segundo CATUNDA *et al.*, (2005), o teor de clorofila nas folhas indica o nível de dano que determinado estresse pode estar causando à planta, já que a clorose é um dos primeiros sintomas a aparecer.

## **3.2 Análises Agronômicas**

### **3.2.1 Nota de fitotoxidez**

A avaliação visual de fitotoxidez na planta é utilizada como importante indicador, para verificar o potencial de utilização de um determinado herbicida, em uma cultura, no entanto esse parâmetro não pode ser utilizado isoladamente, em razão de alguns herbicidas provocarem elevadas injúrias e não comprometer a produtividade (BARROSO *et al.*, 2012). Observa-se, na Tabela 8 (Anexo), que não houve diferença em nível de 5% pelo teste Tukey para os tratamentos com herbicidas. No Gráfico 3, foram notadas leves lesões, na cultura da batata-doce, contudo o tratamento atrazina+S-metolacloro (T5) provocou maiores lesões em relação aos outros tratamentos. Brighenti *et al.*, (2000), avaliando a fitotoxicidade de herbicidas pré-emergentes aplicados, na cultura do girassol, observaram que, aos 20 dias após a aplicação, a molécula de S-metolacloro e um inibidor do fotossistema II não diferenciaram da testemunha, dados que corroboram com este trabalho. Harrison Jr e Dukes (1996), avaliando a aplicação de herbicida inibidor do fotossistema II, na cultura da batata-doce, encontraram resultados moderados de fitotoxidez para o clone W-262. Takano *et al.*, (2012), avaliando a aplicação de clomazona, na dose de 300 g.ha<sup>-1</sup>, em cultivares do feijoeiro, encontraram resultados moderados de toxidez, dados semelhantes aos encontrados na cultura da batata-doce. Os efeitos dos herbicidas aplicados em pré-emergente dependem da atividade residual no solo, podendo essa atividade sofrer influência de diversos fatores como: característica física e química do solo, temperatura, umidade, radiação solar (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005). As plantas possuem mecanismos que podem amenizar as lesões causadas pelo uso de herbicidas, destacando-se os carotenoides, enzimas antioxidantes entre outros (BUCHANAN *et. Al.*, 2001).



**Gráfico 3:** Fitotoxidez em plantas de batata-doce, aos 14, 21 e 27 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.

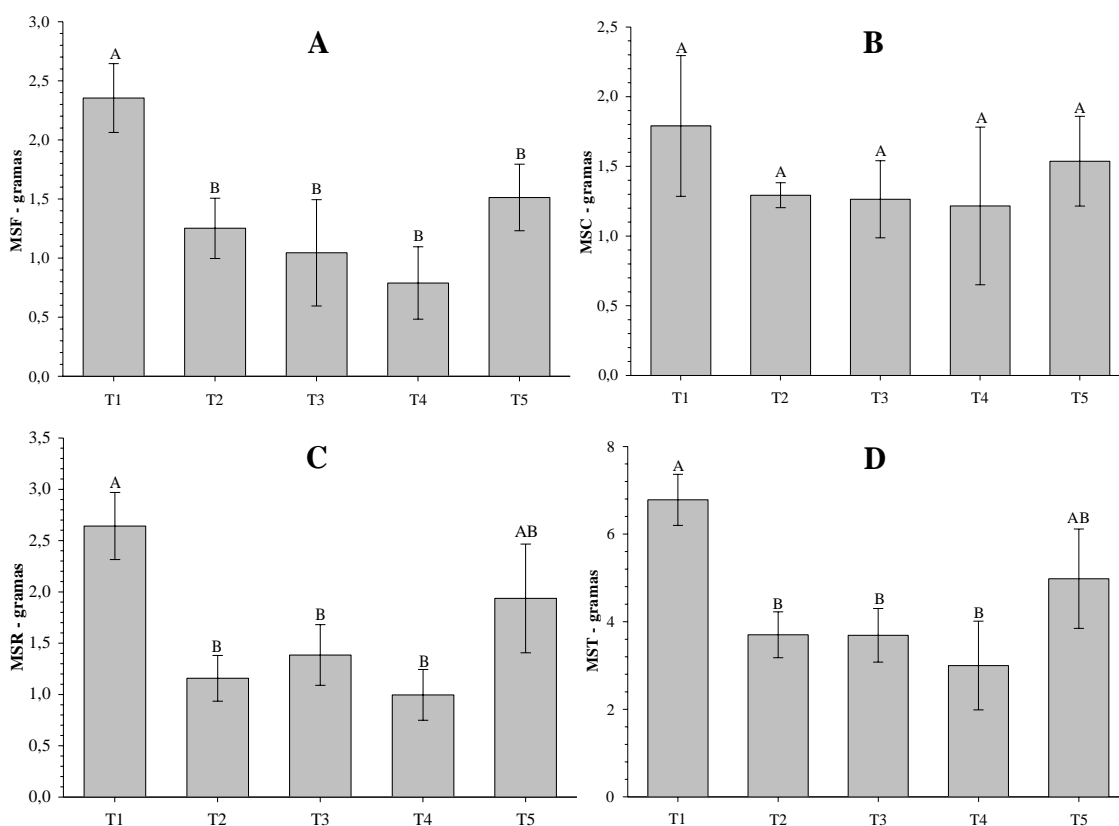
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **DAP** – Dias após o plantio. **Letras minúsculas:** tratamentos; **Letras maiúsculas:** tempos. **T1** = Testemunha; **T2** = S-metolaclo; **T3** = Clomazona; **T4** = S-metolaclo+Clomazona e **T5** = Atrazina+S-metolaclo.

### 3.2.2 Matéria seca da folha (*MSF*), matéria seca do caule (*MSC*), matéria seca da raiz (*MSR*) e matéria seca total (*MST*)

O rendimento de uma cultura decorre de vários fatores, entre eles, a produção da biomassa, assimilação de nutrientes pelas plantas e da distribuição de matéria seca entre as partes produtivas e não produtivas da planta, por isso, a aferição da matéria seca de uma determinada cultura é um indicador de grande importância para avaliação agrônômica de uma cultura (HOLE *et al.*, 1983). Na análise de variância (Tabelas 9, 10, 11 e 12 em anexo), constatou-se que houve diferença estatística em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey, para matéria seca de folha (*MSF*), matéria seca de raiz (*MSR*) e matéria seca total (*MST*), apenas matéria seca do caule (*MSC*) não diferenciou.

Nota-se, no Gráfico 4, que todos os tratamentos com aplicação de herbicida pré-emergente reduziram a *MS* das variáveis. Aos 28 dias após o plantio, foram feitas as análises de *MSF* e constatou-se que a utilização da mistura de (T5) 0,78g foi mais prejudicial, seguida pelo clomazona (T3) 1,04g, reduzindo, aproximadamente, 67 e 56%, respectivamente em comparação com a testemunha (T1), enquanto a aplicação de atrazina+S-metolaclo (T5) provocou menores danos à *MSF*. Para *MSR* e *MST*, apenas atrazina+S-metolaclo (T5) não diferenciou da testemunha, no entanto os outros herbicidas provocaram maiores lesões à batata-doce, principalmente, a mistura de S-metolaclo+clomazona (T4) que obteve as menores médias para *MSR* e *MST*. Fernandes

*et al.*, (2011), também, observaram que a aplicação de clomazona, aos 60 dias após a emergência, no feijoeiro, provocou redução na *MST*, enquanto o S-metolaclo ro não reduziu.



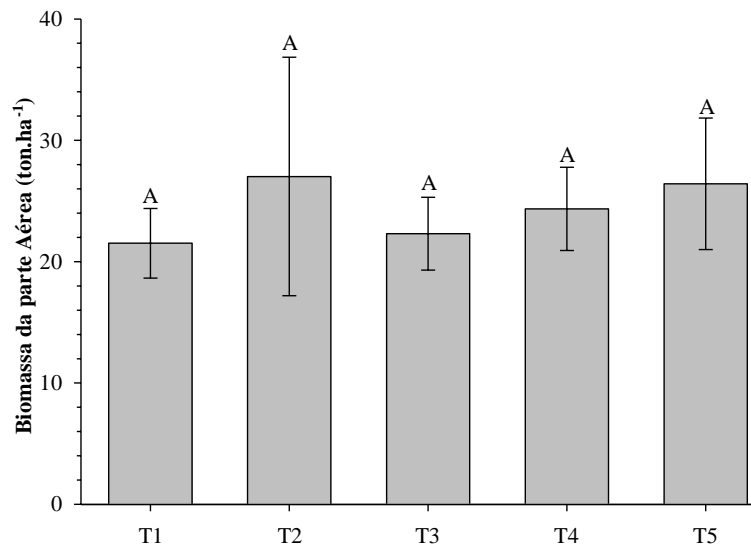
**Gráfico 4:** A = Avaliação da matéria seca da folha (MSF), B = matéria seca do caule (MSC), C = matéria seca da raiz (MSR) e D = matéria seca total (MST) de batata-doce, aos 28 dias após o plantio, sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. T1 = Testemunha; T2 = S-metolaclo ro; T3 = Clomazona; T4 = S-metolaclo ro+Clomazona e T5 = Atrazina+S-metolaclo ro.

## Experimento em campo

### 3.2.3 Biomassa total da parte aérea (ton.ha<sup>-1</sup>)

A parte aérea da batata-doce é um material que possui potencial para ser utilizado na silagem, apresentando teores proteicos, energéticos e fermentativo adequados, para alimentação dos animais, além da produção de etanol de 2º geração (VIANA *et al.*, 2011; COSTA, 2015). Para biomassa da parte aérea, as médias variaram de 21,5 ton.ha<sup>-1</sup> para testemunha (T1) a 27,0 ton.ha<sup>-1</sup> para S-metolaclo ro (T2). Abreu (2010), avaliando a biomassa da parte aérea (ton.ha<sup>-1</sup>) sob aplicação de herbicidas pré-emergentes, na cultura da mandioca, cultivar IAC576-70, observou que os herbicidas clomazona e atrazina não diferenciaram da testemunha, dados que corroboram com este trabalho. A cultura da batata-doce pode chegar a produzir até 40,4 ton.ha<sup>-1</sup> de biomassa da parte aérea (ECHER *et al.*, 2009).



**Gráfico 5:** Avaliação da biomassa da parte aérea (ton.ha<sup>-1</sup>) da batata-doce, aos 180 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.

Média seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **T1** = Testemunha; **T2** = S-metolacoloro; **T3** = Clomazona; **T4** = S-metolacoloro+Clomazona e **T5** = Atrazina+S-metolacoloro.

### 3.2.4 Teor de matéria seca da raiz tuberosa (%)

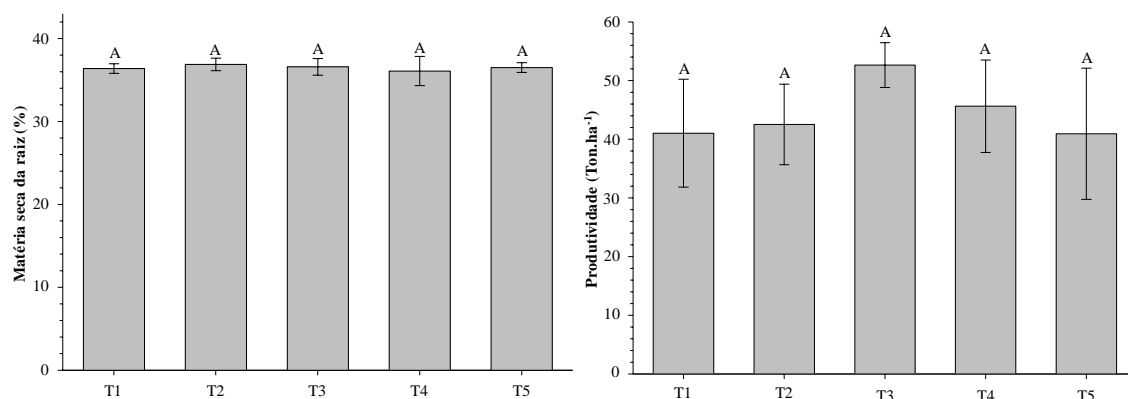
Na Tabela 14 (Anexo), verifica-se que não houve diferença estatística para teor de matéria seca da raiz tuberosa (%) em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey, em relação à aplicação de herbicidas pré-emergentes, na cultura da batata-doce.

Quantificar o teor de matéria seca da raiz tuberosa de batata-doce se torna um parâmetro agrônomo de grande importância, pois, em sua composição, estão intrínsecos 85% de carboidrato que, em sua maioria, é composto por amido que pode ser convertido em etanol (SILVEIRA, *et al.*, 2014). Observa-se, no Gráfico 6, que, para matéria seca da raiz, obteve-se variação de 36,1%, para S-metolacoloro+clomazona (T4) a 36,9%, para atrazina+S-metolacoloro (T5). Silveira *et al.*, (2014) encontraram resultado de 40,4% de matéria seca para a cultivar Duda.

### 3.2.5 Produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>)

Alguns herbicidas podem causar alguns danos e redução de produtividade na cultura sem causar efeitos visuais e outros provocam danos acentuados, mas podem permitir a recuperação plena da cultura, neste sentido, é de grande importância a aferição da produtividade de uma cultura submetida à aplicação de herbicida (SILVA *et al.*, 2003). Na Tabela 15 (Anexo), verifica-se que não houve diferença estatística, para produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>), em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey, em relação à aplicação de herbicidas pré-emergentes na cultura da batata-doce. Nota-se, no Gráfico 6, que o tratamento clomazona (T3) 52,6 ton.ha<sup>-1</sup> obteve a maior média para produtividade,

enquanto atrazina+S-metolaclo (T5) 40,9 ton.ha<sup>-1</sup> apresentou a menor média. Stephen e Shankle (2017), avaliando a produtividade de batata-doce sob aplicação de S-metolaclo, também, encontraram resultados semelhantes a este trabalho, não diferenciando da testemunha. Abreu (2010), avaliando a aplicação de herbicidas pré-emergentes, em duas cultivares de mandioca, observou que os herbicidas clomazona e atrazina também não reduziram a produtividade. KORIEOCHA *et al.*, (2011), avaliando o efeito de herbicidas, no controle de plantas daninhas, na cultura da batata-doce, encontraram resultados de produtividade semelhantes entre testemunha e atrazina+S-metolaclo, dados que corroboram com este trabalho. No Brasil, a média de produtividade de batata-doce ainda é baixa 14,072 kg.ha<sup>-1</sup>, principalmente, pela falta de informação e utilização da tecnologia pelos produtores, no entanto em cultivares que produzem até 65 ton.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2014).



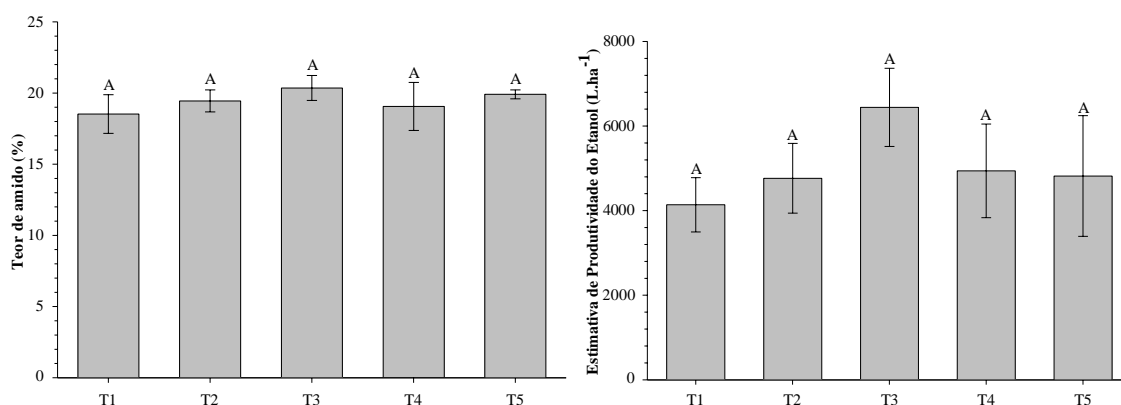
**Gráfico 6:** **A** = Avaliação do teor de matéria seca da raiz tuberosa (%) e **B** = produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>) da batata-doce, aos 180 dias, após o plantio sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **T1** = Testemunha; **T2** = S-metolaclo; **T3** = Clomazona; **T4** = S-metolaclo+Clomazona e **T5** = Atrazina+S-metolaclo.

### 3.2.6 Teor de amido (%)

O amido é o principal carboidrato de reserva produzido pelas plantas, podendo ser utilizado na indústria de alimentos, etanol e produção de plásticos biodegradáveis; possui uma característica peculiar a qual as indústrias procuram pagar mais por cultivares que possuem maior teor de amido, em vez das que possuem maior produtividade. Na Tabela 16, verifica-se que não houve diferença significativa para teor de amido em relação à aplicação de herbicidas em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Observa-se, no Gráfico 7, que houve uma variação de 18,53 a 20,35% para os tratamentos testemunha (T1) e clomazona (T3), respectivamente. SILVEIRA *et al.*, (2014), avaliando o teor de amido nas cultivares de batata-doce, desenvolvido para produção de etanol, plantadas no estado do Tocantins, encontraram teores variando de 18,8 a 30,2%, resultados

semelhantes ao encontrado neste trabalho. Abreu, (2010), avaliando o teor de amido na cultura da mandioca tratada com clomazona e herbicidas inibidores do fotossistema II, observou que esses tratamentos não diferenciaram da testemunha. **B**



**Gráfico 7:** A = Avaliação do teor de amido (%) e B = estimativa de produtividade de etanol (L.ha<sup>-1</sup>) da batata-doce sob aplicação de herbicidas pré-emergentes.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **T1** = Testemunha; **T2** = S-metolacoloro; **T3** = Clomazona; **T4** = S-metolacoloro+Clomazona e **T5** = Atrazina+S-metolacoloro.

### 3.2.7 Estimativa de produtividade de etanol (L.ha<sup>-1</sup>)

A batata-doce é uma cultura que apresenta produção de álcool superior à cana-de-açúcar (ton.ha<sup>-1</sup>), podendo produzir duas vezes mais, além disso, esta cultura pode ter até dois ciclos durante o ano (SILVEIRA, *et al.*, 2014). Verifica-se, na Tabela 17 (Anexo), que não houve diferença estatística para estimativa de produtividade do etanol entre os tratamentos. No Gráfico 7, nota-se que houve variação de 4.137 L.ha<sup>-1</sup> para testemunha (T1) a 6.441 L.ha<sup>-1</sup> para clomazona (T3). Silveira, *et al.*, 2014, avaliando a produtividade da cultivar Duda, encontraram produtividade de etanol superior (10.467 L.ha<sup>-1</sup>) a qual, na produtividade de etanol, está diretamente ligada, principalmente, à maior produtividade (65,5 ton.ha<sup>-1</sup>) e teor de amido (24,4%). A produção de etanol na cultura da batata-doce é diretamente relacionada à produção por hectare e, principalmente, ao amido que é convertido em etanol, ou seja, quanto maior o teor de amido na cultura da batata-doce maior será a produção de etanol.

## 4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados, foi possível observar que a aplicação de herbicidas reduziu o acúmulo de matéria seca aos 28 DAP. O atrazina+S-metolacoloro reduziu o Qy e clorofila total, aos 14 DAP, nas planta de batata-doce, recuperando-se na avaliação posterior, enquanto a aplicação de S-metolacoloro, clomazona e S-metolacoloro+clomazona não interferiu nessas variáveis. Os herbicidas S-metolacoloro, clomazona e S-metolacoloro+clomazona e atrazina+S-metolacoloro não interferiram, no teor de amido e



matéria seca da raiz tuberosa, biomassa da parte aérea, produtividade e estimativa de produtividade de etanol. Podemos concluir, assim, que os tratamentos estudados neste trabalho mostraram-se com potencial de utilização, para o controle de plantas daninhas de folhas largas em pré-emergente com seletividade para a cultura da batata-doce, entretanto mais estudos são necessários quanto à época de aplicação, dosagens e interação entre pré e pós.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELHAFID R.; HOUOT S.; BARRIUSO E. Dependence of atrazine degradation on C and N availability in adapted and non-adapted soils. **Soil Biology and Biochemistry**. New York, v. 32, n. 3, p. 389-401, 2000.
- ABREU M.L.; Seletividade de herbicidas à cultura da mandioca. **Dissertação – Universidade Estadual Paulista**. Botucatu/SP, p. 65, 2010.
- BARROSO, A.L.L. et al. Selectivity of preemergence herbicide treatments for cotton crop. **Bioscience Journal**, v.28, n.5, p.762- 769, 2012.
- BRIGHENTI A.M.; FORNAROLLI D.A.; OLIVEIRA JR R.S.; GAZZIERO D.L.P.; PINTO R.A. Seletividade de herbicidas aplicados em condições de pré-emergência na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.3, p. 243-248. 2000.
- BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; RUSSELL, L.J. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 1367p. 2001.
- CARDOSO AD; VIANA AES; RAMOS PAS; MATSUMOTO SN; AMARAL CLF; SEDIYAMA T; MORAIS OM. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira** 23: 911-914. 2005.
- CATUNDA, M. G.; FREITAS, S. P.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, C. M. M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 115-121, 2005.
- COSTA D.M.; Avaliação de cultivares de batata-doce quanto a produtividade, composição e aproveitamento das ramas visando a produção de etanol. **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal do Tocantins. PPGA, Palmas/TO, 2015.
- ECHER F.R.; DOMNATO J.C.; CRESTE J.E.; Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, 27: 176-182, 2009.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura da batata-doce**. Centro Nacional Pesquisa de Hortaliças. Coleção Plantar: 30. Brasília/DF. 94 p. 1995.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Anderson Carlos Marafon. Documento 168. Embrapa tabuleiro Costeiros. ISSN 1678-1953. Aracaju/SE. 29 p. 2012.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Batata-doce (*Ipomoea batatas*)** 2008, Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas/origem.html](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/origem.html)>. Acessado em: 01/03/2017.
- FERNANDES C.P.C.; BRAZ A.J.B.P.; PROCÓPIO S.O.; DAN H.A.; BRZ G.B.P.; BARROSO A.L.L.; MENEZES C.C.E.; SIMON G.A.; BRAZ L.B.P. Tolerância do feijoeiro a herbicidas aplicados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.2, p. 121-133, 2011.
- HARRISON JR. H.F.; DUKES P.D.; Sensitivity of four sweetpotato clones to metribuzin herbicide. **Hort Science**. 31(5), p. 846-847. 1996.
- HOLE, C. C.; BARNES, A.; THOMAS, T. H.; SCOTT, P. A.; RANKIN, W. E. F. Dry matter distribution between the shoot and storage root of carrot (*Daucus carota* L.). I. Comparison of varieties. **Annual Botany**, v. 51, p.175-187. 1983.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em: 02/03/2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Produção Agrícola Municipal 2016; Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2016/default\\_xls.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2016/default_xls.shtm); Acessado em: 30/01/2018.

JESUS S.V.; MARENCO R.A.; O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **REV. Acta Amazonica**. Vol. 38(4). p. 815-818. 2008.

KASOZI, G. N.; NKEDI-KIZZA, P.; LI, Y.; ZIMMERMAN, A. R. Sorption of atrazine and ametryn by carbonatic and non-carbonatic soils of varied origin. **Environmental Pollution**, v. 169, p. 12-19, 2012.

KORIEOCHA, D.S.; OGBONNA, M.C.; KORIEOCHA, J.N.; NWOKOCHA, C.C.; Effect of fluazifopbutyl and atrazine/metolachlor (tank mixed) for weed control in sweetpotato( ipomoea *batatas* ) in south eastern, nigeria. **Journal of Agriculture and Social Research (JASR)**. Vol. 11, n.1. 2011.

LORENZI H., **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: Plantio direto e convencional**. 6. Ed. Nova Odessa/SP. Instituto Plantarum. 2006.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Determinação de amido em farinha de mandioca, produtos amiláceos e outros**. 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos-metodos-da-area-pov-iqa/met-lacv-23-02-determinacao-de-amido.pdf>. Acessado em: 09/02/2018.

MAXWELL, K., JOHNSON, G.N., **Chlorophyll fluorescence a practical guide**. J. 558 Exp. Bot. 51, 659-668. 2000.

OLIVEIRA JÚNIO R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JÚNIOR R.S.; CONSTANTIN J.; INOUE M.H. (ed). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, p 141-192. 2011.

RITCHIE, G. A. Chlorophyll fluorescence: what is it and what do the numbers mean? In: RILEY, L. E.; DUMROESE, R. K.; LANDIS, T. D. (Coord.). **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations - 2005**. Fort Collins: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, p. 34-42. 2006.

RODRIGUES B. N.; ALMEIDA F.S. Guia de herbicidas. 5 ed. Londrina, PR 592p. 2005.

SAVELLI, R. A.; PADUA, T.S.; DOBRZYCKI, J. H.; CAL-VIDAL, J. Análise texturométrica e microestruturais de pães franceses, contendo farinha de batata-doce. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 30, n. 3 mar. p: 395-400. 1995.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD. 42 p. 1995.

SILVA G.S.P; Concentração de amido e estimativa de rendimento de álcool em batata-doce cultivada com diferentes fontes e doses de potássio. **Dissertação – Universidade Estadual do Centro-Oeste – PPGP**. Guarapuava, p. 51. 2013

SILVA, A. A.; SILVA, J. F.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS. 260p. 2003.

SILVEIRA, M. A.; DIAS, L. E.; ALVIM, T. C.; TAVARES, I. B.; SANTANA, W. R.; SOUZA, F. R.; DIAS, L. E.; VITAL, M. K. G. S.B“**A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de Etanol**”. Boletim técnico, UFT- Palmas, P.21-24/43-45. 2014.

SILVEIRA, M. A.; DIAS, L. E.; ALVIM, T. C.; TAVARES, I. B.; SANTANA, W. R.; SOUZA, F. R.; DIAS, L. E.; VITAL, M. K. G. S.B“**A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de Etanol**”. Boletim técnico, UFT- Palmas, P.21-24/43-45. 2014.

STEPHEN L.M.; SHANKLE M.W. An evaluation of pre-emergente metam-potassium and s-meetalachlor for yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) management in sweetpotato. **Weed Technology**, p. 436-440. 2017.

SWIADER, J.M.; MOORE, A. SPAD - chlorophyll response tonitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. *Journal of Plant Nutrition*, v. 25, p.1089-1100, 2002.

TAKANO H.K.; OLIVEIRA JR R.S.; CONSTANTIN J.; BRAZ G.B.P.; OLIVEIRA NETO A.M. DAN H.A.; GUERRA N.; OSIPE J.B.; Potencial de utilização do clomazone em cultivares de feijoeiro comum. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.2, p. 187-195, 2012.

VIANA D.J.; ANDRADE JR V.C.; RIBEIRO K.G.; PINTO N.A.V.D.; NEIVA I.P.; FIGUEIREDO J.A.; LEMOS V.T.; PEDROSA C.E.; AZEVEDO A.M.; Potencial de silagens de remas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, m.8, p. 1466-1471, 2011.

## **ARTIGO 2**

## RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DA CULTURA DE BATATA-DOCE DESENVOLVIDA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES

### RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos fisiológicos e agronômicos dos herbicidas pós-emergentes na cultura da batata-doce. O experimento foi conduzido na área experimental do LASPER da Universidade Federal do Tocantins, campus Palmas. Foram montados dois experimentos: a campo e em vasos. No experimento em campo, foi utilizado delineamento em blocos ao acaso (DBC) com uma cultivar (Duda), cinco tratamentos sendo: testemunha (capinada), atrazina+S-metolacoloro ( $3,5 \text{ L.ha}^{-1}$ ), nicossulfurom ( $1,25 \text{ L.ha}^{-1}$ ), fomesafem+fluazifope ( $1,8 \text{ L.ha}^{-1} + 1 \text{ L.ha}^{-1}$ ) e carfentrazona ( $0,75 \text{ L.ha}^{-1}$ ) e quatro repetições. Para o experimento em vasos, às análises fisiológicas, o delineamento fatorial foi  $5 \times 3$  sendo: cinco tratamentos e três tempos (14, 21 e 27 DAA) com três repetições; para as análises agronômicas em vasos, seguiu-se o delineamento do experimento a campo. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se que os tratamentos com herbicidas reduziram, significativamente, a *EUA*, *A*, *Ci*, nos períodos de 24 e 48 HAA, enquanto apenas o tratamento com carfentrazona reduziu drasticamente a *E* e  $g_s$  as 24 HAA em, aproximadamente, 73 e 88%, respectivamente, em relação à testemunha. O tratamento atrazina+S-metolacoloro não diferenciou da testemunha, para a maioria dos parâmetros agronômicos avaliados, principalmente, Produtividade ( $70,1 \text{ ton.ha}^{-1}$ ); teor de amido (17,72%) e estimativa de produtividade de etanol ( $6,554 \text{ L.ha}^{-1}$ ), mostrando que este herbicida pode ser utilizado com potencial seletivo para a cultura da batata-doce em controle de plantas de folhas largas em aplicação pós-emergentes.

**Palavras chave:** *Ipomoea batatas*, seletividade, tecnologia de plantas invasoras.

## PHYSIOLOGICAL AND AGRONOMIC RESPONSES OF CULTURE OF SWEET POTATO, DEVELOPED FOR ETHANOL PRODUCTION, IN FUNCTION OF APPLICATION OF POST-EMERGING HERBICIDES

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physiological and agronomic effects of post-emergent herbicides on sweet potato crop. The experiment was conducted in the LASPER experimental area of the Federal University of Tocantins, Palmas campus. Two experiments were set up: in the field and in pots. In the field experiment, a randomized complete block design (DBC) with one cultivar (Duda) was used, five treatments being: control (weed), atrazine + S-metolachlor (3,5 L.ha-1), nicosulfuron , 25 f.ha-1), fomesafem + fluazifop (1.8 L.ha-1 + 1 L.ha-1) and carfentrazone (0.75 L.ha-1) and four replicates. For the experiment in pots, to the physiological analyzes, the factorial design was 5x3 being: five treatments and three times (14, 21 and 27 DAA) with three replications; for the agronomic analysis in pots, the experiment was designed in the field. The means of the treatments were compared by the Tukey test at 5% probability. It was observed that herbicide treatments significantly reduced to US, A, Ci in the periods of 24 and 48 HAA, whereas only treatment with carfentrazone dramatically reduced E and gs to 24 HAA in approximately 73 and 88% , respectively, relative to the control. The treatment atrazine + S-metolachlor did not differentiate from the control, for most agronomic parameters evaluated, mainly, Productivity (70.1 ton.ha-1); (17.72%) and ethanol productivity (6,554 L.ha-1), showing that this herbicide can be used with selective potential for sweet potato crop in control of broad-leaved plants in application post-emergence.

**Key words:** *Ipomoea batatas*, selectivity, technology weeds.

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce é uma hortaliça com grande importância econômica, ocupando o segundo lugar em produtividade dentre as raízes e tubérculos cultivados no mundo, ficando atrás apenas da mandioca. Esta cultura é cultivada, em mais de 100 países, tendo como grande centro de produção o continente Asiático onde se concentra cerca de 74,8% da produção mundial, produzindo, aproximadamente, 78,6 milhões de toneladas de batata-doce. O Brasil ocupa a 18ª posição, produzindo cerca de 669 mil toneladas de batata-doce (RAY e RAVI, 2005; FAO, 2016; IBGE, 2016).

No entanto o grande problema na condução das pequenas e, principalmente, das grandes lavouras de batata-doce é o controle de plantas daninhas. Estima-se que estas plantas invasoras podem causar perdas de, aproximadamente, 40% na cultura agrícola, podendo chegar a 85% dependendo do grau de infestação, planta infestante e condições edafoclimáticas. As plantas daninhas competem, principalmente, por água, luz, espaço, nutrientes minerais, além de servir como fonte de inóculo para pragas, doenças e nematoide (LORENZI 2006; KARAM e CRUZ, 2004; OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Na cultura da batata-doce, o manejo das plantas daninhas é realizado por capina, pois não existem herbicidas registrados para esta cultura. A eliminação das plantas invasoras pelo método mecânico é muito difícil, em razão do hábito prostrado de crescimento das ramas, podendo provocar lesões nas plantas e remoção do solo das leiras, além disso, a capina é um método caro e moroso (GLAZE e HAU, 1986). Por isso, a utilização de produtos químicos no controle de plantas daninhas é mais viável, por ser mais eficiente, barato e rápido.

No controle pós-emergente de plantas de folha estreita na cultura da batata-doce, é muito utilizado o herbicida fluazifope, por ser uma molécula graminicida, no entanto, para o controle de plantas daninhas de folha larga, não existem herbicidas seletivos para esta cultura. Muitos produtores adotam a técnica do funil invertido, para proteger a planta cultivada, proporcionando controle das invasoras nas entrelinhas, sem afetar a batata-doce (MIRANDA *et al.*, 1987). Torres e Dias (2007), avaliando a aplicação de herbicida pós-emergente inibidor do fotossistema II misturado com inibidor da ACCase na batata-doce, obteve-se produtividade acima de 34 ton.ha<sup>-1</sup> para a cultivar Juana e 20 ton.ha<sup>-1</sup> para Gurabo.

Este trabalho tem o objetivo de buscar um herbicida pós-emergente de folha larga que seja seletivo à cultura da batata-doce, ou seja, que tenha a capacidade de eliminar as

espécies vegetais indesejáveis, sem prejudicar a qualidade e quantidade de raízes de batata-doce.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local e realização do experimento**

Os experimentos em campo e em vasos foram conduzidos na área experimental do Laboratório de Sistemas de Produção de Energia, a partir de Fontes Renováveis (LASPER), localizado no campus da Universidade Federal do Tocantins (UFT) Palmas - TO (220m de altitude, 10°10' de LS e 48°21' de LW). As análises laboratoriais e agronômicas também foram realizadas no LASPER.

### **Preparo do solo**

Cada experimento foi composto por uma área em campo e em vasos. A área experimental no campo foi preparada com uma aração e uma gradagem 30 dias antes do plantio. As leiras foram construídas com espaçamentos de 0,70 m e com, aproximadamente, 0,30 m de altura. Logo após o preparo do solo, foi utilizado para o enchimento dos vasos com volume de 4,5L.

As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas, de acordo com a necessidade do solo, conforme a análise de solo, Tabela 5 (Anexo). A recomendação de adubação foi realizada de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Embrapa (1995).

Foram realizadas uma adubação de plantio com 30-150-90 kg de NPK e uma de cobertura com 30-20 kg de nitrogênio e potássio, respectivamente, em campo e em vasos; o nitrogênio e o potássio foram aplicados de forma parcelada e o fósforo, em sua totalidade, aplicado no plantio. Os fertilizantes na adubação de plantio foram distribuídos e incorporados, sendo as adubações de cobertura realizadas manualmente e incorporadas ao solo com irrigações subsequentes.

### **Material vegetal**

Para a realização do experimento, foi utilizada a cultivar Duda, obtida pelo programa de melhoramento genético da Universidade Federal do Tocantins, tendo como características: colheita aos 180 dias após o plantio, produtividade média de 65,0 (ton.ha<sup>-1</sup>), teor de matéria seca de 40,4%, rendimento de até 161,04 litros de etanol por tonelada de raiz (SILVEIRA *et al.*, 2014).

### **Obtenção das ramas**



As ramas dos clones de batata-doce, utilizadas no experimento, foram coletadas adultas (dois meses plantadas), previamente selecionadas, considerando os aspectos de sanidade e vigor. Foi utilizada a parte superior e terço-médio das ramas. O comprimento de cada rama foi de 15-20 cm, contendo de três a cinco entrenós. As ramas foram retiradas com tesoura de poda.

### **Plantio, aplicação e irrigação**

O plantio das ramas de batata-doce foi realizado em dia 12/04/2017 em campo e nos vasos. A aplicação dos herbicidas pós-emergentes foram realizados 28 dias, após o plantio, por meio de pulverizador costal, com pressão mantida por CO<sub>2</sub> comprimido e monitorada por manômetro de linha, em volume de calda igual a 200 L ha<sup>-1</sup>. Foram feitas capinas, semanalmente, para que a área fosse mantida livre de plantas daninhas até o momento da colheita. A irrigação da área experimental da batata-doce foi realizada por aspersão, empregando-se 660 mm de água durante todo o ciclo.

### **Delineamento experimental**

O delineamento em campo instalado foi em blocos ao acaso (DBC). A cultivar Duda teve cinco tratamentos e quatro repetições, os tratamentos podem ser observados na Tabela 3. Cada parcela experimental foi formada por duas leiras de 0,30 X 2,10 m contendo sete plantas com espaçamento de 30 cm.

Em vasos, o delineamento para as análises agronômicas foi em blocos ao acaso (DBC), utilizando uma cultivar (Duda) e cinco tratamentos, conforme descrito na Tabela 3, já para as análises fisiológicas, foi usado o delineamento fatorial 5x3 sendo: cinco tratamentos (Tabela 3) e três tempos (24, 48 HAA e 15 DAA). Cada parcela experimental foi formada por um vaso contendo uma planta por vaso.

**Tabela 3:** Relação dos herbicidas pós-emergentes utilizados no tratamento da batata-doce.

<b>Princípio ativo</b>	<b>Mecanismo de ação (Inibidor)</b>	<b>Dose (g de i.a./ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Dose (L.ha<sup>-1</sup>)</b>
T1 = Testemunha		0	0
T2 = Atrazina + s- metolaclo	Fotossistema II + Divisão Celular	-	3,5 Lm
T3 = Nicossufurom	ALS	-	1,25 L
T4 = Fomesafem + Fluazifopee	PROTOX + ACCase	-	1,8 L
T5 = Carfentrazona	PROTOX	30g	0,75 L

<sup>1</sup>Testemunha = sem aplicação de herbicidas.

## Avaliações

As plantas em vasos foram utilizadas, para as análises de trocas gasosas, rendimento quântico da fluorescência, teor de clorofila da folha, nota de fitotoxidez e acúmulo de matéria seca (g). Já as plantas em campo foram utilizadas, para as análises de produtividade ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), teor de amido (%), teor de matéria seca (%) e rendimento de etanol. Na Tabela 4 podem ser observados os intervalos das avaliações. As condições climáticas, no mês de maio, quando foram realizadas as avaliações, para os parâmetros fisiológicos, tiveram: média de temperatura de  $27,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $65,4\%$ , precipitação de  $0,6\text{ mm}$  e radiação global de  $1445,3\text{ KJ/M}^2$  (INMET, 2017).

**Tabela 4:** Intervalos das avaliações dos herbicidas pós-emergentes.

VASOS	
Avaliações	Intervalos
Trocas gasosas	24, 48 HAA e 15 DAA
Rendimento Quântico da Fluorescência	0, 3, 6, 24, 48 HAA e 15 DAA
Teor de clorofila na folha	0, 3, 6, 24, 48 HAA e 15 DAA
Nota de fitotoxidez	0, 3, 6, 24, 48 HAA e 15 DAA
Teor de matéria seca (%)	30 DAA
CAMPO	
Produtividade ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	152 DAA
Teor de amido (%)	152 DAA
Teor de matéria seca (%)	152 DAA
Rendimento de etanol	152 DAA

**DAA** = dias após a aplicação

**HAA** = horas após a aplicação

## Descrição das avaliações

### Avaliação de variáveis fisiológicas

Para as avaliações fisiológicas, utilizou-se uma folha totalmente expandida do terço médio da rama de batata-doce, que foi identificada, antes da aplicação, sendo uma leitura por parcela. Foram avaliados parâmetros fisiológicos da cultura da batata-doce, determinando-se os índices de trocas gasosas: taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), transpiração foliar ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e temperatura foliar ( $^{\circ}\text{C}$ ). As medidas foram realizadas em dias ensolarados e sem nebulosidade. Os índices foram avaliados, utilizando-se um analisador portátil de fotossíntese por radiação infravermelha (Infra Red Gas Analyser – IRGA, modelo LCpro-SD, LI-COR). Com os índices de trocas gasosas, foram determinadas a eficiência de uso

da água ( $A/E$ ) e eficiência instantânea da carboxilação ( $A/Ci$ ). As leituras foram realizadas no período da manhã entre 9h e 12h às 24, 48 HAA e 15 DAA.

### **Rendimento quântico da fluorescência ( $Q_y$ )**

Para as medições do rendimento quântico da fluorescência, utilizou-se folha totalmente expandida do terço médio das ramas de batata-doce, que foi identificada antes da aplicação. Foi realizada uma leitura por parcela, as medições foram realizadas com a folha adaptação à luz, utilizando-se um fluorômetro portátil (PSI – Photon Systems Instruments – FluorPen FP 100), o qual emite impulsos de luzes, sendo registrados os valores de fluorescência, antes do impulso de saturação ( $F_v$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ) dando o resultado de rendimento quântico ( $Q_y$ ), as avaliações foram realizada no período da manhã entre 9h e 12h.

### **Teor de clorofila da folha**

Para a quantificação do conteúdo de clorofila, foi utilizado um clorofilômetro portátil (Soil Plant Analyzer Develop – SPAD – 502, Minolta, Japão). As leituras foram efetuadas no terço médio da rama de batata-doce em uma folha totalmente expandida. Para cada parcela, foi realizada uma leitura em uma folha totalmente expandida selecionada e marcada antes da aplicação. Os valores foram calculados pela diferença de quantidade de luz transmitida pela folha, em duas regiões de comprimento de onda (650nm e 940nm), sendo a absorção de luz pela clorofila em 650nm (SWIADER E MOORE, 2002). As leituras foram realizada no período entre 9h e 12h.

### **Nota de fitotoxidez**

Após a aplicação dos herbicidas, foram observadas alterações morfológicas, na parte aérea das plantas, avaliando os aspectos visuais: porte das plantas, coloração das folhas, desenvolvimento geral e fitotoxidez das plantas em relação à testemunha, por meio de escala de notas de 0 a 4, em que: 0 corresponde à ausência de sintomas, 1 injúria leve ou redução de crescimento com rápida recuperação, 2 injúrias moderadas ou redução de crescimento com lenta recuperação, 3 injúrias severas ou redução de crescimento não recuperável ou redução de estande e 4 corresponde à morte total das plantas (SBCPD, 1995). As avaliações das lesões, nas plantas de batata-doce, ocasionadas pela aplicação dos herbicidas foram feitas às 3, 6, 24, 48 HAA e 15 DAA.

### **Acumulo de matéria seca (g)**

Para quantificar o acúmulo de matéria seca (g) da batata-doce, foram separados folhas, ramas e raízes das plantas aos 30 DAP, posteriormente, os materiais foram colocados, para secagem em estufa de circulação de ar a 65 °C, por 72 horas. Os materiais foram retirados após este período e pesados. Novamente foram colocados na estufa por mais uma hora, sendo a operação realizada até chegar ao peso constante. Utilizou-se de uma balança analítica, com precisão de 0,0001g para fazer a pesagem da matéria seca (EMBRAPA, 2012).

#### **Teor de matéria seca para raízes tuberosas (%)**

Para a quantificação do teor de matéria seca da raiz tuberosa, aos 180 DAP, utilizaram-se 5 g de amostra fresca da raiz em cada placa de Petri. Posteriormente, as placas com amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar e com aquecimento a 105°C durante 8 horas. Logo após este período, foram retiradas e pesadas. Novamente foram colocadas na estufa e deixadas por mais uma hora. A operação foi realizada até que o peso se tornasse constante.

A quantificação do teor da matéria seca total (M.S.T.) foi calculada pela forma: **M.S.T.**

$$= \frac{\text{Peso da placa com amostra seca} - \text{peso da placa vazia} \times 100}{\text{Peso da amostra fresca sem placa}}$$

#### **Produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>)**

Para a determinação da produtividade agrícola, foi realizada a pesagem das raízes de cada parcela, tomando por base as raízes das 14 plantas constituintes. A estimativa da produtividade total foi realizada, convertendo-se os valores de cada parcela em ton.ha<sup>-1</sup>.

A quantificação da produtividade foi calculada pela forma:

$$\text{Produtividade (ton.ha}^{-1}\text{)} = \frac{10.000 \text{ m}^2 \times \text{Produtividade da parcela}}{\text{Metro quadrado da parcela}}$$

#### **Obtenção da farinha de batata-doce**

As raízes foram lavadas, descascadas e fatiadas em raladores manuais. O material resultante foi disposto para uma secagem prévia. Após a secagem prévia, o material foi colocado em bandeja, para a secagem em estufa com circulação de ar em temperatura de 55 °C, durante 72 horas. A farinha foi obtida por moagem do material desidratado, em moinho de faca com peneira de malha de 20 mm, para a seleção das partículas menores (SAVELLI *et al.*, 1995).

### **Teor de amido (%)**

Após a produção da farinha, foi determinado o teor de amido seco. Para a determinação do teor de amido das raízes de batata-doce, foi utilizado o espectrômetro de infravermelho próximo, NIR 900 PLS, marca FEMTO. A aquisição dos espectros foi dada no modo de refletância difusa ( $\log 1/R$ ), na faixa de 1100 – 2500 nm, com varreduras ocorrendo de 5 em 5 nm, por meio do software FemWin 900. A farinha foi colocada na cubeta do aparelho, onde foram realizadas as leituras e lançadas na curva padrão, a leitura foi realizada em triplicata. Após encontrados os resultados de amido no NIR, foram lançados em um fórmula para obtenção do amido úmido (MAPA, 2014).

A quantificação do amido úmido foi calculada pela forma:

$$\text{Amido em base úmido (\%)} = \frac{(100 \times \text{amido seco}) - (\text{umidade} \times \text{amido seco})}{100}$$

### **Estimativa do rendimento de etanol (L.ha<sup>-1</sup>)**

A estimativa da produção de etanol por hectare foi dada por conversão do amido ao etanol, a qual foi determinada pela quantidade de amido disponível e a produtividade por hectare adaptada de Silva (2013); para obtenção do etanol, utilizou-se a fórmula de conversão.

$$\text{PE} = (10,349 \cdot \text{CA} - 89,349) \cdot \text{PH}$$

Em que

PE – Produção estimada de etanol em L.ha<sup>-1</sup>.

10,349 – constante.

CA – concentração de amido em %.

89,349 – constante.

P – Produtividade por hectare.

### **Análise estatística**

Os dados obtidos de todas as variáveis foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as diferenças entre as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar 5.6

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Experimento em vasos**

### 3.1 Análises fisiológicas

A utilização de herbicidas, para o controle de plantas invasoras, pode desencadear uma série de reações físicas e fisiológicas que têm efeitos deletérios à cultura agrícola susceptível, no entanto, muitas vezes, os danos causados pelos herbicidas não são visíveis, deste modo, as respostas fisiológicas das culturas são parâmetros importantes utilizados para a seleção de herbicidas com potencial para aplicação (TORRES *et al.*, 2012). No Gráfico 8 podemos observar as características fisiológicas da batata-doce sob aplicações de herbicidas pós-emergentes. Nota-se, nas Tabelas (18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 em anexo) que houve diferença estatística em nível de ( $p < 0,05$ ) pelo teste Tukey, para condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), eficiência do uso da água ( $EUA$ ), fotossíntese ( $A$ ), carbono interno ( $C_i$ ) e eficiência instantânea da carboxilação ( $E_{ic}$ ), enquanto, para temperatura foliar ( $^{\circ}C$ ), não houve diferença significativa. Segundo Galon *et al.*, (2010), as análises dos parâmetros fisiológicos são precisas, pontuais e altamente influenciadas pelas condições ambientais.

#### 3.1.1 Condutância estomática ( $g_s$ )

A condutância estomática ( $g_s$ ) é um processo fisiológico que sofre influência de diversos fatores, como disponibilidade hídrica, luz,  $CO_2$  e herbicidas usados no controle de plantas daninhas (OMETTO *et al.*, 2003), além disso, interfere diretamente em outros parâmetros fisiológicos como  $A$ ,  $C_i$  e  $E$  (PAIVA *et al.*, 2005). A condutância estomática é proporcional ao número, tamanho e diâmetro de abertura dos estômatos (BRODRIBB E HOLBROOK, 2003).

Observa-se, no Gráfico 8, que houve redução da  $g_s$  para todos os tratamentos com aplicação de herbicidas, no período de 24 HAA, entretanto os tratamentos com atrazina+S-metolacoloro (T2)  $0.54 \text{ mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$  e nicossulfurom (T3)  $0.74 \text{ mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$  não diferiram da testemunha (T1)  $0.92 \text{ mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ , já o carfentrazona (T5)  $0.11 \text{ mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$  e fomesafem+fluazifope (T4)  $0.26 \text{ mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$  – ambos inibidores da enzima PROTOX, provocaram redução da  $g_s$ . No período de 48 horas, a maioria dos tratamentos com aplicação de herbicida não diferiram da testemunha, mas as médias destes tratamentos mantiveram-se menores que a testemunha (T1). Apenas o tratamento carfentrazona (T5) reduziu significativamente a  $g_s$  em relação à testemunha. Ao 15º dia após a aplicação, houve recuperação da  $g_s$  nas plantas de batata-doce tratadas com herbicidas em relação à testemunha. Wichert e Talbert, (1993) observaram redução da condutância estomática em soja às 6 horas após a aplicação do herbicida inibidor da PROTOX. Reis *et al.*, (2014), avaliando a aplicação de fomesafem+fluazifope, na cultura do girassol, também,

observaram que esse tratamento reduzia a  $g_s$ , enquanto os demais tratamentos com aplicação de herbicidas não diferenciavam da testemunha, resultados que corroboram com este trabalho. A utilização de herbicidas em plantas tolerantes e, principalmente, em susceptíveis, pode provocar a formação das espécies reativas de oxigênio (EROs), que atuam como mensageiros secundários, possibilitando o influxo de cálcio para o citossol, causando fechamento estomático, além disso, pode também provocar a formação de óxido nítrico, o qual estimula a síntese do ácido abscísico, hormônio que regula o fechamento estomático (TAIZ E ZEIGER, 2017; KERBAUY, 2008), provocando assim a redução da condutância estomática em plantas tratadas com herbicidas.

### **3.1.2 Taxa de transpiração foliar ( $E$ )**

A transpiração é um mecanismo que está envolvido, em diversas funções da planta, destacando-se no processo de fluxo de massa, o qual transporta diversas substâncias inorgânicas oriundas do solo, além disso, é utilizada para que a planta mantenha o nível de temperatura adequado, reduzindo as oscilações da temperatura nas folhas (KERBAUY, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2017). Observa-se, no Gráfico 8, que a taxa de transpiração ( $E$ ) não diferenciou da testemunha para a maioria dos tratamentos com aplicação de herbicidas, no período de 24 e 48 HAA, somente o tratamento carfentrazona (T5) obteve as menores taxas de  $E$ , nas primeiras horas de avaliações (3,81 e 0,32 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente), apresentando redução na  $E$  de, aproximadamente, 73% às 24 horas e 96% às 48 horas em comparação com a testemunha. Contudo, ao 15° DAA, as plantas tratadas com carfentrazona (T5) tiveram suas taxas de  $E$  assemelhando-se com a testemunha (T1). Reis *et al.*, (2014a), avaliando a aplicação de herbicidas inibidor da PROTOX e ALS, aos 25 dias após a aplicação, na cultura do girassol, observaram que não houve diferença dos tratamentos com herbicidas em comparação com a testemunha, corroborando com os dados deste trabalho. Camera *et al.*, (2008) avaliando a  $E$  sob aplicação de herbicida inibidor do fotossistema II, na cultura da canola, observaram que não houve diferença com a testemunha, dados estes observados na cultura da batata-doce. A presença dos herbicidas reduz a  $g_s$  nas plantas sensíveis e, muitas vezes, em plantas tolerantes, provocando diretamente redução na  $E$  (SILVA *et al.*, 2010; OLIVEIRA JUNIOR, 2011). Nota-se, no Gráfico 8, que, no geral, houve comportamento semelhante entre  $E$  e  $g_s$  nos períodos avaliados.

### 3.1.3 Eficiência do uso da água (*EUA*)

A eficiência do uso da água (*EUA*) é um parâmetro que sofre mudança, conforme a espécie e o mecanismo das plantas, sendo um indicador importante do estado fisiológico das culturas. Em condições normais, as plantas C3, como é o caso da batata-doce, apresentam *EUA* variando entre 1-3  $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$  (KERBAUY, 2008). No Gráfico 8, verifica-se que todos os tratamentos com aplicação de herbicidas reduziram a *EUA*, porém, no período de 24 horas após a aplicação (HAA), foi observado que o tratamento com nicossulfurom (T3)  $0,63 \mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$  não diferenciou da testemunha (T1)  $1,20 \mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ , enquanto os outros tratamentos reduziram a *EUA*. A aplicação dos herbicidas atrazina+S-metolaclo (T2)  $-0,33 \mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ , nicossulfurom (T3)  $0,83 \mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ , fomesafem+fluazifope (T4)  $0,73 \mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$  e carfentrazona (T5)  $-2,90 \mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ ; às 48 HAA provocou danos às plantas de batata-doce, diminuindo a *EUA* em, aproximadamente, 110,5% para o atrazina+S-metolaclo (T2), 74% para nicossulfurom (T3), 77% para fomesafem+fluazifope (T4) e 192% para carfentrazona (T5) em relação à testemunha (T1). Este decréscimo está diretamente relacionado ao estresse provocado pela aplicação dos herbicidas nas plantas de batata-doce, provocando o fechamento dos estômatos que, consecutivamente, reduzirá a transpiração e assimilação de  $\text{CO}_2$  (OLIVEIRA JUNIOR, 2011; KERBAUY, 2008). Silveira *et al.*, (2012), avaliando a *EUA*, na cultura de mandioca tratada com fomesafem+fluazifope, observaram que a aplicação desse herbicida reduziu a eficiência do uso da água na cultivar Coqueiro, enquanto o fomesafem aplicado isoladamente reduziu a *EUA* na cultivar IAC-12. Moreira (2014), avaliando a influência de diferentes herbicidas, na cultura da mandioca, também, observou que a aplicação de herbicida inibidor do fotossistema II diminuiu a *EUA*. Ao 15º dia após a aplicação (DAA), observou-se recuperação da *EUA*, para todos os tratamentos com aplicação de herbicidas, em comparação com a testemunha.

Observa-se que o tratamento com carfentrazona (T5) reduziu significativamente a *EUA*, no intervalo de 24 até 48 HAA, sendo o herbicida mais agressivo para a planta de batata-doce, nos primeiros dias de avaliação, tendo um decréscimo de, aproximadamente, 88,6%, enquanto, para os demais tratamentos, foi observada a recuperação entre o período de 24 e 48 horas para este parâmetro.

A *EUA* é um parâmetro fisiológico que está diretamente relacionado ao ganho de matéria seca, em função da quantidade de água transpirada, o qual sofre influência de diversos fatores, dentre eles a abertura estomática, pois, enquanto as plantas fazem as



trocas gasosas, a água é perdida por transpiração (CONCENÇO *et al.* 2007; SILVA *et al.*, 2007). Deste modo, pode-se observar, no Gráfico 8, uma relação direta entre  $g_s$ ,  $A$  e  $EUA$ . Verifica-se que os tratamentos atrazina+S-metolacoloro (T2), carfentrazona (T5) e fomesafem+fluazifope (T4) apresentaram as menores médias para as variáveis  $g_s$ ,  $A$  e  $EUA$  nos períodos de 24 e 48 horas

Comparando a  $EUA$  (Gráfico 8) com a  $MS$  das plantas de batata-doce, aos 30 DAA (Gráfico 11), no geral, verifica-se semelhança entre os resultados. Nos tratamentos com maior acúmulo de  $MS$  (Testemunha – T1 e Nicossulfurom – T3), foi observado também maior  $EUA$ , entretanto os tratamentos com fomesafem+fluazifope (T4) e carfentrazona (T5) provocaram maiores danos às plantas de batata-doce, refletindo diretamente em menor  $EUA$  e acúmulo de  $MS$ .

#### **3.1.4 Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A)**

A fotossíntese é um processo realizado pela planta, que utiliza moléculas inorgânicas (dióxido de carbono e água) e luz como fonte de energia para produzir ATP, NADPH e sacarose que serão utilizados para o crescimento e desenvolvimento da planta (KERBAUY, 2008). Maiores taxas fotossintéticas ( $A$  - taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>) promovem maiores taxas de fixação de carbono e crescimento da planta, podendo promover o aumento da produção de raízes de batata-doce. No Gráfico 8, nota-se uma redução significativa nas  $A$  às 24 e 48 HAA para todos os tratamentos com aplicação de herbicida em comparação com a testemunha. Plantas que são sensíveis à aplicação com herbicidas apresentam um declínio na  $A$  em poucas horas após o tratamento (LORENZI, 2006).

A atrazina+S-metolacoloro (T2), carfentrazona (T5), fomesafem+fluazifope (T4) e nicossulfurom (T3) às 24 HAA provocaram grandes danos  $A$  - 4,94, -1,65, 3,33 e 9,96  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , uma redução de, aproximadamente, 130, 110, 80 e 40%, respectivamente, na fixação de CO<sub>2</sub> em comparação com a testemunha. No período de 48 HAA, os tratamentos com aplicação de herbicidas continuaram afetando drasticamente a  $A$  em, aproximadamente, 116, 107, 46 e 14%, respectivamente, em comparação com a testemunha. Este danos provocados à cultura da batata-doce estão diretamente relacionados ao mecanismo de ação dos herbicidas, no qual o atrazina+S-metolacoloro (T2) possui molécula de herbicida que interrompe o fluxo de elétrons, provocando sobrecarga nos carotenoides e que ocasionará fotoxidação das moléculas de clorofila, reduzindo assim a  $A$ , enquanto o fomesafem+fluazifope (T4) e carfentrazona (T5) são

herbicidas que possuem moléculas inibidoras da PROTOX, enzima-chave na biossíntese da clorofila (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011; OLIVEIRA JUNIOR, 2011). A fotossíntese é, frequentemente, limitada pela disponibilidade de água, de CO<sub>2</sub> e luz, na qual esses fatores estão inteiramente interligados (KERBAUY, 2008). Como neste trabalho não houve déficit hídrico e sombreamento, acredita-se que os resultados sejam atribuídos ao efeito dos herbicidas no metabolismo da planta de batata-doce e não a outros fatores. No geral, o nicossulfurom (T3) foi o tratamento que menos afetou a planta de batata-doce, na assimilação de CO<sub>2</sub> às 24 HAA (9,96  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e 48 HAA (9,06  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), seguido do fomesafem+fluazifope – T4 (3,33 e 2,31  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), respectivamente. No entanto, aos 15 DAA, houve a recuperação da A para todos os tratamentos com aplicação de herbicida. Reis *et al.*, (2014), avaliando a aplicação de herbicidas, após 25 dias da aplicação, na cultura do girassol, também, observaram que os herbicidas inibidores da PROTOX e ALS provocaram redução na A. Resposta semelhante foi encontrada por Manabe *et al.*, (2014), avaliando aplicação de fomesafem+fluazifope na cultura do feijão. Silva Neto *et al.*, (2002), avaliando aplicação de herbicida inibidor do fotossistema II, na cultura da soja, também, observaram redução na A.

Dentre os tratamentos com herbicidas, o atrazina+S-metolacloro (T2) obteve maior recuperação para o dano de assimilação de CO<sub>2</sub> entre o período de 24 a 48 HAA, recuperando, aproximadamente, 56% da taxa fotossintética em um intervalo de 24H. Os outros tratamentos com aplicação de herbicida mostraram-se com o efeito mais duradouro no metabolismo da planta, reduzindo a taxa de recuperação da A.

A fotossíntese está diretamente ligada ao consumo de carbono interno, que, consecutivamente, está ligado à abertura estomática, pois é pelo estômato que as plantas fazem as trocas gasosas, absorvendo CO<sub>2</sub> e liberando O<sub>2</sub> (MESSINGER *et al.*, 2006). Nota-se, no Gráfico 8, uma relação direta entre as variáveis A, C<sub>i</sub> e g<sub>s</sub>, na qual a testemunha foi o tratamento que mostrou maior assimilação de CO<sub>2</sub> e g<sub>s</sub>, para os períodos avaliados, entretanto, para o C<sub>i</sub>, obteve as menores médias. Os tratamentos com aplicação de herbicidas obtiveram as menores médias para A e g<sub>s</sub>, enquanto o C<sub>i</sub> atingiu as maiores taxas. A planta, em condições normais, sem serem submetidas ao estresse, possui alta A pelo adequado funcionamento do aparato fotossintético, promovendo o consumo satisfatório do C<sub>i</sub>, no mesófilo foliar, entretanto, em plantas sensíveis à herbicida, pode ocorrer estresse ocasionado pela aplicação do produto, provocando graves problemas ao aparato fotossintético e a enzima rúbisco, diminuindo a A e aumentando as concentrações de C<sub>i</sub> (KERBAUY,2008; OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Comparando a *A* (Gráfico 8) em relação a *MST* (gráfico 11), observa-se que o tratamento atrazina+S-metolacloro (T2) foi o herbicida que mais afetou a planta de batata-doce, na assimilação de CO<sub>2</sub>, durante os primeiros dias e recuperou ao 15º dia, promovendo um aumento na fixação de CO<sub>2</sub>, resultando na não diferenciação com a testemunha em relação à *MST* aos 30 DAA. Porém o aumento de *MST* não foi observado para os tratamentos carfentrazona (T5) e fomesafem+fluazifope (T4), os quais com o atrazina+s-metolacloro (T2) tiveram as menores médias para *A*, nos primeiros dias de avaliação e, ao 15º, também, houve recuperação para *A*. Isso pode ter ocorrido pela desfolha nas plantas tratadas com inibidor da PROTOX, que diminuiu a área foliar e inibiu a síntese de clorofila, provocando diminuição na *A* e, consecutivamente, reduziu o crescimento de batata-doce. No entanto com as plantas tratadas com atrazina+S-metolacloro (T2), por terem recuperado a *A* mais rápido que os demais tratamentos com herbicidas e não mostra diferença de *MST* (Gráfico 11), aos 30 DAA, pode-se inferir que a planta de batata-doce metabolizou a molécula desse herbicida mais facilmente, reduzindo os danos causados. As plantas desenvolvem diversos mecanismos de proteção para eliminar ou reduzir os danos causados pelos estresses como as enzimas antioxidantes. Além disso, as plantas podem metabolizar a molécula de herbicidas, evitando que ela chegue até o cloroplasto (VANDERAUWERA *et al.*, 2012; UNIVERSITY OF MINNESOTA, 2009).

### 3.1.5 Taxa de carbono interno (*C<sub>i</sub>*)

O carbono, quando no interior das folhas, torna-se uma substância inorgânica de grande importância para o desenvolvimento e crescimento da planta, sendo assim, um parâmetro de grande importância fisiológica. O *C<sub>i</sub>* é um parâmetro fisiológico que pode ser influenciado por diversos fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, luz, CO<sub>2</sub> atmosférico e, principalmente, pela abertura dos estômatos que é responsável pelas trocas gasosas (OMETTO *et al.*, 2003). Verifica-se, no Gráfico 8, que os tratamentos com aplicação de herbicidas provocaram aumento da concentração de *C<sub>i</sub>*, no mesófilo foliar da batata-doce, em comparação com a testemunha. Já o tratamento com nicolsufuron (T3) não diferenciou da testemunha nos períodos de avaliações.

Às 24 HAA, a concentração de *C<sub>i</sub>* do tratamento com fomesafem+fluazifope (T4) 354,6 µmol.mol<sup>-1</sup> também não diferenciou da testemunha (T1) 312,6 µmol.mol<sup>-1</sup>. No período de 48 HAA, os tratamentos com atrazina+S-metolacloro (T2) 433 µmol.mol<sup>-1</sup>, fomesafem+fluazifope (T4) 326,6 µmol.mol<sup>-1</sup> e carfentrazona (T5) 567,3 µmol.mol<sup>-1</sup>

tiveram aumento na concentração de  $C_i$  em comparação com a testemunha (T1) 248  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$  de, aproximadamente, 43, 24 e 56 %, respectivamente. Esse aumento na concentração de  $C_i$  está diretamente ligado às lesões ocasionadas pela aplicação dos herbicidas ao aparato fotossintético, pelo fato, principalmente, do mecanismo de ação das moléculas de herbicidas. Os herbicidas provocam a formação de óxido nítrico, por meio das EROs, estimulando a síntese de atividade do ácido abscísico (ABA) – hormônio que atua regulando o fechamento estomático (MATA & LAMATTINA, 2011). Silveira *et al.*, (2012), avaliando a aplicação de fomesafem+fluazifope, em cultivares de mandioca, observou aumento do  $C_i$  para todas as cultivares avaliadas em relação à testemunha. Ao 15º DAA, houve uma redução na concentração de  $C_i$  para os tratamentos com aplicação de herbicida, não diferenciando da testemunha, ocasionado, provavelmente, pela recuperação do funcionamento do aparato fotossintético.

O consumo do  $C_i$  é inversamente proporcional à  $A$ , ou seja, quanto maior a taxa fotossintética da planta de batata-doce mais rapidamente o  $\text{CO}_2$  é consumido e menor sua concentração, no interior da folha e, quando menor a  $A$  maior, será  $C_i$  no interior das folhas (GALON, 2009). Os tratamentos atrazina+S-metolacoloro (T2) e carfentrazona (T5) apresentaram as maiores médias para concentração de  $C_i$ , às 24 HAA (426,0 e 410,3  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e às 48 HAA (433,0 e 567,3  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), respectivamente, no entanto, nestes períodos, não refletiram em maiores  $A$ . O aumento do  $C_i$ , no mesófilo foliar das plantas de batata-doce, está relacionado ao distúrbio, no aparato fotossintético ocasionado pelas moléculas de herbicidas, no qual o primeiro herbicida, principalmente, o atrazina é uma molécula que interrompe o transporte de elétrons, provocando diretamente a formação de oxigênio tripleto que ocasionará a formação de EROs que degradará a parede celular do cloroplasto, reduzindo significativamente o teor de clorofila, principal pigmento fotossintético da folha, reduzindo significativamente o consumo de  $\text{CO}_2$  no ciclo de Calvin, Já a molécula de carfentrazona é um herbicida que inibe enzima protoporfirina, principal enzima precursora da clorofila, provocando redução no pigmento fotossintético, acarretando em maior acúmulo de  $C_i$  nas folhas de batata-doce (KERBAUY, 2008; OLIVEIRA JUBIOR, 2011).

### **3.1.6 Eficiência instantânea da carboxilação ( $E_iC$ )**

A aplicação de alguns herbicidas pode provocar, diretamente, danos ao aparato fotossintético, reduzindo a atividade enzimática da ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO) e a síntese do 3-fosfoglicerato que será utilizado para

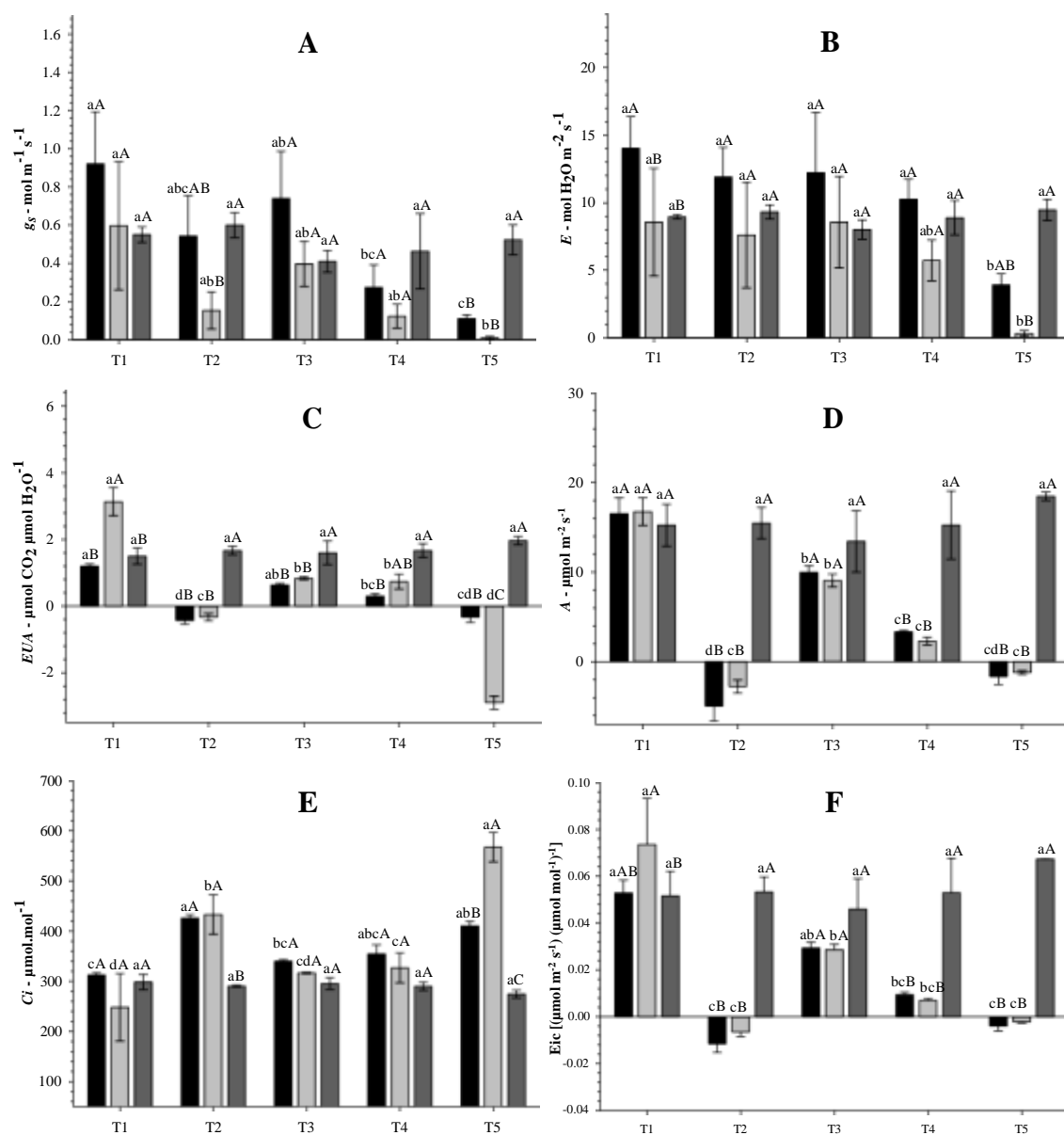
formação de glicose. Além disso, pode ocasionar aumento na taxa respiratória e fotorespiratória celular motivada pelo estresse dos herbicidas. Esses processos fisiológicos podem ser estudados considerando a eficiência instantânea da carboxilação ( $EiC$ ), que é aferida pela relação entre a taxa de assimilação líquida de  $CO_2$  e carbono interno ( $A/Ci$ ) (KONRAD *et al.*, 2005; KERBAY, 2008).

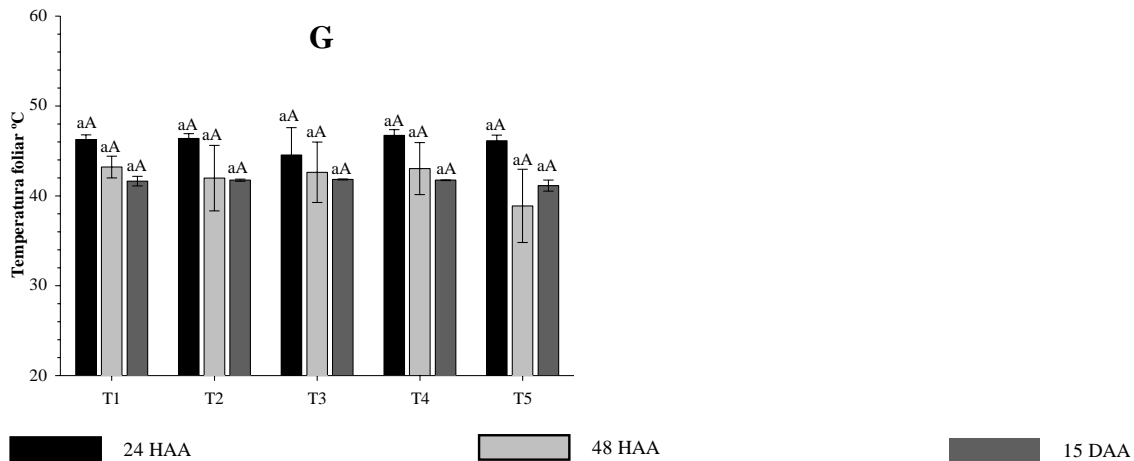
Nota-se, no Gráfico 8, que os tratamentos com aplicação de herbicidas reduziram a eficiência instantânea da carboxilação das plantas de batata-doce em comparação com a testemunha. Os herbicidas atrazina+S-metolacloro (T2) e carfentrazona (T5) foram os herbicidas que provocaram maiores danos, na eficiência instantânea da carboxilação nas plantas de batata-doce, reduzindo cerca de 120 e 107%, respectivamente às 24 HAA, enquanto às 48 HAA reduziu cerca de 108 e 102% em comparação com a testemunha (T1). Segundo Machado *et al.*, (2005), a  $EiC$  possui relação direta com  $Ci$  e  $A$ , ou seja, plantas que possuem baixa  $A$  e alta  $Ci$  de  $CO_2$  terá  $EiC$  baixa, enquanto plantas com alta  $A$  e moderada  $Ci$  de  $CO_2$  ( $250$  a  $320 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) atingiram altas  $EiC$ . O herbicida nicosulfuron (T3), no período de 24 HAA, não diferenciou da testemunha, entretanto, às 48 HAA, houve uma redução significativa para este tratamento de, aproximadamente, 61% em relação à testemunha (T1). As plantas que foram submetidas à aplicação de herbicidas reduziram a  $A$ , em razão dos danos, provocados ao aparato fotossintético, consecutivamente, houve aumento na  $Ci$  de  $CO_2$  no mesófilo foliar da batata-doce, provocando redução da  $EiC$  da RuBisCO. Segundo Larcher (2004), o aumento dos valores de  $Ci$  de  $CO_2$ , nas plantas sob estresse, possivelmente, está relacionado ao fato de o  $CO_2$  que chega às células do mesófilo não estar sendo fixado na fase bioquímica, eventualmente, provocada por restrições metabólicas no ciclo de Calvin, reduzindo então a taxa fotossintética. Contudo, ao décimo quinto dia após a aplicação dos herbicidas, houve a recuperação total das plantas de batata-doce, para a eficiência instantânea de carboxilação em que se nota uma variação de  $0,046 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \mu\text{mol}^{-1}$  a  $0,067 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \mu\text{mol}^{-1}$  para carfentrazona.

### 3.1.7 Temperatura foliar (°C)

A temperatura foliar está diretamente relacionada com a fisiologia e intensidade metabólica dos vegetais. Altas temperaturas podem afetar o aparato fotossintético das plantas C3, como é o caso da batata-doce, diminuindo a fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e aumentando a fotorrespiração; já em temperaturas inferiores a  $10^\circ\text{C}$ , a cultura da batata-doce reduz ou até mesmo interrompe o desenvolvimento

vegetativo (CONCENÇÃO *et al.*, 2007; KERBAUY, 2008; EMBRAPA 2008). Para a variável temperatura foliar ( $^{\circ}\text{C}$ ), observou-se, no Gráfico 8, que não houve diferença entre os tratamentos dentro dos tempos e tempos dentro de tratamentos, podendo-se deduzir que os processos metabólicos e fisiológicos (fotossíntese, carbono interno, transpiração e condutância estomática) das plantas não foram afetados por esta variável, pois os tratamentos não interferiram na temperatura foliar. Segundo EMBRAPA, (2008), a temperatura ideal para a batata-doce obter o máximo desenvolvimento e crescimento é acima dos  $24^{\circ}\text{C}$ , as temperaturas encontradas neste trabalho foram superiores.

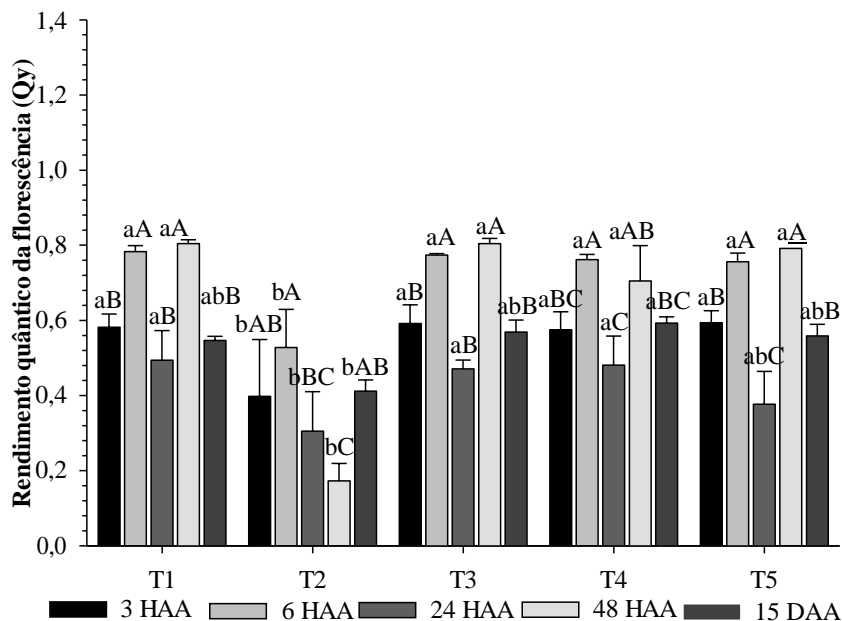




**Gráfico 8:** **A** = condutância estomática ( $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), **B** = taxa de transpiração ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), **C** = eficiência do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), **D** = taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), **E** = taxa de carbono interno ( $\mu\text{mol.mol}^{-1}$ ), **F** = eficiência instantânea de carboxilação ( $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol}^{-1})^{-1}$ ) e **G** = temperatura foliar ( $^{\circ}\text{C}$ ) da cultura da batata-doce sob influência de herbicidas pós-emergentes. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **Letras minúsculas:** tratamentos; **Letras maiúsculas:** tempos. **T1** = Testemunha; **T2** = Atrazina+S-metolacoloro; **T3** = Nicossulfurom; **T4** = Fomesafem+Fluazifope e **T5** = Carfentrazona. **HAA** – Horas Após a aplicação, **DAA** – Dias após a aplicação. **EUA** – Eficiência do uso da água ( $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ );  $^{\circ}\text{C}$  – Temperatura foliar; **A** – Taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); **Ci** – Taxa de carbono interno ( $\mu\text{mol.mol}^{-1}$ ); **E** – Taxa de transpiração ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); **g<sub>s</sub>** – Condutância estomática ( $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ).

### 3.1.8 Rendimento quântico da fluorescência ( $Q_y$ )

A análise da fluorescência é utilizada, para o entendimento dos mecanismo fotossintético, é alterada por estresses bióticos e abióticos pelos quais as plantas passam, como o estresse ocasionado pela aplicação de herbicida (CATUNDA *et al.*, 2005). A eficiência do fotossistema II (PSII), também denominada rendimento quântico ( $Q_y$ -PSII), é um conhecido parâmetro marcador de estresse (MAXWELL E JOHNSON, 2000).



**Gráfico 9:** Resposta do rendimento quântico da fluorescência ( $Q_y$ ) da batata-doce submetida à aplicação de herbicidas pós-emergentes em diferentes tempos.

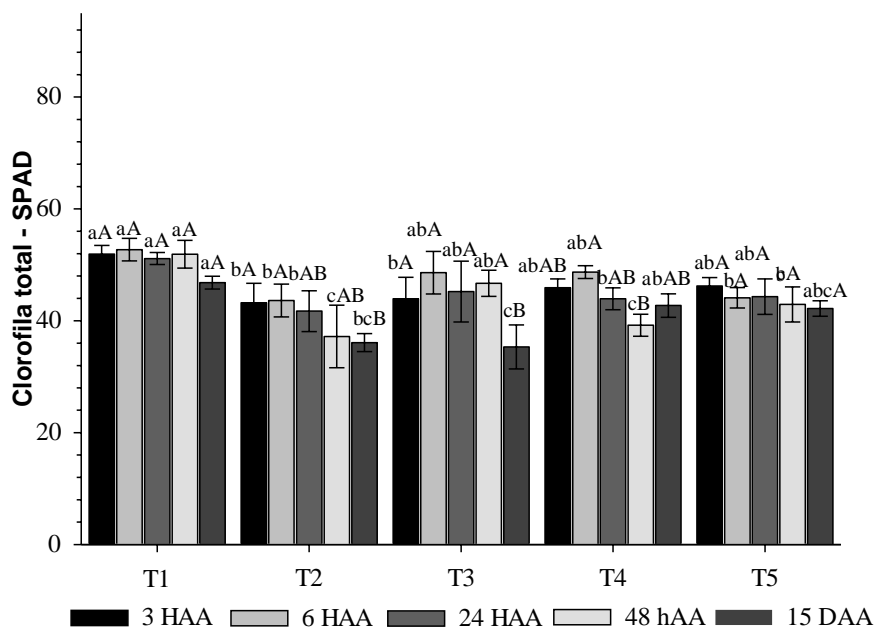
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **HAA** – Horas Após a Aplicação, **DAA** – Dias Após a Aplicação. **Letras minúsculas:** tratamentos; **Letras maiúsculas:** tempos. **T1** = Testemunha; **T2** = Atrazina+S-metolacoloro; **T3** = Nicossulfurom; **T4** = Fomesafem+Fluazifope e **T5** = Carfentrazona.

Observa-se, na Tabela 25 (Anexo), que houve diferença estatística em nível de 5% de probabilidade, para o rendimento quântico da fluorescência da clorofila ( $Q_y$ ), na cultura da batata-doce tratada com herbicidas. Plantas em condições normais apresentam um rendimento quântico entre 0,70 e 0,85, enquanto valores menores que 0,55 representam situações de estresse nas plantas (RITCHIE, 2006). Nota-se, no Gráfico 9, que os tratamentos com herbicidas provocaram uma pequena redução no  $Q_y$ , no entanto, somente o tratamento atrazina+S-metolacoloro (T2) diferenciou da testemunha (T1), em todas os períodos de avaliação, obtendo  $Q_y$  abaixo de 0,55, demonstrando que este tratamento causou maior estresse às plantas de batata-doce. Esta redução no  $Q_y$  está relacionado à molécula de herbicida atrazina, que age diretamente no fotossistema II, interrompendo o fluxo de elétrons, provocando danos ao aparato fotossintético das folhas de batata-doce e redução significativa no  $Q_y$  (OLIVEIRA JR, 2011). CAMERA *et al.*, (2008), avaliando a canola submetida à aplicação de herbicida inibidor do fotossistema II obteve redução do  $Q_y$ , dado que se assemelha ao deste trabalho.

### 3.1.9 Clorofila Total

As leituras com clorofilômetro (SPAD) analisa os teores de clorofila na folha, de maneira não destrutiva, sendo uma excelente alternativa para aferição deste pigmento fotossintético; sua escala, em valores SPAD, é proporcional ao teor de clorofila no local amostrado (KLOOSTER *et al.*, 2012). As clorofilas são pigmentos que estão diretamente relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas (JESUS e MARENCO, 2008), assim, a degradação ou a interferência, na biossíntese deste pigmento, pode ocasionar uma redução no desenvolvimento e crescimento das plantas. Na Tabela 26 (Anexo), verifica-se diferença estatística em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey para clorofila, mostrando interação entre os tratamentos e tempos.





**Gráfico 10:** Avaliação da clorofila total das folhas de batata-doce submetida à aplicação de herbicidas pós-emergentes.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **HAA** – Horas Após a Aplicação, **DAA** – Dias Após a Aplicação. **Letras minúsculas:** tratamentos; **Letras maiúsculas:** tempos. **T1** = Testemunha; **T2** = Atrazina+s-metolacoloro; **T3** = Nicossulfurom; **T4** = Fomesafem+Fluazifope e **T5** = Carfentrazona.

Observa-se, no Gráfico 10, que, no geral, houve danos aos pigmentos de clorofilas nos tratamentos com aplicação de herbicidas em comparação com a testemunha (T1). O atrazina+S-metolacoloro (T2) foi o tratamento que se mostrou mais agressivo aos pigmentos de clorofila, além disso, verifica-se que há um decréscimo, nas leituras de clorofila, ao passar do tempo após a aplicação; esse decréscimo pode ter ocorrido pelo mecanismo de ação do herbicida atrazina, já que o s-metolacoloro está diretamente envolvido com a inibição do crescimento da parte aérea (OLIVEIRA JUNIOR, 2011). A molécula de herbicida atrazina impede o fluxo de elétrons do FSII para o FSI; esse bloqueio dos elétrons provoca uma sobrecarga de energia sobre os carotenoides, ocasionando a fotoxidação das moléculas de clorofila, resultando em clorose seguida de necrose das plantas (SILVA *et al.*, 2007). Segundo Botha e Botha, plantas sob estresses apresentam menores taxas de crescimento e podem produzir menores quantidades de clorofila.

Às três horas após a aplicação, observou-se um decréscimo dos pigmentos de clorofila, para os tratamentos atrazina+S-metolacoloro (T) 43,2 e nicossulfurom (T3) 43,9, tendo uma redução de, aproximadamente, 17 e 15%, respectivamente, indicando possível dano ao aparato fotossintético. Enquanto fomesafem+fluazifope (T4) 45,9 e carfentrazona (T5) 46,2 não diferenciaram da testemunha (T1) 51,9. Às seis horas após a aplicação, apenas os tratamentos com atrazina+S-metolacoloro (T2) 43,6 e carfentrazona

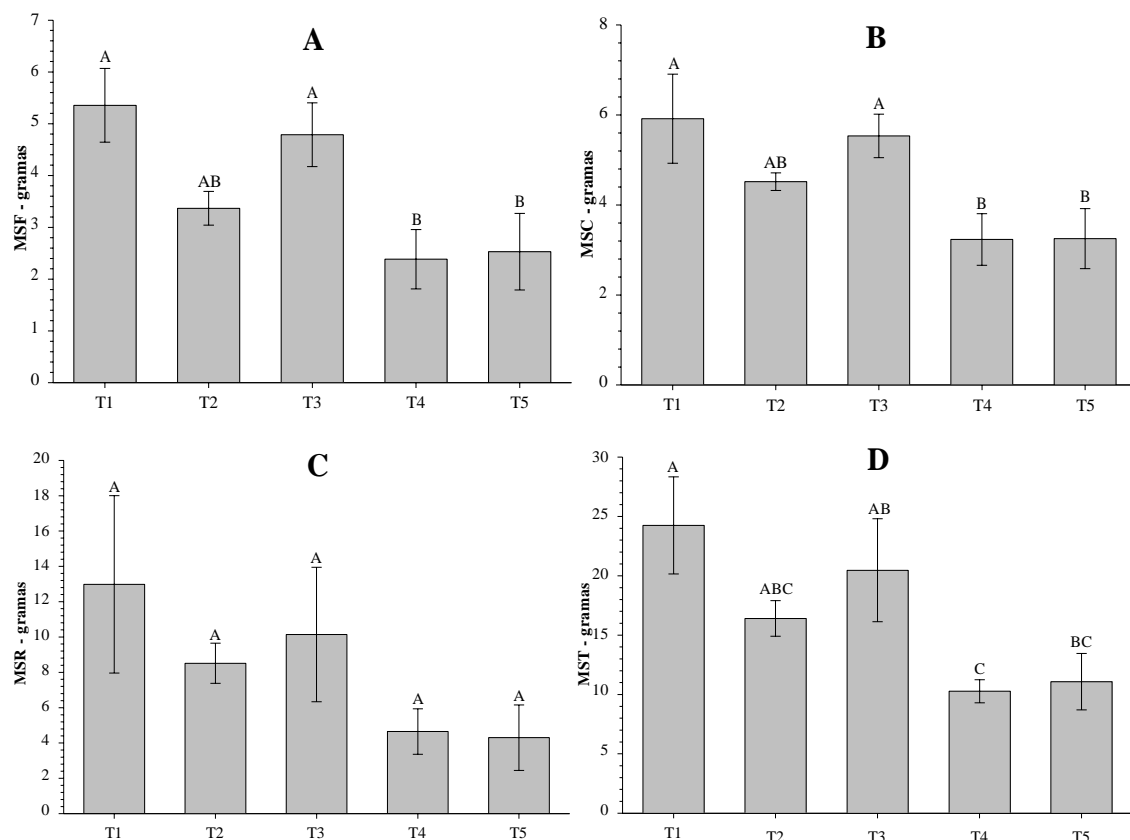
(T5) 44,1 diferenciaram da testemunha. Às 48 HAA, apenas o tratamento nicossulfurom (T3) 46,7 não diferenciou da testemunha (T1) 51,9. Já, ao 15º dia após a aplicação dos tratamentos atrazina+S-metolacloro (T2) 36,1 e nicossulfurom (T3), 45,3 apresentaram as menores médias diferenciando estatisticamente da testemunha. Segundo O'neill et al., (2006), plantas que possuem maiores teores de clorofila sob aplicações de herbicidas podem ter uma maior taxa fotossintética e produtividade.

## 3.2 Análises agronômicas

### 3.2.1 Matéria seca da folha (*MSF*), matéria seca do caule (*MSC*), matéria seca da raiz (*MSR*) e matéria seca total (*MST*)

A matéria seca (*MS*) da planta é um parâmetro que mede o acúmulo de biomassa desde a germinação até o momento da avaliação (GALON et al., 2010), sendo utilizada como um indicador de grande importância agronômica. Analisando o acúmulo de *MS* da batata-doce, aos 30 dias após a aplicação (DAA), em relação aos herbicidas pós-emergentes (Gráfico 11), observou-se, nas Tabelas 27, 28 e 29 (Anexo), que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste Tukey para as variáveis folha, rama e matéria seca total, entretanto não houve diferença para raiz.

Nota-se, no Gráfico 11, que os tratamentos nicossulfurom (T3) e atrazina+S-metolacloro (T2) não diferiram estatisticamente da testemunha (T1), os quais obtiveram as maiores médias para as variáveis analisadas: *MSF* (4,79g), (3,37g), (5,36g); *MSC* (5,53g), (4,51g), (5,91g) e *MST* (20,47g), (16,39g), (24,24g), respectivamente, sendo estes herbicidas os que provocaram menores fitos à cultura (Gráfico 12). Nogueira, (2015), avaliando a seletividade de herbicidas na *Crotalaria spectabilis*, aos 53 dias após a aplicação de nicossulfurom e um herbicida inibidor do fotossistema II, observou que não houve diferença significativa com a testemunha para *MS* entre estes tratamentos. Estes mesmos resultados também foram observados por Silva (2011) na cultura da mandioca. Godoy et al., (2007), avaliando a *MS*, aos 28 dias após a aplicação de herbicida na corda de viola (*Ipomoea grandifolia*) com cobertura de palhada de milho, obtiveram resultados variando de 5,1 g com aplicação do inibidor do fotossistema II e 9,8g para a testemunha.



**Gráfico 11:** A = avaliação da matéria seca da folha (MSF), B = matéria seca do caule (MSC), C = matéria seca da raiz (MSR) e D = matéria seca total (MST) da batata-doce aos 30 dias após a aplicação de herbicidas pós-emergentes.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. T1 = Testemunha; T2 = Atrazina+S-metolacoloro; T3 = Nicossulfurom; T4 = Fomesafem+Fluazifope e T5 = Carfentrazona. g - gramas.

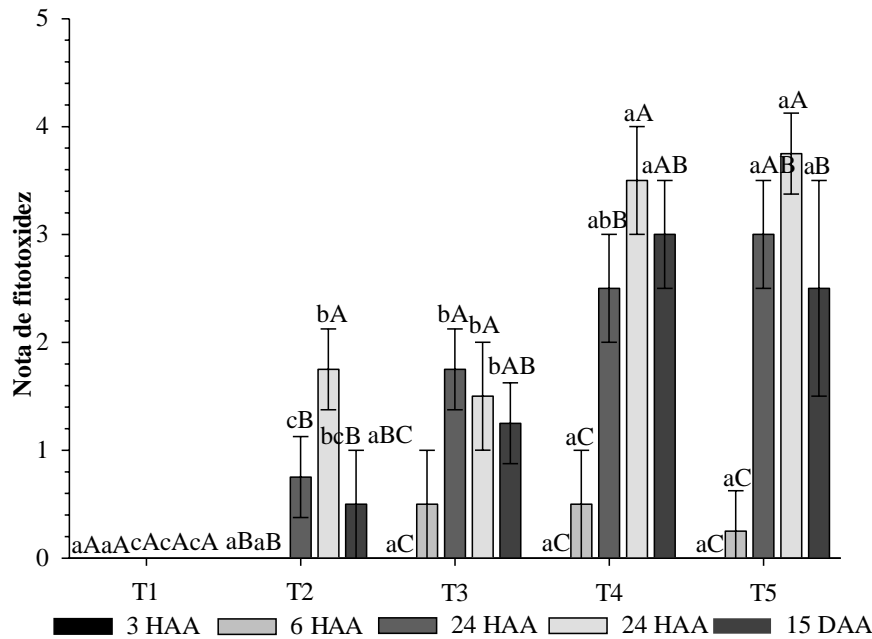
Já os tratamentos fomesafem+fluazifope (T4) e carfentrazona (T5) que possuem moléculas de herbicidas inibidoras da PROTOX tiveram as menores medias para *MSF* (2,38g), (2,53g); *MSC* (3,23g), (3,25g) e *MST* (10,26g), (11,08g), respectivamente. Provavelmente estes resultados foram ocasionados pelas graves lesões ocorridas na parte área das plantas. Segundo Jaremtchuck *et al.*, (2008), alguns herbicidas inibidores da PROTOX, aplicados isolados ou misturados com outros herbicidas, podem ser utilizados para melhorar a eficiência na dessecação em algumas culturas causando clorose, necrose e desfolha. A desfolha ocasionada pela aplicação deste herbicida foi capaz de reduzir o acúmulo de *MST* das plantas, interferindo negativamente no crescimento e no desenvolvimento. De acordo com Viana et al. (2001), a redução da parte aérea contribui para a diminuição do tecido fotossintético, prejudicando o acúmulo de carboidratos para as raízes, podendo afetar a produção final da cultura. Agostineto, (2015), avaliando a influência do carfentrazona, no acúmulo de *MS* de *Ipomoea quamoclit* e *Ipomoea hederifolia*, observou que doses maiores ou iguais a 4mL p.c. ha<sup>-1</sup> provocavam redução no acúmulo de *MS* em relação à testemunha e, nas doses de 75 mL p.c. ha<sup>-1</sup>, há uma

redução de até 75% na *MS*. A redução na *MS* na corda-de-viola sob aplicação de carfentrazona também foi observada por Sharma e Singh (2007). Já para o parâmetro *MSR*, não houve diferença entre os tratamentos, porém os tratamentos testemunha (T1), nicossulfurom (T3) e atrazina+S-metolacoloro (T2) obtiveram as maiores médias.

### 3.2.2 Nota de fitotoxidez

Segundo a análise de variância (Tabela 30 - Anexo), houve diferença significativa em nível de 5% de probabilidade para a variável nota de fitotoxidez (*NT*). Para este indicador, foi realizada a avaliação visual de lesões nas folhas e, posteriormente, foram atribuídas notas, constatando efeito fitotóxico visual, a partir das 6 HAA, para nicossulfurom (T3) 0.50, fomesafem+fluazifope (T4) 0.50 e carfentrazona (T5) 0.25.

Nota-se, no Gráfico 12, que às 24 HAA foram constatados, em todos os tratamentos com aplicação de herbicida, sintomas visuais de toxidez, variando de 0.75 para atrazina+S-metolacoloro (T2) a 3.00 para carfentrazona (T5), perdurando essas lesões até o 15º dia. Os herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase – PROTOX (carfentrazona – T5 e fomesafem+fluazifope – T4) apresentaram as maiores evidências de fito para batata-doce, causando redução na produção de *MST* (Gráfico 11). A manutenção dos altos valores de toxidez visual na batata-doce, para os tratamentos fomesafem+fluazifope (T4) e carfentrazona (T5), pode ser explicada pelo fato dos herbicidas inibidor da PROTOX apresentarem longo efeito residual no solo, além de ser inibidor da enzima precursora da clorofila (SILVA, *et al.*, 2007; OLIVEIRA JUNIOR, 2011). As plantas de batata-doce tratadas com as moléculas de herbicidas inibidor da PROTOX apresentavam sintomas de clorose, necrose no tecido foliar, levando algumas plantas à morte. Resultado semelhante foi relatado por Silva *et al.* (2011), avaliando cinco cultivares de mandioca submetidos a crescentes doses da mistura entre o fomesafem e fluazifope-p-butil. Segundo Silva *et al.*, (2012), a fitotoxidez em plantas dicotiledônea pela aplicação do herbicida Fomesafem+Fluazifope é causada, principalmente, pela molécula do fomesafem (PROTOX), já que a molécula de fluazifope (ACCase) possui amplo controle de gramíneas em pós-emergente.



**Gráfico 12:** Fitotoxidade em plantas de batata-doce às 3, 6, 24 e 48 horas e 15 dias após a aplicação de herbicidas pós-emergentes.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **HAA** – Horas Após a Aplicação, **DAA** – Dias Após a Aplicação. **Letras minúsculas:** tratamentos; **Letras maiúsculas:** tempos. **T1** = Testemunha; **T2** = Atrazina+S-metolacloro; **T3** = Nicossulfurom; **T4** = Fomesafem+Fluazifope e **T5** = Carfentrazona.

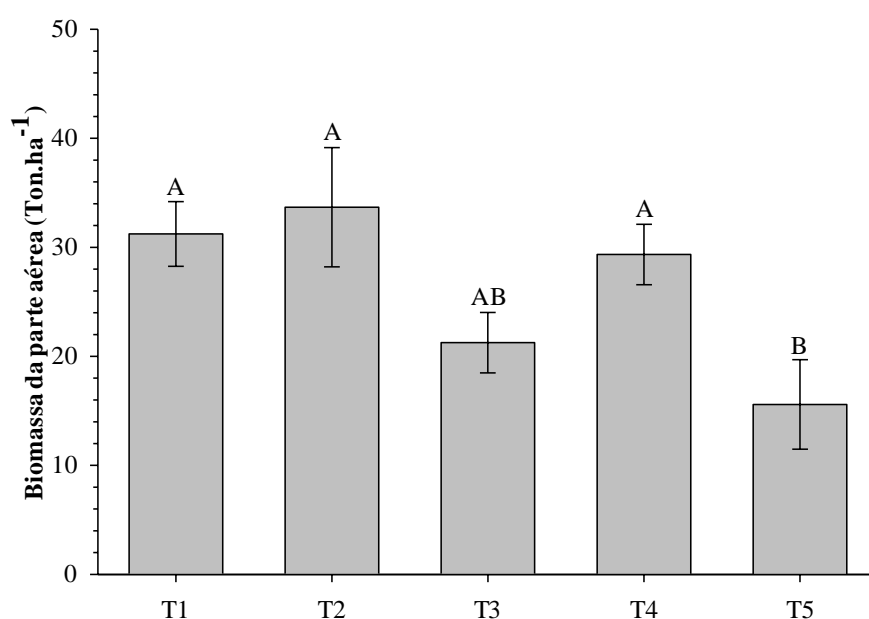
Os herbicidas atrazina+S-metolacloro (T2) e nicossulfurom (T3) apresentaram moderadas lesões na cultura da batata-doce em comparação com os demais tratamentos, variando de 0,75 a 1,75 e 0,50 a 1,75, respectivamente, obtendo as maiores médias para as *MSF*, *MSC*, *MSR* e *MST* (Gráfico 11). Peter *et al.*, (2013), avaliando a fitotoxidez de herbicida inibidor da ALS na batata-doce, obtiveram resultados moderados de fitotoxidez. Ferreira *et al.*, (2015) também encontraram resultados moderados de fito, para a cultura da mandioca, usando o nicossulfurom Já Harrison JR e Dukes (1996), avaliando a seletividade de clones de batata-doce sob aplicação de herbicida inibidor do fotossistema II, observaram que o clone Tinian teve lesões leves de fitotoxidez.

## Experimento em campo

### 3.2.3 Biomassa total da parte aérea (ton.ha<sup>-1</sup>)

A biomassa da parte aérea (rama e folhas) da batata-doce possui potencial para produção de etanol, podendo aumentar a produtividade por hectare de etanol, além disso, pode ser utilizada como alimento para os animais tanto na forma fresca ou silagem (BARREIRA, 1986; COSTA, 2015). Verifica-se, no Gráfico 13, que a biomassa da parte aérea da batata-doce tratada com atrazina+S-metolacloro (T2), fomesafem+fluazifope (T4) e nicossulfurom (T3) não diferenciou da testemunha (T1), apresentando

produtividade de 33,7; 29,3; 21,2 e 31,2 ton.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Entretanto o tratamento carfentrazone (T5) obteve a menor média, para este parâmetro (15,6 ton.ha<sup>-1</sup>), em razão da desfolha provocada pelo princípio ativo do herbicida. Silva *et al.*, (2011), avaliando a biomassa da parte aérea da mandioca, ao 35 dias após a aplicação do fomesafem+fluazifope, obtiveram resultados semelhantes ao da testemunha para as variedades Coqueiro, Cacau UFV, Platina e Coimbra. Já Monteiro *et al.*, (2012), avaliando o efeito do herbicida inibidor do fotossistema II, na biomassa da parte aérea do feijão-caupi, ao 55 dias após o plantio, também, obtiveram resultado semelhante ao da testemunha, porém, quando foi avaliada a aplicação do s-metolacoloro, o efeito foi mais lesivo.

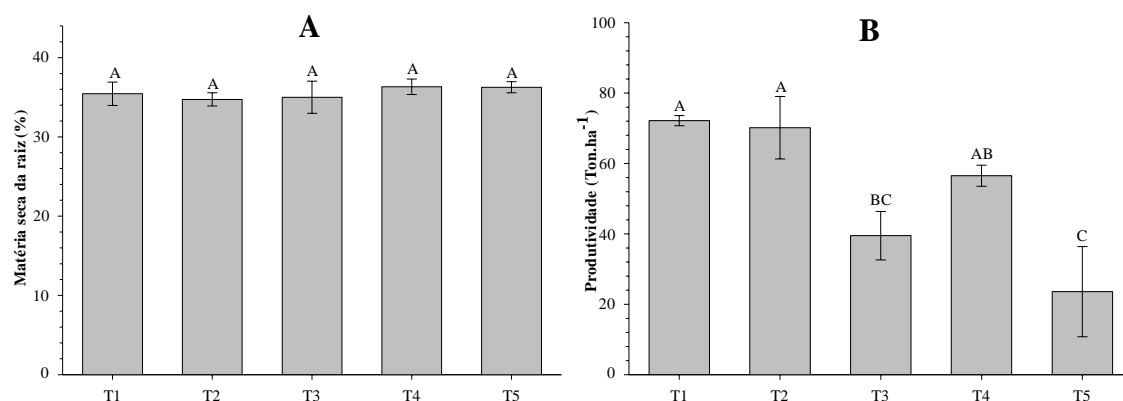


**Gráfico 13:** Avaliação da biomassa da parte aérea (ton.ha<sup>-1</sup>) da batata-doce sob aplicação de herbicidas pós-emergentes aos 180 dias após o plantio.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **T1** = Testemunha; **T2** = Atrazina+S-metolacoloro; **T3** = Nicossulfurom; **T4** = Fomesafem+Fluazifope e **T5** = Carfentrazone.

### 3.2.4 Matéria seca da raiz tuberosa (%)

Verifica-se, no Gráfico 14, que o teor da matéria seca da raiz tuberosa entre os tratamentos variou de 34,7% para atrazina+S-metolacoloro (T2) a 36,3% para fomesafem+fluazifope (T4). Segundo Silveira *et al.*, (2014), o teor de matéria seca das cultivares desenvolvidas para produção de etanol, no estado do Tocantins, varia de 28,56% a 40,8%, resultados semelhantes ao encontrados neste trabalho.



**Gráfico 14:** **A** = avaliação do teor de matéria seca da raiz tuberosa (%) e **B** = produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>) da batata-doce sob aplicação de herbicidas pós-emergentes após 180 dias do plantio.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **T1** = Testemunha; **T2** = Atrazina+S-metolacoloro; **T3** = Nicossulfurom; **T4** = Fomesafem+Fluazifope e **T5** = Carfentrazona.

### 3.2.5 Produtividade (ton.ha<sup>-1</sup>)

Nota-se, no Gráfico 14, que, para produtividade de batata-doce, obteve variação de 23,6 ton.ha<sup>-1</sup> para Carfentrazona (T5) a 72,2 ton.ha<sup>-1</sup> para testemunha (T1), no entanto os tratamentos com aplicação de atrazina+S-metolacoloro (T2) e fomesafem+fluazifope (T4) não diferenciaram da testemunha (T1), tendo uma produtividade média de 70,1; 56,5 e 72,2 ton.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A produtividade média de batata-doce, no estado do Tocantins, varia de 32,17 ton.ha<sup>-1</sup> a 65,5 ton.ha<sup>-1</sup> dependendo da cultivar (SILVEIRA *et al.*, 2014). Segundo OLIVEIRA JUNIOR, (2011), no geral, a aplicação de herbicidas tem a finalidade de promover o controle de plantas daninhas, mas também pode provocar danos à cultura agrícola susceptível, diminuído a produtividade no final do ciclo.

O carfentrazona (T5) foi o tratamento que diminuiu significativamente a produtividade (23,6 ton.ha<sup>-1</sup>) e a biomassa da parte aérea (15,6 ton.ha<sup>-1</sup>) da batata-doce, reduzindo, aproximadamente, 67% para produtividade e 50% para biomassa da parte aérea em relação à testemunha. Essas reduções podem ter sido ocasionadas, principalmente, pela desfolha das plantas, provocando redução na parte aérea e, consecutivamente, afetando a taxa fotossintética e a translocação dos assimilados. Stephen *et al.*, (2014), avaliando a aplicação de herbicida inibidor da PROTOX em batata-doce também observaram desfolha e diminuição da produtividade nas cultivares avaliadas. Segundo Bertoncello *et al.*, (2011), a desfolha em plantas pode provocar redução drástica na produtividade e interferir diretamente na distribuição de fotoassimilados dentro da planta, porém sua recuperação depende do grau da desfolha e da época de desenvolvimento da cultura a que foram submetidos aos danos. Aos 15° dias após a aplicação do carfentrazona (T5), foi observada a formação de folhas novas, o que

acarretou na recuperação dos parâmetros fisiológicos (Gráfico 8), não diferenciando da testemunha, nesse período da avaliação, no entanto a recuperação destes indicadores, ao 15º dia, não foi suficiente para aumentar a produtividade e a biomassa total da parte aérea. Os herbicidas inibidores da PROTOX, quando em contato com a folha, apresentam pouca seletividade para a cultura, contudo as folhas novas que saem não são afetadas (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

O nicossulfurom (T3), apesar de ter apresentado resultados fisiológicos (Gráfico 8) superiores aos tratamentos com aplicação de herbicida às 24 e 48 horas e, posteriormente, aos 15º dias após a aplicação, ter equiparado as médias com os demais tratamentos, obteve redução significativa de produtividade 39,5 ton.ha<sup>-1</sup> e reduziu em, aproximadamente, 10 toneladas de biomassa da parte aérea (gráfico 13) em comparação com a testemunha (T1). Esta redução pode ter sido ocasionada pela formação de clorose nas folhas a qual perdurou até aproximadamente o terceiro mês, o que ocasionou redução na quantidade de clorofila e, consecutivamente, na taxa fotossintética, além disso, a aplicação deste herbicida na batata-doce provocou superbrotamento da parte superior, o que pode também ter interferido na produtividade, fazendo com que as plantas vegetassem em vez de produzirem biomassa para a parte comercial. Peter *et al.*, (2013) obtiveram produtividade de 15,51 ton.ha<sup>-1</sup> de batata-doce tratada com herbicida inibidor da ALS. Segundo Oliveira Junior, (2011), a aplicação de nicossulfurom em plantas susceptíveis inibe a ALS enzima-chave na rota da biossíntese de aminoácidos (valina, leucina e isoleucina) importantes, para a manutenção e desenvolvimento das plantas, a qual provoca clorose, encarquilhamento das folhas e inibe o crescimento.

Observa-se, nos Gráficos 8 e 14, que o tratamento atrazina+S-metolacoloro (T2) obteve características contrárias às do nicossulfurom (T3). Enquanto os indicadores fisiológicos (Gráfico 8) do nicossulfurom eram superiores em relação à atrazina+S-metolacoloro (T2), nas primeiras horas, a produtividade (Gráfico 14), no final do ciclo da batata-doce, foi maior para o tratamento com atrazina+S-metolacoloro (T2) do que para nicossulfurom (T3), apresentando produtividade semelhante à da testemunha (T1). Algumas espécies são especialmente adaptadas para fazer o processo de destoxificação e assimilação de moléculas de herbicidas, além disso, o atrazina+S-metolacoloro é um herbicida utilizado no controle de plantas daninhas precoce, o qual foi aplicado na batata-doce, aos 28 dias após o plantio, em razão deste manejo à planta poder ter metabolizado a molécula desse herbicida mais facilmente em comparação com os demais herbicidas

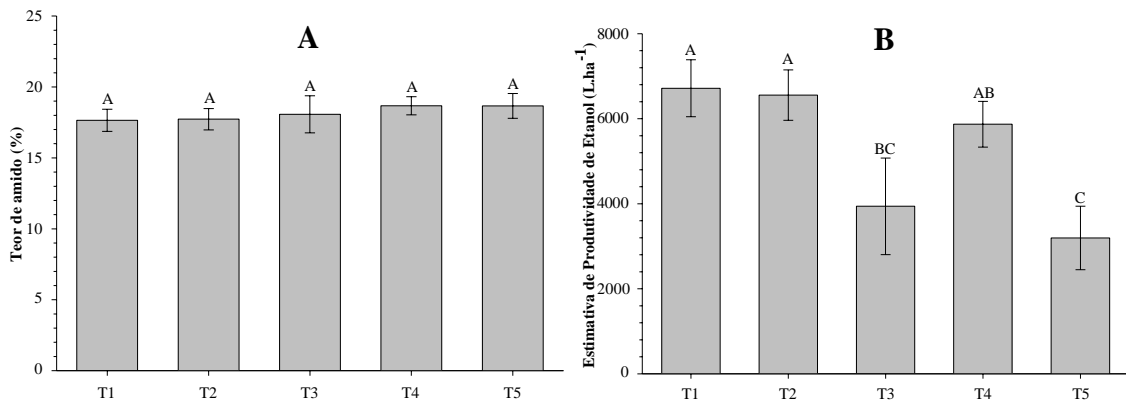


(BRENNECKE *et al.*, 2017; UNIVERSITY OF MINNESOTA, 2009; TAIZ e ZEIGER, 2017; ADAPAR, 2016).

Korieocha *et al.*, (2011), avaliando o efeito de atrazina+S-metolaclopro no controle de plantas daninhas, na cultura da batata-doce no sudeste da Nigéria, observaram que, conforme aumentavam a dosagem do herbicida (1.5, 2.5 e 3.5 kg ia/ha), diminuía a produtividade (39.1, 28.9 e 25.1 ton.ha<sup>-1</sup> respectivamente), porém a dosagem de 1,5 kg i.a/ha<sup>-1</sup> não diferenciou da testemunha (39,2 ton.ha<sup>-1</sup>). Coleman *et al.*, (2016), avaliando a influência de herbicidas na produtividade da batata-doce obtiveram resultados semelhantes ao da testemunha com a aplicação de S-metolaclopro em pós-emergente. Já Torres e Dias (2007), avaliando a influência do herbicida inibidor do fotossistema II (ametryne) misturado com inibidor da ACCase (sethoxydim) na batata-doce obtiveram produtividade acima de 34 t/ha para a cultivar Juana e 20 t/ha para Gurabo.

### **3.2.6 Teor de amido (%)**

O amido é um polímero que tem sido muito estudado nas últimas décadas como possível alternativa para produção de etanol, por sua grande capacidade de conversão em açúcares. Na Tabela 34 (Anexo), podemos observar que o teor de amido não sofreu diferença sob aplicação das moléculas de herbicidas em nível de 5% pelo teste Tukey. Nota-se, no Gráfico 15, que existe um pequeno incremento no teor de amido, para os tratamentos com aplicação de herbicidas variando de 17,72 a 18,67% para os tratamentos atrazina+S-metolaclopro (T2) e fomesafem+fluazifope (T4), respectivamente, enquanto, na testemunha (T1), o teor de amido foi de 17,64%. Os teores de amido, encontrados neste trabalho, foram semelhantes aos encontrados por SILVEIRA *et al.*, (2014), aproximadamente, 18,8% em comparação com a cultivar Izabela, todavia a cultivar Duda tem um teor de 24% de amido. Este decréscimo no teor de amido pode estar relacionado ao genótipo X ambiente, pelo fato de o plantio ter sido realizado na estiagem, em que se encontram temperaturas mais elevadas, provocando menor taxa fotossintética e maiores taxas de respiração e fotorrespiração, fazendo com que os órgãos de armazenamento, em algum momento, passem de dreno para fonte (TAIZ E ZEIGER, 2017). ABREU, (2010), avaliando a influência da aplicação do herbicida fomesafem e um inibidor do fotossistema II, no teor de amido da cultura da mandioca, observou, também, que não houve diferença desses tratamentos com a testemunha.



**Gráfico 15:** **A** = Teor de amido (%) e **B** = estimativa de produtividade de etanol (L.ha<sup>-1</sup>) sob aplicação de herbicidas pós-emergentes.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de significância. **T1** = Testemunha; **T2** = Atrazina+S-metolacoloro; **T3** = Nicossulfurom; **T4** = Fomesafem+Fluazifope e **T5** = Carfentrazona.

### 3.2.7 Estimativa de produtividade de etanol (L.ha<sup>-1</sup>)

No Gráfico 15, observa-se que o tratamento com atrazina+S-metolacoloro (T2) não diferenciou da testemunha (T1), para estimativa de produtividade de etanol, os resultados de produtividade de etanol estão diretamente relacionados ao teor de amido presente nas raízes tuberosas (Gráfico 15) e produtividade de batata-doce (Gráfico 14), no entanto o tratamento com carfentrazona (T5) obteve a menor estimativa para produtividade de etanol (3.191 L.ha<sup>-1</sup>), provocado pelo decréscimo na produtividade por hectare. Segundo Silveira *et al.*, (2014), a produtividade de etanol da cultivar Duda pode chegar a 10.467 L.ha<sup>-1</sup>, no entanto os resultados encontrados por Silveira *et al.*, (2014) foram superiores a este trabalho pela maior concentração de amido encontrada nas raízes tuberosas (24,4%), sendo este polissacarídeo convertido em etanol.

## 4 CONCLUSÃO

Foi possível observar redução nas variáveis fisiológicas *EUA*, *A*, *Ci*, *g<sub>s</sub>*, *E*, na cultura de batata-doce sob aplicação de herbicida, nos primeiros intervalos de avaliação, todavia a intensidade desse efeito variou conforme o herbicida aplicado. O carfentrazone foi o herbicida que provocou maiores danos aos mecanismos fisiológicos e agrônômicos das plantas, reduzindo, significativamente, a produtividade de batata-doce e estimativa de produtividade de etanol, no entanto o teor de amido e matéria seca das raízes tuberosas não reduziu com a aplicação desse herbicida. Já a aplicação de atrazina+S-metolacoloro reduziu significativamente as trocas gasosas na cultura da batata-doce, às 24 e 48 horas após a aplicação, todavia a matéria seca e teor de amido da raiz tuberosa, produtividade, estimativa de produtividade de etanol, biomassa da parte aérea não foram influenciadas pela aplicação desse herbicida. Com base nos parâmetros avaliados, pode-se concluir que

o tratamento atrazina+S-metolacloro mostrou-se com potencial de utilização para o controle e plantas daninhas de folhas largas com seletividade para a cultura da batata-doce, entretanto mais estudos são necessários com relação à época de aplicação, dosagens e interação entre pré e pós.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU M.L.; Seletividade de herbicidas à cultura da mandioca. **Dissertação – Universidade Estadual Paulista**. Botucatu/SP, p. 65, 2010.

ADAPAR. **Bula Primestra Gold**, 2016. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/primestragegolddez2016.pdf>. Acessado em: 07/02/2018

AGOSTINETO M.C.; Efeito de características da calda e estágio de corda-de-violão na eficácia de carfentrazone-ethyl e saflufenacil. **Dissertação – Universidade do Estado de Santa Catarina – PPGPV**. Centro de Ciências Agroveterinária. Lages/SC, p. 96. 2015.

BARREIRA, P. Batata-doce: uma das doze mais importantes culturas do mundo. São Paulo: **Editora Ícone**. 91p. 1986.

BERTONCELLO T.F.; LIMA JUNIOR I.S.; MELO E.P.; FONSECA P.R.B.; DEGRANDE P.E.; Desfolha artificial simulando danos de pragas no cultivo de arroz de sequeiro de casa de vegetação. **Ver. Acad., Ciências Agrária ambiental**. Curitiba, v. 9, n.1, p. 33-39. 2011

BOTHA, F.C.; BOTHA, P.J. The effect of water stress on the nitrogen metabolism of two maize lines. II. Effects on the rate of protein synthesis and chlorophyll II content. **Physiology and Biochemistry of Field Crops**, v.1, n.2, p.179-183, 1979.

BRENNECKE K.; BERTIPAGLIA L.M.A.; CATANEO J.V.F.; ANDREATTA W.V.; Controle químico e efeito de hormese em plantas. **Boletim Técnico da Universidade Brasil, Departamento de Produção Animal**, 23. p. 14, 2017.

BRODRIBB, T. J.; HOLBROOK, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiol.**, v. 132, n. 4, p. 2166-2173, 2003.

CAMERA A.S.; DURIGON M.M.; CECHIN J.; TOMM G.O.; VARGAS L.; LAMAS JUNIOR G.L.C.; **Herbicidas triazinas sobre a fisiologia e acúmulo de matéria seca em canola resistente**, 171-177.2008

CATUNDA, M. G.; FREITAS, S. P.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, C. M. M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 115-121, 2005.

COLEMAN L.B.; CHAUDHARI S.; JENNINGS K.M. SCHULTHEIS J.R.; STEPHEN L.; MONKS D.W. Evaluation of Herbicide Timings for Palmer Amaranth Control in a Stale Seedbed Sweetpotato Production System. **Rev. Weed Technology**, p. 725-732. 2016.

CONCENÇO, G. et al. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007.

COSTA D.M.; Avaliação de cultivares de batata-doce quanto a produtividade, composição e aproveitamento das ramas visando a produção de etanol. **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal do Tocantins. PPGA, Palmas/TO, 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura da batata-doce**. Centro Nacional Pesquisa de Hortaliças. Coleção Plantar: 30. Brasília/DF. 94 p. 1995.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Anderson Carlos Marafon. Documento 168. Embrapa tabuleiro Costeiros. ISSN 1678-1953. Aracaju/SE. 29 p. 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Batata-doce (*Ipomoea batatas*)** 2008, Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas\\_origem.html](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas_origem.html)>. Acessado em: 01/03/2017.

- FERREIRA E.A.; MATOS C.C.; BARBOSA E.A.; SILVA D.V.; SANTOS J.B.; PEREIRA G.A.M.; FARIA A.T.; SILVA C.T.; Resposta fisiológicas da mandioca à aplicação de herbicidas. **Ciências Agrárias**. Londrina, v.36, n.2, p. 645-656, 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO; Compare Date Sweet Potatoes 2016; disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>; acessado em: 30/01/2018.
- GALON, L.; FERREIRA F.A.; SILVA A.A.; CONCENÇO G.; FERREIRA E.A.; BARBOSA M.H.P.; SILVA A.F.; ASPIAZÚ I.; FRANÇA A.C.; TIRONI S.P.; SOARES E.R., Influencia de herbicidas na atividade fotossintética de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 591-597, 2010.
- GALON, L.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; BARBOSA, M. H. P.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FRANÇA, A. C. e TIRONI, S. P. Influência de herbicidas na atividade fotossintética de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.27, n.3, p. 591-597, 2009.
- GLAZE, N.C.; HAU, M.R. The effects of herbicides on weed control and yield of sweet potato. In: ANNUALMEETING SOUTHERN WEED SCIENCE, 39, s. 1. 1986. Proceedings. s.1. Weed Science e Society, p.172. 1986.
- GODOY, M.C.; MESCHEDÉ, D.K.; CARBONARI, C.A.; CORREIA, M.R.; VELINI, E.D.; EFEITO DA COBERTURA MORTA DE MILHETO (*Pennisetum americanum*) SOBRE A EFICÁCIA DO HERBICIDA METRIBUZIN NO CONTROLE DE *Ipomoea grandifolia* E *Sida rhombifolia*. **Ver. Planta Daninhas**. Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p. 79-86. 2007.
- HARRISON JR. H.F.; DUKES P.D.; Sensitivity of four sweetpotato clones to metribuzin herbicide. **Hort Science**. 31(5), p. 846-847. 1996.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em: 02/03/2018.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Produção Agrícola Municipal 2016; Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2016/default\\_xls.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2016/default_xls.shtm); Acessado em: 30/01/2018.
- JAREMTCHUCK C.C.; CONSTANTIN J.; OLIVEIRA JR E.S.; BIFFE D.F.; ALONSO D.G.; ARANTES J.G.; Efeito de sistemas de manejo sobre a velocidade de dessecação, infestação inicial de plantas daninhas e desenvolvimento e produtividade da soja. **Acta Sci Agron**, 30:449-455, 2008.
- JESUS S.V.; MARENCO R.A.; O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **REV. Acta Amazonica**. Vol. 38(4). p. 815-818. 2008.
- KARAM, D.; CRUZ, M. B. Sem concorrentes: manter o terreno limpo, sem invasoras é o primeiro passo para garantir o desenvolvimento. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2004.
- KERBAURY G.R.; **Fisiologia Vegetal**, 2.ed. editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro: MAJEROWICZ N.; Fotossíntese, p. 82-133. 2008.
- KLOOSTER, WS.; CREGG, BM.; FERNANDEZ, RT.; NZOKOU, P. Growth and physiology of deciduous shade trees in response to controlled release fertilizer. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.35, p.71-79, 2012.
- KONRAD, M. L. F. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.3, p.339-347, 2005.
- KORIEOCHA, D.S.; OGBONNA, M.C.; KORIEOCHA, J.N.; NWOKOCHA, C.C.; Effect of fluazifopbutyl and atrazine/metolachlor (tank mixed) for weed control in sweetpotato( *ipomoea batatas* ) in south eastern, nigeria. **Journal of Agriculture and Social Research (JASR)**. Vol. 11, n.1. 2011.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal** , In: Larcher, W. A planta sob estresses. São Carlos: Rima, 341-448, 2004
- LORENZI H., **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: Plantio direto e convencional**. 6. Ed. Nova Odessa/SP. Instituto Plantarum. 2006.
- MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MANABE P.M.S.; MATOS C.C.; FERREIRA E.A.; SILVA A.A.; SEDIYAMA T.; MANABE A.; SILVA A.F.; ROCHA P.R.R.; GALON L.; Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Ver. Biosci. J.**, v.30, n.6, p. 1721-1728, 2014.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Determinação de amido em farinha de mandioca, produtos amiláceos e outros.** 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos-metodos-da-area-pov-iqa/met-lacv-23-02-determinacao-de-amido.pdf>. Acessado em: 09/02/2018.

MATA C.G.; LAMATTINA L.; Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. **Plant Physiol.** V. 126, n. 3, p. 1196-1204, 2011

MAXWELL, K., JOHNSON, G.N., **Chlorophyll fluorescence a practical guide.** J. 558 Exp. Bot. 51, 659 668. 2000.

MESSINGER, S. M.; BUCKLEY, T.N. E MOTT, K.A.; Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO<sub>2</sub>. **Plant Physiology**, vol. 140, n. 2, p. 771-778. 2006.

MIRANDA, J. E. C. de; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F. *Batata doce* (Ipomoea batatas (L.) Lam.). Brasília, DF: EMBRAPA-CNPQ, 14 p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular Técnica do CNPHortaliças, 3). 1987.

MONTEIRO F.P.R.; JUNIOR A.F.C.; REIS M.R.; SANTOS G.R.; CHAGAS L.F.B.; Efeitos de herbicidas na biomassa e nodulação do feijão-caupi inoculado com rizóbio. **Revista caatinga.** Vol. 25, n. 3, p. 44-51, Mossoró. 2012.

MOREIRA E.S.; Seletividade e épocas de aplicação de herbicidas em mandioca. **Dissertação – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – PPGA.** Vitória da Conquista/BA, f. 62. 2014.

NOGUEIRA C.H.P.; Seletividade dos herbicidas bentazon e nicosulfuron para *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis* em consórcio com a cultura do milho. **Dissertação – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP,** p. 79. 2015.

O'NEILL, P.M.; SHANAHAN, J.F.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 2, p. 681-687, 2006.

OLIVEIRA JÚNIO R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JÚNIO R.S.; CONSTANTIN J.; INOUE M.H. (ed). **Biologia e manejo de plantas daninhas.** Curitiba: Omnipax, p 141-192. 2011.

OMETTO J. P. H. B. et al. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA**, 4., 2003, Fortaleza. Anais... Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003.

PAIVA A.S.; FERNANDER E.J.; RODRIGUES T.J.D.; TURCO J.E.P.; Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Eng. Agríc**, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PETER J. DITTMAR, DAVID W. MONKS, KATHERINE M. JENNINGS, AND JONATHAN R. SCHULTHEIS. Effects of Halosulfuron POST on Sweetpotato Yield and Storage Root Quality. **Rev. Weed Technology.** 27(1), p. 113-116. 2013.

RAY R.C, RAVI V; Post Harvest Spoilage of Sweet Potato and its Control Measures. **Critical Review of Food Science and Nutrition** 35, 623-644. 2005.

REIS R.M.; SILVA D.V.; FREITAS M.S.; REIS M.R.; FERREIRA E.A.; SEDIYAMA T. Aspectos fisiológicos e crescimento do girassol após aplicação de herbicidas em pré-emergência. **Revista Agroambiental On-line**, v. 8, n. 3, p. 352-358, Boa Vista-RR, 2014.

REIS R.M.; SOUZA M.F.; QUEIROZ G.P.; SIEBERT I.G.; SILVA D.V.; FERREIRA E.A.; SILVA A.A.; Tolerância do girassol a herbicidas aplicados em pós-emergência, **Ver. Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.1, p. 15-22. 2014a.

RITCHIE, G. A. Chlorophyll fluorescence: what is it and what do the numbers mean? In: RILEY, L. E.; DUMROESE, R. K.; LANDIS, T. D. (Coord.). **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations - 2005.** Fort Collins: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, p. 34-42. 2006.

RODRIGUES B. N.; ALMEIDA F.S. Guia de herbicidas. 5 ed. Londrina, PR 592p. 2005.

- SAVELLI, R. A.; PADUA, T.S.; DOBRZYCKI, J. H.; CAL-VIDAL, J. Análise texturométrica e microestruturais de pães franceses, contendo farinha de batata-doce. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 30, n. 3, mar. p: 395-400. 1995.
- SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD. 42 p. 1995.
- SHARMA, SD, SINGH M. Effect of timing and rates of application of glyphosate and carfentrazone herbicides and their mixtures on the control of some broadleaf weeds. **HortScience**, v.42, p.1221-1226, 2007.
- SILVA A.A. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA A.A.; SILVA J.F. (Editores). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa-MG: Editora UFV, 367p. 2007.
- SILVA D.V.; Efeito de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da mandioca. **Dissertação – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – PPGPV**. Diamantina, p. 63. 2011.
- Silva D.V.; Santos J.B.; Silveira H.M.; Carvalho F.P.; Neto M.D.C.; Ferreira M.D.; Silva A.A.; Cecon P.R.; Tolerância de cultivares de mandioca aos herbicidas fomesafen e fluazifop-pbutil. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.10, n.3, p.219-231, 2011.
- SILVA G.S.P; Concentração de amido e estimativa de rendimento de álcool em batata-doce cultivada com diferentes fontes e doses de potássio. **Dissertação – Universidade Estadual do Centro-Oeste – PPGP**. Guarapuava, p. 51. 2013
- SILVA NETO P.J.; LOPES N.F.; SILVA J.F.; OLIVA M.A.; **Efeito do metribuzin sobre a fotossíntese e a tolerância em plantas de soja (*Glicine max (L.) Merrill*)**. Viçosa-MG, p. 8. 2002.
- SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, p.7-13, 2010.
- SILVA, D.V.; SANTOS, J.B.; CARVALHO, F.P.; FERREIRA, E.A.; FRANÇA, A.C.; FERNANDES, J.S.C.; GANDINI, E.M.M.; CUNHA, V.C.; seletividade de herbicidas pós emergentes na cultura da mandioca. **Ver. Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.30, n. 4,p.835-841, 2012.
- SILVEIRA H.M.; SILVA D.V.; CARVALHO F.P.; CASTRO NETO M.D.; SILVA A.A.; SEDIYAMA T.; Características fotossintética de cultivares de mandioca tratadas com fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Revista Agro@mbiental On-line**. V. 6, n. 3, p. 222-227. 2012.
- SILVEIRA H.M.; SILVA D.V.; CARVALHO F.P.; CASTRO NETO M.D.; SILVA A.A.; SEDIYAMA T.; Características fotossintética de cultivares de mandioca tratadas com fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Revista Agro@mbiental On-line**. V. 6, n. 3, p. 222-227. 2012.
- SILVEIRA, M. A.; DIAS, L. E.; ALVIM, T. C.; TAVARES, I. B.; SANTANA, W. R.; SOUZA, F. R.; DIAS, L. E.; VITAL, M. K. G. S.B“**A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de Etanol**”. Boletim técnico, UFT- Palmas, P.21-24/43-45. 2014.
- SILVEIRA, M. A.; DIAS, L. E.; ALVIM, T. C.; TAVARES, I. B.; SANTANA, W. R.; SOUZA, F. R.; DIAS, L. E.; VITAL, M. K. G. S.B“**A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de Etanol**”. Boletim técnico, UFT- Palmas, P.21-24/43-45. 2014.
- STEPHEN L. MEYERS, KATHERINE M. JENNINGS, AND DAVID W. MONKS.; Covington' Sweetpotato Tolerance to Flumioxazin Applied POST-Directed. **Rev. Weed Technology**. 28(1), p. 163-167. 2014.
- SWIADER, J.M.; MOORE, A. SPAD - chlorophyll response tonitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. *Journal of Plant Nutrition*, v. 25, p.1089-1100, 2002.
- TAIZ L.; e ZEIGER E.; **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre/RS, p.888, 2017.
- TORRES M.L.L.; DIAZ M.; Weed control in sweet potato (*Ipomoea batatas (L.) Lam*). **J. Agric. Univ. P.R.** 91(3-4), p. 161-167. 2007.
- TORRES, L. G.; FERREIRA, E. A.; ROCHA, P. R. R.; FARIA, A. T.; GONÇALVES, V. A.; GALON, L.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012.

UNIVERSITY OF MINNESOTA, Cultural and chemical weed control in field crops. St. Paul, EUA: **University of Minnesota**, Extension service, p. 85, 2009.

VANDERAUWERA, S.; VANDENBROUCKE, K.; INZÉ, A.; VAN DE COTTE, B.; MÜHLENBOCK, P.; DE RYCKE, R.; NAOUAR, N.; VAN GAEVER, T.; VAN MONTAGU, M.C.; VAN BREUSEGEM, F. Perturbation abolishes the mitochondrial stress response that steers osmotic stress tolerance in *Arabidopsis*. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, **109**, 20113–20118. 2012.

VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R. Efeito do comprimento e de incisões no córtex da maniva sobre o cultivo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Sci.**, v. 23, n. 5, p. 1263 1269, 2001.

WICHERT R.A.; TALBERT R.E.; Soybean (*Glycine max* L.) response to lactofen. **Weed Sciece**, v. 41, n. 3, p. 23-27. 1993.



## 6 ANEXO



**Figura 1:** Imagens do tratamento testemunha (T1) da batata-doce experimento pós-emergente.  
**Fonte:** Autor.





**Figura 2:** Danos causados pela aplicação de herbicida pós-emergente (T2 - atrazina+S-metolacloro) na cultura da batata-doce.

**Fonte:** Autor.





**Figura 3:** Danos causados pela aplicação de herbicida pós-emergente (T3 - nicossulfurom) na cultura da batata-doce.

**Fonte:** Autor.





**Figura 4:** Danos causados pela aplicação de herbicida pós-emergente (T4 - fomesafem+fluazifope) na cultura da batata-doce.

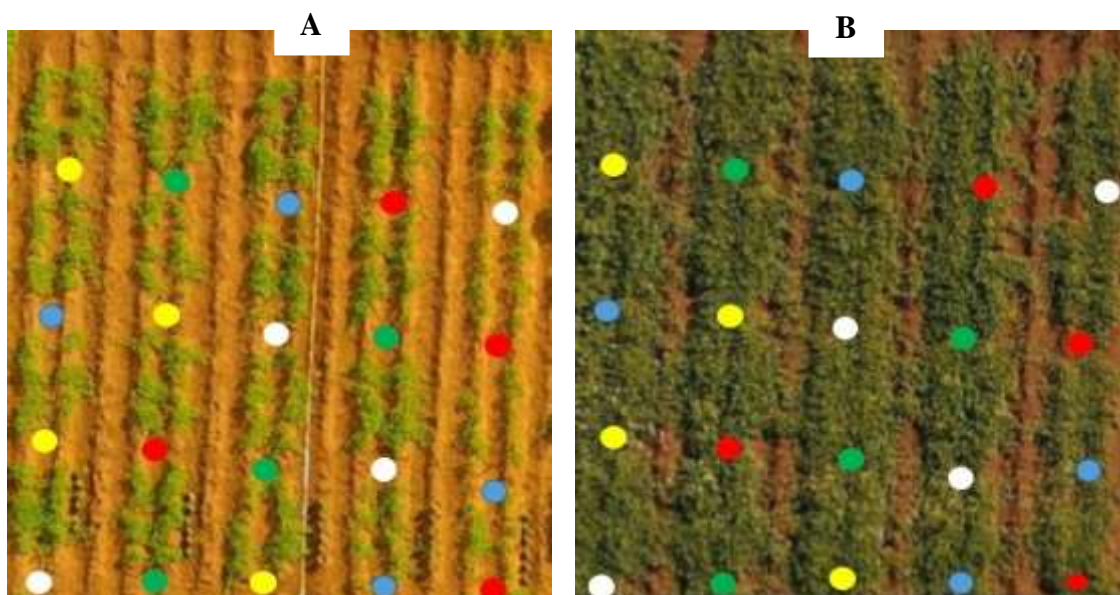
**Fonte:** Autor.





**Figura 5:** Danos causados pela aplicação de herbicida pós-emergente (T5 - carfentrazona) na cultura da batata-doce.  
**Fonte:** Autor.

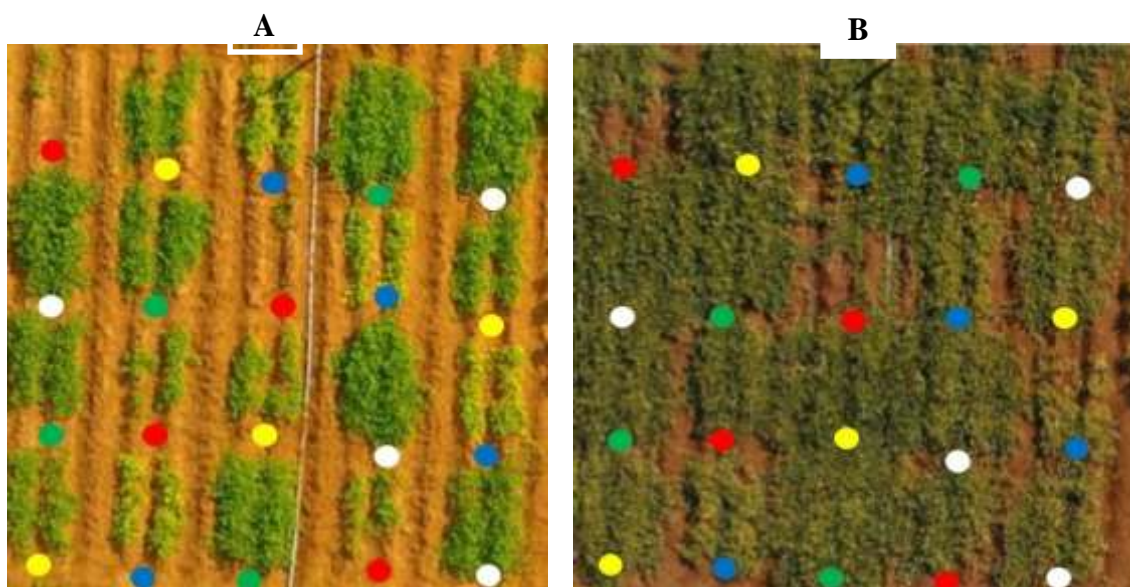




**Figura 6:** Efeito dos herbicidas pré-emergentes no fechamento das leiras na cultura de batata-doce, fotos aos **A** = 28 e **B** = 58 dias após o plantio.

Bolinhas brancas = Testemunha; azul = s-metolachloro; verde = clomazona; amarela = s-metolachloro+clomazona e vermelha = atrazina+s-metolachloro.

**Fonte:** Autor.



**Figura 7:** Efeito dos herbicidas pré-emergentes no fechamento das leiras na cultura de batata-doce, fotos aos **A** = 15 e **B** = 45 dias após a aplicação.

Bolinhas brancas = Testemunha; azul = nicosulfurom; verde = atrazina+s-metolachloro; amarela = fomesafem+fluazifope e vermelha = carfentrazona.

**Fonte:** Autor.

**Tabela 5:** Resultado da análise do solo antes da implantação do experimento

Prof (cm)	pH H <sub>2</sub> O	P Mehlich <sup>-1</sup> mg.dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al
0-20	5,92	14,54	0,30	1,25	0,51	0,00	0,90
Prof (cm)	MO g.dm <sup>-3</sup>	SB -----cmolc.dm <sup>-3</sup> -----	T	V	Arg	Silte	Areia
0-20	17,48	2,06	2,96	69,59	27,1	8,3	64,6

**Tabela 6:** Análise de variância do rendimento quântico da fluorescência do fotossistema II em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	0.05288	0.01322	4.0448 *
Tempos	2	0.04185	0.02092	6.4012 *
Interação	8	0.09733	0.01217	3.7220 *
Tratamentos	14	0.19206	0.01372	4.1970 *
Blocos	3	0.01524	0.00508	1.5543 ns
Resíduo	42	0.13728	0.00327	
Total	59	0.34458		
CV			9,95	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 7:** Análise de variância da clorofila total em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	23.42833	5.85708	1.5774 ns
Tempos	2	35.84633	17.92317	4.8271 *
Interação	8	83.63867	10.45483	2.8157 *
Tratamentos	14	142.91333	10.20810	2.7493 *
Blocos	3	16.83333	5.61111	1.5112 ns
Resíduo	42	155.94667	3.71302	
Total	59	315.69333		
CV			4,52	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 8:** Análise de variância de fitotoxidez em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	13.06667	3.26667	13.1923 ns
Tempos	2	10.00000	5.00000	20.1923 *
Interação	8	3.33333	0.41667	1.6827 ns
Tratamentos	14	26.40000	1.88571	7.6154 *
Blocos	3	0.85000	0.28333	1.1442 ns
Resíduo	42	10.40000	0.24762	
Total	59	37.65000		
CV			58,54	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 9:** Análise de variância da matéria seca da folha aos 28 DAP em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	1.11909	0.37303	2.9334 ns
Herbicidas	4	5.78018	1.44505	11.3632 *
Resíduo	12	1.52602	0.12717	
Total	19	8.42530		
CV			25,66	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 10:** Análise de variância da matéria seca do caule aos 28 DAP em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	0.71874	0.23958	0.9491 ns
Herbicidas	4	0.93393	0.23348	0.9250 ns
Resíduo	12	3.02908	0.25242	

Total	19	4.68175
CV		35,40

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 11:** Análise de variância da matéria seca da raiz aos 28 DAP em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	0.68902	0.22967	1.0533 ns
Herbicidas	4	7.21777	1.80444	8.2752 *
Resíduo	12	2.61665	0.21805	
Total	19	10.52344		
CV				28,77

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 12:** Análise de variância da matéria seca total da planta aos 28 DAP em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	3.51705	1.17235	0.8817 ns
Herbicidas	4	35.93690	8.98422	6.7571 *
Resíduo	12	15.95512	1.32959	
Total	19	55.40906		
CV				26,02

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 13:** Análise de variância da biomassa da parte aérea em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	133273196.7120	44424398.9040	1.0750 ns
Herbicidas	4	95379791.52500	23844947.8812	0.5770 ns
Resíduo	12	495889974.3482	41324164.5290	
Total	19	724542962.5852		
CV				26,37

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 14:** Análise de variância da matéria seca da raiz tuberosa em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	6.65197	2.21732	1.3678 ns
Herbicidas	4	1.36602	0.34150	0.2107 ns
Resíduo	12	19.45242	1.62104	
Total	19	27.47040		
CV				3,48

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 15:** Análise de variância de produtividade em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	297123036.5079	99041012.1693	0.8630 ns
Herbicidas	4	386302389.7393	96575597.4348	0.8415 ns
Resíduo	12	1377161255.726	114763437.977	
Total	19	2060586681.973		
CV				24,03

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 16:** Análise de variância do amido da raiz tuberosa em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	33.08425	11.02808	1.3280 ns
Herbicidas	4	35.41972	8.85493	1.0663 ns
Resíduo	12	99.65245	8.30437	
Total	19	168.15642		
CV			5,39	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 17:** Análise de variância da estimativa de produtividade de etanol em batata-doce sob aplicação de herbicida pré-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	4930764.115360	1643588.038453	1.569 ns
Herbicidas	4	11633049.077950	2908262.269487	0.887ns
Resíduo	12	22244827.442690	1853735.620224	
Total	19	38808640.636000		
CV			27,11	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 18:** Análise de variância da condutância estomática foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	1.15221	0.28805	5.6070 *
Tempos	2	0.69710	0.34855	6.7846 *
Interação	8	0.83395	0.10424	2.0291 *
Tratamentos	14	2.68326	0.19166	3.7307 *
Blocos	3	0.24214	0.12107	2.3566 ns
Resíduo	42	1.43846	0.05137	
Total	59	4.36386		
CV			48,87	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 19:** Análise de variância da transpiração foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	216.71816	54.17954	8.5807 *
Tempos	2	133.93128	66.96564	10.6057 *
Interação	8	117.63705	14.70463	2.3289 *
Tratamentos	14	468.28650	33.44904	5.2975 *
Blocos	3	98.45346	49.22673	7.7963 ns
Resíduo	42	176.79461	6.31409	
Total	59	743.53456		
CV			35,51	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 20:** Análise de variância da eficiência do uso da água em batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	27.899111	6.974778	96.447 *
Tempos	2	19.509778	9.754889	134.890 *
Blocos	2	0.061778	0.030889	0.427 ns
Interação	8	35.456889	4.432111	61.287 *
Resíduo	28	2.024889	0.072317	
Total	44	84.952444		



CV	35,91
----	-------

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 21:** Análise de variância da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> em folha de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	1010.472302	252.618076	50.404 *
Tempos	2	1173.287324	586.643662	117.050 *
Blocos	2	3.699338	1.849669	0.369 ns
Interação	8	718.697298	89.837162	17.925 *
Resíduo	28	140.333396	5.011907	
Total	44	3046.489658		
CV			35,27	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 22:** Análise de variância de carbono interno no mesófilo foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	102086.35556	25521.58889	23.5928 *
Tempos	2	70803.91111	35401.95556	32.7264 *
Interação	8	112978.31111	14122.28889	13.0550 *
Tratamentos	14	285868.57778	20419.18413	18.8760 *
Blocos	3	436.84444	218.42222	0.2019 ns
Resíduo	42	30289.15556	1081.75556	
Total	59	316594.57778		
CV			9,52	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 23:** Análise de variância da eficiência instantânea de carboxilação da folha de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	0.012186	0.003046	27.541 *
Tempos	2	0.013539	0.006770	61.198 *
Blocos	2	0.000137	0.000068	0.618 ns
Interação	8	0.009593	0.001199	10.841 *
Resíduo	28	0.003097	0.000111	
Total	44	0.038553		
CV			35,27	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 24:** Análise de variância da temperatura foliar em batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	18.76533	4.69133	0.7638 ns
Tempos	2	178.73911	89.36956	14.5499 *
Interação	8	29.49200	3.68650	0.6002 *
Tratamentos	14	226.99644	16.21403	2.6397 *
Blocos	3	53.29644	26.64822	4.3385 ns
Resíduo	42	171.98356	6.14227	
Total	59	452.27644		
CV			5,74	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 25:** Análise de variância do rendimento quântico da fluorescência da clorofila foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	1.15783	0.28946	42.5375 *
Tempos	4	1.05169	0.26292	38.6381 *
Interação	16	0.54188	0.03387	4.9770 *
Tratamentos	24	2.75139	0.11464	16.8473 *
Blocos	3	0.03129	0.01043	1.5328 ns
Resíduo	72	0.48994	0.00680	
Total	99	3.27263		
CV			14,29	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 26:** Análise de variância do teor de clorofila foliar de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	1170.27700	292.56925	22.8952 *
Tempos	4	570.9550	142.73875	11.1701 *
Interação	16	369.65300	23.10331	1.8080 *
Tratamentos	24	2110.88500	87.95354	6.8829 *
Blocos	3	109.04270	36.34757	2.8444 *
Resíduo	72	920.05980	12.77861	
Total	99	3139.98750		
CV			8,00	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 27:** Análise de variância da matéria seca da fola de batata-doce aos 30 DAP sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	0.83334	0.27778	0.3519 ns
Herbicidas	4	22.49425	5.62356	7.1233 *
Resíduo	12	9.47357	0.78946	
Total	19	32.80116		
CV			22,87	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 28:** Análise de variância da matéria seca do caule de batata-doce aos 30 DAP sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	5.23003	1.74334	3.3451 ns
Herbicidas	4	24.99924	6.24981	11.9921 *
Resíduo	12	6.25392	0.52116	
Total	19	36.48319		
CV			16,07	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 29:** Análise de variância da matéria seca da raiz de batata-doce aos 30 DAP sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	23.63466	7.87822	0.4968 ns
Herbicidas	4	217.87740	54.46935	3.4347 *
Resíduo	12	190.30445	15.85870	
Total	19	431.81651		
CV			49,04	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 30:** Análise de variância de fitotoxidez em batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Herbicidas	4	54.96000	13.74000	56.5303 *
Tempos	4	66.06000	16.51500	67.9474 *
Interação	16	34.84000	2.17750	8.9589 *
Tratamentos	24	155.86000	6.49417	26.7189 *
Blocos	3	2.00000	0.66667	2.7429 *
Resíduo	72	17.50000	0.24306	
Total	99	175.36000		
CV			45,65	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 31:** Análise de variância da biomassa da parte aérea da batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	24553560.71430	8184520.23810	0.2226 ns
Herbicidas	4	912140599.8016	228035149.950	6.2031 *
Resíduo	12	441140602.1259	36761716.8438	
Total	19	1377834762.642		
CV			23.10	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 32:** Análise de variância da matéria seca da raiz tuberosa de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	12.20136	4.06712	1.5233 ns
Herbicidas	4	8.39250	2.09812	0.7858 ns
Resíduo	12	32.03989	2.66999	
Total	19	52.63375		
CV			4.60	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 33:** Análise de variância de produtividade da batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	47495105.55561	15831701.8519	0.1306 ns
Herbicidas	4	6863334812.075	1715833703.02	14.1504 *
Resíduo	12	1455082771.145	121256897.595	
Total	19	8365912688.776		
CV			21.01	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 34:** Análise de variância de teor de amido na raiz tuberosa de batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	5.47724	1.82575	1.4105 ns
Herbicidas	4	3.87675	0.96919	0.7488 ns
Resíduo	12	15.53285	1.29440	
Total	19	24.88684		
CV			6,27	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo

**Tabela 35:** Análise de variância de estimativa de produtividade de etanol em batata-doce sob aplicação de herbicida pós-emergente.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
Blocos	3	4119160.292135	1373053.430712	1.468 ns
Herbicidas	4	40791941.017230	10197985.254307	10.901 *
Resíduo	12	11225922.510090	935493.542508	
Total	19	56137023.819455		
CV			18,41	

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo