



Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

GESSICA HASHIMOTO DE MEDEIROS

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DE MUDAS DE
LANDI (*Calophyllum brasiliense* CAMBESS) A DIFERENTES DOSES
DE GLYPHOSATE**

**GURUPI - TO
2017**



Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

GESSICA HASHIMOTO DE MEDEIROS

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MORFOLÓGICAS DE MUDAS DE
LANDI (*Calophyllum brasiliense* CAMBESS) A DIFERENTES DOSES
DE GLYPHOSATE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo A. Lemus Erasmo

**GURUPI - TO
2017**

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

M488r Medeiros, Gessica Hashimoto de.
 Respostas fisiológicas e morfológicas de mudas de landi
 (Calophyllum brasiliense Cambess) a diferentes doses de glyphosate.
 / Gessica Hashimoto de Medeiros. – Gurupi, TO, 2017.
 71 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
 Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-
 Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2017.
 Orientador: Eduardo Andrea Lemus Erasmo

 1. Controle químico. 2. Toxicidade. 3. Plantio comercial. 4.
 Espécie nativa. I. Título

CDD 628

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).

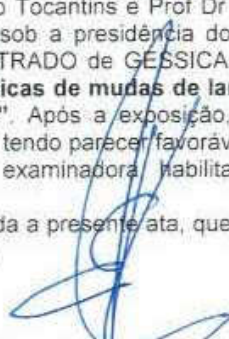



Defesa nº 041/2017


ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE GESSICA HASHIMOTO DE MEDEIROS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.

Aos 03 dias do mês de abril do ano de 2017, às 09 horas, na sala 01, do edifício CeMAF, do Campus de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins - UFT, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. EDUARDO ANDREA LEMUS ERASMO da Universidade Federal do Tocantins, Profª Drª MARIA CRISTINA BUENO COELHO da Universidade Federal do Tocantins e Prof Dr RENATO DE ALMEIDA SARMENTO, da Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE GESSICA HASHIMOTO DE MEDEIROS, intitulada **"Respostas fisiológicas e morfológicas de mudas de landi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) a diferentes doses de glyphosate"**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, com as devidas ressalvas e correções apontadas pela banca examinadora, habilitando-a ao título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.


Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo
Universidade Federal do Tocantins
Orientador e presidente da banca examinadora


Drª. Maria Cristina Bueno Coelho
Universidade Federal do Tocantins
Primeira examinadora


Dr. Renato de Almeida Sarmento
Universidade Federal do Tocantins
Segundo examinador

Gurupi, 03 de abril de 2017.


Dr. Marcos Giango
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO

A Santíssima Trindade, Deus Pai, Filho e Espírito Santo que me deu força para nunca desistir.

À minha família, meus pais, João Carlos e Lucia Kiyomi, e meu irmão, Jeyson Carlos, pelo apoio e compreensão nos momentos mais difíceis pelos quais passei no decorrer desse período.

Aos meus amigos Lídia Apolinário, Maria José Apolinário, Sílvia Tatiana, Daniel Costa, Layane Nunes, Layse Nunes, Maria de Jesus Sousa e ao meu namorado Wellington Espíndola pela amizade e apoio em todos os momentos.

Aos meus colegas da pós-graduação em especial Nádia Ramos, Maxwell Panta, Douglas Gonçalves, Ícaro Santos, Jacqueline Bonfim, Fabiane Marques e Cristiane Peres pelo companheirismo.

Ao grupo de pesquisa Plantas Daninhas da UFT, campus Gurupi-TO, em especial a Nádia Ramos, Sara Bandeira, Marciane Dotto, Flávia Barreira e André Amaral por me ajudarem em todas as etapas da minha dissertação.

A professora Niléia Cristina da Silva e a Universidade Federal do Tocantins pela bolsa do PADI (Programa de Apoio ao Discente Ingressante).

Aos professores componentes da banca examinadora: professora Dra. Maria Cristina Bueno Coelho e professor Dr. Renato de Almeida Sarmiento.

Ao meu orientador professor Dr. Eduardo Andrea Lemus Erasmo por me proporcionar a oportunidade de realizar esse trabalho e por passar seus conhecimentos, acrescentando imensamente na minha vida acadêmica e profissional.

Ao programa de pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais.

RESUMO

As plantas daninhas se tornaram indesejáveis em áreas de plantio comercial florestal por competir por água, luz e nutrientes com as espécies florestais causando prejuízos, devido a isso devem ser controladas. Geralmente as áreas de empresas de plantio florestal são muito vastas, assim, o método de controle de plantas invasoras mais eficaz é o químico. O glyphosate é o herbicida mais utilizado para o controle de plantas daninhas devido ao fato de ser não-seletivo, possuir ação sistêmica, largo espectro de ação e custo relativamente baixo. Porém se não for aplicado de forma correta o produto poderá causar danos a espécies não-alvos. Esses danos dependerão das doses de glyphosate e da suscetibilidade da cultura. O *Calophyllum brasiliense* Cambess é uma espécie nativa de grande distribuição geográfica, possui madeira nobre e tem sido usada para reflorestamento em áreas alagadas. Nos últimos anos vem crescendo o interesse de empresas florestais por essa espécie. Assim, objetivou-se quantificar os efeitos morfológicos e fisiológicos de doses de glyphosate em mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. O experimento foi realizado na Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) com 5 tratamentos (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹ de glyphosate Roundup Original® + testemunha sem aplicação) e 10 repetições, sendo cada planta uma repetição. Realizou-se análises morfológicas de toxicidade visual (7 em 7 DAA), altura e diâmetro (10 em 10 DAA), biomassa (MSC, MSF, MSR e MST), volume de raiz e área foliar (ao final do experimento) e análises fisiológicas utilizando equipamento IRGA para a avaliação de trocas gasosas: fotossíntese (*A*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*) e carbono interno (*C_i*), sendo calculadas a eficiência instantânea do uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) através dos dados das trocas gasosas. Na menor dose (180 g e.a. L⁻¹) as plantas foram se recuperando dos efeitos causados pelo glyphosate de modo que ao final do experimento os parâmetros fisiológicos se igualaram estatisticamente a testemunha. Porém as demais doses (360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) afetaram significativamente tanto na morfologia quanto na fisiologia da espécie.

Palavras-chave: Controle químico; espécie nativa; toxicidade.

ABSTRACT

Weeds have become undesirable in commercial forest plantation areas because they compete for water, light and nutrients with forest species causing damage, due to this they must be controlled. Generally the areas of forest planting companies are very vast, thus, the most effective method of controlling invasive plants is the chemical. Glyphosate is the herbicide most used for weed control because it is non-selective, has a systemic action, broad spectrum of action and relatively low cost. However, if it is not applied correctly the product may cause damage to non-target species. These damages will depend on the doses of glyphosate and the susceptibility of the crop. *Calophyllum brasiliense* Cambess is a native species of great geographic distribution, has noble wood and has been used for reforestation in flooded areas. In recent years the interest of forest companies by this species has grown. Thus, the objective was to quantify the morphological and physiological effects of doses of glyphosate on *calophyllum brasiliense* Cambess. The experiment was carried out at the Federal University of Tocantins, Gurupi campus. The experimental design was a completely randomized (DIC) with 5 treatments (180, 360, 540 and 720 g a.i. L⁻¹ of glyphosate Roundup Original® + control without application) and 10 replicates, each plant being a repetition. Morphological analyzes of visual toxicity (7 in 7 DAA), height and diameter (10 in 10 DAA), biomass (MSC, MSF, MSR and MST), root volume and leaf area (at the end of the experiment) and physiological analyzes (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E), and internal carbon (Ci). The instantaneous efficiency of water use (U) and instantaneous efficiency of carboxylation (EiC) through gas exchange data. At the lowest dose (180 g a.i. L⁻¹) plants were recovering from the effects caused by glyphosate so that at the end of the experiment the physiological parameters were statistically matched to the control. However, the other doses (360, 540 and 720 g a.i. L⁻¹) significantly affected both the morphology and the physiology of the species.

Keywords: chemical control; native species; toxicity.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	<i>CALOPHYLLUM BRASILIENSE</i> CAMBESS	11
2.1.1	<i>Identificação</i>	11
2.1.2	<i>Madeira</i>	13
2.1.3	<i>Outros usos</i>	14
2.2	PLANTIOS COMERCIAIS DO LANDI	15
2.3	PLANTAS DANINHAS E ESPÉCIES FLORESTAIS	18
2.3.1	<i>Controle químico (herbicidas)</i>	20
1.3.	GLYPHOSATE	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	LOCAL DO EXPERIMENTO, PREPARO DAS MUDAS E APLICAÇÃO DO HERBICIDA	26
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	29
3.3	PARÂMETROS MORFOLÓGICOS	29
3.4	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS	31
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
3.5.1	<i>Dados morfológicos</i>	32
3.5.2	<i>Dados fisiológicos</i>	32
3.5.3	<i>Dados meteorológicos</i>	32
4	RESULTADOS	33
4.1	PARÂMETROS MORFOLÓGICOS	33
4.2	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS	40
4.2.1	<i>Fotossíntese (A)</i>	40
4.2.2	<i>Condutância estomática (gs)</i>	43
4.2.3	<i>Transpiração (E)</i>	45
4.2.4	<i>Carbono interno (Ci)</i>	47
4.2.5	<i>Dados meteorológicos</i>	48
4.2.6	<i>Dados fisiológicos ao longo do tempo</i>	52
5	DISCUSSÃO	59
6	CONCLUSÕES	63
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TRATAMENTOS AVALIADOS E AS RESPECTIVAS QUANTIDADES DE INGREDIENTE ATIVO, E PRODUTO COMERCIAL DE GLYPHOSATE.....	29
TABELA 2: ESCALA DE NOTAS PARA AVALIAÇÃO VISUAL DE TOXICIDADE DE HERBICIDAS SOBRE AS PLANTAS DE LANDI, APÓS TRATAMENTO COM GLYPHOSATE.....	30
TABELA 3: BIOMASSA DE MUDAS DE LANDI EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO) AOS 62 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA). GURUPI - TO, 2016.	39

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: FOLHAS E FLORES DO LANDI. (FONTE: FILHO; SARTORELLI, 2015).....	12
FIGURA 2: FRUTOS E SEMENTES DO LANDI. (FONTE: MFRURAL, 2015).	13
FIGURA 3: EVOLUÇÃO DO VALOR DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS MADEIREIROS E NÃO MADEIREIROS EXTRAÍDOS DE FLORESTAS NATURAIS E FLORESTAS PLANTADAS. (FONTE: PEVS/IBGE, 2015 ADAPTADO SFB).	16
FIGURA 4: ESTRUTURAS DOS COMPOSTOS DO GLYPHOSATE. (FONTE: AMARANTE JÚNIOR ET AL., 2002).	21
FIGURA 5: DEZ INGREDIENTES ATIVOS MAIS COMERCIALIZADOS NO BRASIL EM 2009 (EM TONELADAS). (FONTE: IBAMA, 2010).	22
FIGURA 6: MECANISMO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS INIBIDORES DA EPSPs. (FONTE: CHRISTOFFOLETI, 2008).	23
FIGURA 7: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE GURUPI NO ESTADO DO TOCANTINS E DO LOCAL DO EXPERIMENTO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS. (FONTE: GOOGLE EARTH, 2013).	26
FIGURA 8: UMIDADE, RADIAÇÃO, TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO (AGOSTO A OUTUBRO DE 2016). GURUPI, TO.	27
FIGURA 9: SEMENTES DE LANDI COM TEGUMENTO E SEM TEGUMENTO PLANTADAS EM TUBETES (OUTUBRO/2015). (FONTE: A AUTORA, 2016)	28
FIGURA 10: MUDAS EM TUBETES NO VIVEIRO E TRANSPLANTADAS PARA SACOS (ABRIL/2016). (FONTE: A AUTORA, 2016).	28
FIGURA 11: CURVA DE SATURAÇÃO DA FOTOSÍNTESE DO <i>CALOPHYLLUM BRASILIENSE</i> CAMBESS.	31
FIGURA 12: INCREMENTO (%) DE ALTURA DE MUDAS DE LANDI EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO) 62 DAA. GURUPI - TO, 2016.....	33
FIGURA 13: INCREMENTO (%) DE DIÂMETRO DE CAULE DE MUDAS DE LANDI EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO) 62 DAA. GURUPI - TO, 2016.....	34
FIGURA 14: AVALIAÇÃO VISUAL DE TOXICIDADE (%) EM MUDAS DE LANDI, AOS 7, 14, 21 E 28 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA) EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO). GURUPI - TO, 2016.	36
FIGURA 15: TOXICIDADE EM MUDAS DE LANDI AOS 28 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA) EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO). GURUPI - TO, 2016. (FONTE: A AUTORA, 2016).	37
FIGURA 16: CRESCIMENTO DE BROTOS LATERAIS (SUPERBROTAÇÕES) DEVIDO EFEITOS DA APLICAÇÃO DE 720 G E.A. L ⁻¹ DE GLYPHOSATE EM MUDAS DE LANDI AO LONGO DO TEMPO. GURUPI - TO, 2016. (FONTE: A AUTORA, 2016).....	40
FIGURA 17: ASSIMILAÇÃO LÍQUIDA DE CO ₂ (A) EM MUDAS DE LANDI COM 2, 6, 14, 22, 30 E 38 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA) DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO). GURUPI - TO, 2016.	42
FIGURA 18: CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA (GS) EM MUDAS DE LANDI COM 2, 6, 14, 22, 30 E 38 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA) DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G. E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO). GURUPI - TO, 2016.44	44

FIGURA 19: TRANSPIRAÇÃO (E) EM MUDAS DE LANDI COM 2, 6, 14, 22, 30 E 38 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA) DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO). GURUPI - TO, 2016.....	46
FIGURA 20: CONCENTRAÇÃO INTERNA DE CO ₂ (Ci) EM MUDAS DE LANDI COM 2, 6, 14, 22, 30 E 38 DIAS APÓS A APLICAÇÃO (DAA) DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM QUATRO DOSES (180, 360, 540 E 720 G E.A. L ⁻¹) E A TESTEMUNHA (SEM APLICAÇÃO). GURUPI - TO, 2016.	48
FIGURA 21: TEMPERATURA, RADIAÇÃO, VELOCIDADE DO VENTO E UMIDADE DO AR NOS DIAS DE LEITURA DOS DADOS FISIOLÓGICOS.....	51
FIGURA 22: (A) TAXA DE ASSIMILAÇÃO LÍQUIDA DE CO ₂ (A, μMOL CO ₂ M ⁻² S ⁻¹), (B) CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA (GS, MOL H ₂ O M ⁻² S ⁻¹), (C) TRANSPIRAÇÃO (E, MOL H ₂ O M ⁻² S ⁻¹), (D) CARBONO INTERNO (Ci, μMOL CO ₂ MOL ⁻¹), (E) EFICIÊNCIA INSTANTÂNEA DO USO DE ÁGUA (EUA) [(MMOL DE CO ₂ M ⁻² S ⁻¹) (MMOL CO ₂ MOL ⁻¹) ⁻¹] EM MUDAS DE LANDI AO LONGO DO TEMPO SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DO HERBICIDA GLYPHOSATE. GURUPI – TO, 2016.	58

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A	Fotossíntese
AIA	Ácido indol-3-acético
AMPA	Ácido aminometilfosfônico
Ci	Carbono interno
DAA	Dias após aplicação
<i>E</i>	Transpiração
EiC	Eficiência instantânea da carboxilação
EPSPs	5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase
EUA	Eficiência instantânea do uso de água
g e. a.	Gramas de equivalente ácido
gs	Condutância estomática
ha	Hectare
HAA	Horas após aplicação
MSC	Massa seca de caule
MSF	Massa seca de folhas
MSR	Massa seca de raiz
MST	Massa seca total
ppm	Parte por milhão
SFB	Sistema florestal brasileiro
VR	Volume de raiz

1 INTRODUÇÃO

O landi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) é uma espécie arbórea nativa das Américas Central e do Sul, de madeira nobre para móveis, esquadrias e batentes, dentre outras aplicações (CARVALHO, 2003). A árvore é bastante ornamental, podendo ser empregada no paisagismo em geral. Os frutos são consumidos por várias espécies da fauna, sendo, portanto útil no reflorestamento misto de áreas com matas ciliares degradadas (LORENZI, 2008). Essa espécie vem sendo plantada em monocultivo em diversos estados do Brasil, como São Paulo, Mato Grosso, Tocantins e Maranhão (EMBRAPA, 2012).

A maioria das pesquisas com plantios comerciais no Brasil foi direcionada às espécies exóticas, principalmente o eucalipto e o pinus. Assim, existem poucos estudos realizados sobre o manejo florestal de espécies nativas, entre elas o landi. São escassos os trabalhos com produção de mudas, implantação e manutenção do plantio florestal como, por exemplo, o controle de plantas invasoras (SILVA, 2013).

As plantas daninhas competem com as culturas e espécies florestais por nutrientes, água, luz e espaço além de interferir alelopaticamente sobre algumas espécies cultivadas causando sérios prejuízos ao seu crescimento, seu desenvolvimento e a sua produtividade (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011). Deste modo, deve ser feito manejo das plantas daninhas em áreas florestais, podendo ser realizado por métodos químicos e mecânicos, isolados ou combinados (TOLEDO et al., 2003).

Em extensas áreas, como no caso das empresas florestais, o controle químico é mais vantajoso que os outros métodos, pois há economia de custos com mão de obra e apresenta maior agilidade no alcance de resultados (GONÇALVES et al., 2011). Dentre os produtos utilizados, destaca-se o herbicida glyphosate. O N-(fosfonometil) glicina (glyphosate) é um herbicida sistêmico de ação total que inibe a enzima 5-enolpiruvil shiquimato-3-fosfato sintetase (EPSP sintetase ou EPSPs) e evita que a planta forme os aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano, utilizados para a síntese de proteínas e, também, em alguns metabólitos secundários, como vitaminas, lignina e hormônios (BRADSHAW et al., 1997).

Um dos fatores que deve ser levado em consideração para a utilização de um herbicida é o pouco conhecimento sobre o comportamento das espécies florestais quanto à seletividade, a resistência e os efeitos fitotóxicos (FERREIRA et. al., 2005).

Assim, torna-se muito relevante a realização de estudos com a finalidade de conhecer os efeitos causados por herbicida nas culturas, pois eventualmente as folhas das espécies florestais são atingidas por consequência do controle de plantas daninhas nas entrelinhas, por pulverizações acidentais causadas por má regulagem e uso dos equipamentos de pulverização ou por deriva causada pelo vento (GRAVENA, 2006).

Desta maneira, objetivou-se quantificar os efeitos morfológicos e fisiológicos de mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. submetidas a doses de glyphosate.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Calophyllum brasiliense* Cambess

2.1.1 Identificação

Segundo classificação do sistema APG III (2009) o *Calophyllum brasiliense* Cambess pertence à família *Calophyllaceae* (ordem *Malpighiales*), sendo vulgarmente conhecido como landi, landim, guanandi, jacareúba, cedro-do-brejo entre outros. É uma planta perenifólia, heliófita ou de luz difusa, características e exclusiva das florestas pluviais localizadas sobre solos úmidos e brejosos. É encontrada tanto na floresta primária densa como em vários estágios da sucessão secundária, como capoeiras e capoeirões. Sua dispersão é ampla, porém descontínua; ocorre geralmente em grandes agrupamentos, que por vezes chega a formar populações puras. É capaz de crescer potencialmente dentro da água e até em áreas de mangue. (LORENZI, 2008).

É uma espécie que ocorre naturalmente na América tropical, do México à América do Sul, tendo sua distribuição em território brasileiro desde a Amazônia até o norte de Santa Catarina. Está presente na Mata Atlântica, no Cerrado, na restinga e nas matas do Brasil Central (SCHULTZ, 2011). No estado do Tocantins o landi é comumente encontrado nas matas ciliares e na região conhecida como planície do Araguaia, onde juntamente com a *Vochysia* sp. (canjerana) são as árvores mais abundantes dentro das ipucas, que constituem uma das mais interessantes e peculiares paisagens da depressão do médio Araguaia, sendo constituídas por fragmentos florestais descontínuos, como ilhas de florestas de ocorrência natural, em meio aos varejões sujo e limpo (campo sujo e campo limpo), possuem características fitofisionômicas semelhantes às dos ambientes florestais inundáveis da Amazônia (MARTINS et al., 2006).

O crescimento da planta é monopodial, característica que proporciona fustes bem definidos. Pode chegar a 40 m de altura e 1,5 m de diâmetro e o ponto de corte adequado é atingido com cerca de 18,5 anos (CARVALHO, 1994).

A Figura 1 apresenta as folhas e flores do landi. As folhas são simples, opostas, cruzadas, elípticas a oblongas, de até 16 cm de comprimento e 7 cm de largura, ápice agudos a obtusos e bases agudas, cuneadas, obtusas a

arredondadas, margens inteiras e onduladas, nervação broquidódroma, nervuras secundárias muito finas e paralelas, pecíolos acanalados de 2,5 cm de comprimento, folhas coiácea, discolores, lustrosas na face superior, glabras. Inflorescência racemosa, axilar, de até 6 cm de comprimento, 5 pétalas livres e brancas (SILVA JUNIOR; PEREIRA, 2009).



Figura 1: Folhas e flores do landi. (Fonte: FILHO; SARTORELLI, 2015)

A espécie inicia sua produção de frutos aproximadamente aos quatro anos (EMBRAPA, 2007). A floração do landi é variável em virtude de sua ampla área de ocorrência. Em São Paulo floresce nos meses de novembro a dezembro e a frutificação se dá de janeiro a outubro (FISCHER; SANTOS, 2001). Já no Paraná, a floração vai de outubro a novembro e frutifica a partir de janeiro por um período de 10 meses (MARQUES, 1994). Porém no cerrado a frutificação da espécie ocorre de maio a agosto, quando os frutos devem ser colhidos para obtenção de sementes (EMBRAPA, 2012). No Tocantins, a frutificação ocorre em outubro (COELHO, 2016).

Os frutos são globosos, ricos em goma-resina amarela, glabros, 1 a 1,5 cm de diâmetro, sendo esverdeados quando imaturos (PAULA; ALVES, 1997).

As sementes, de cerca de 2 cm de diâmetro, são ovóides ou globulosas, com tegumento marrom, testa grossa, dura e irregular; o tégmen é fino, e algumas vezes se fragmenta quando a semente está madura. Elas apresentam um pequeno hilo contendo a micrópila, e não contêm endosperma e perisperma quando maduras. Os cotilédones são largos, carnosos e oleaginosos (FLORES, 2002). A zoocória (morcegos) e a hidrocória (água) atuam simultaneamente e promovem o fluxo

gênico dessa espécie, os morcegos conseguem transpor os rios e assim colonizar novas áreas e a dispersão pela água aliada as características adaptativas da espécie é fator relevante, que contribui para o fluxo gênico a longa distância via sementes (NÉRI, 2011). Os frutos e sementes do landi podem ser observados na Figura 2.



Figura 2: Frutos e sementes do landi. (Fonte: MFRURAL, 2015).

2.1.2 Madeira

O landi tem grande importância histórica porque foi considerada a primeira “madeira de lei” para o Brasil, uma vez que o governo imperial garantiu a exclusividade de sua exploração, no século XIX, época em que era muito utilizada na construção naval (LORENZI, 2008).

Possui madeira leve a moderadamente densa (0,45 a 0,65 g/ cm³), com retratibilidade e resistência mecânica médias e de estabilidade dimensional média. Superfície ligeiramente lustrosa, boa durabilidade e resistência (EMBRAPA, 2007). Sua madeira apresenta cor bege e cerne pouco distinto do alburno (PAULA; ALVES, 1997). Recomenda-se para tábuas, construção civil e naval, móveis finos, pisos, carpintaria e para tonoarria ou tonéis, barris de vinho, por exemplo. Apesar de ser, atualmente, pouco utilizada no Brasil, em contraste com outros países da América do Sul e do Caribe, pode substituir esteticamente o mogno (*Swietenia* sp.) e o cedro (*Cedrella* sp.) (CARVALHO, 1994).

Segundo estudo de Navarro (2007) o plantio comercial do landi se mostrou mais viável economicamente do que do *Eucalyptus grandis* para serraria e processos. Apresentando maior VPL (Valor presente líquido), VET (Valor esperado da terra), BPE (Benefício periódico equivalente) e C/B (Custo benefício).

O *Calophyllum brasiliense* Cambess encontra-se, atualmente, entre as espécies madeireiras de maior interesse comercial no Brasil segundo Sistema Nacional de Informações Florestais (2010).

Possui velocidade de crescimento moderada, com crescimento médio anual (IMA) 8,40 m³/ha/ano, em um ciclo de 20 anos, pode produzir até 168 m³ de madeira por hectare (FILHO; SARTORELLI, 2015).

O corte final do landi é previsto ente o 18º e o 20º ano e os desbastes após 6, 12 e 15 anos posterior ao plantio (TROPICAL FLORA REFLORESTADORA, 2017). O valor da madeira em pé (média 2014/2015) é de 103 a 370 reais o m³. Atualmente, há diversos plantios da espécie, principalmente no interior de São Paulo (FILHO; SARTORELLI, 2015).

2.1.3 Outros usos

A espécie pode ser usada na arborização de praças, ruas e avenidas, e em países da América Central é utilizada na arborização rodoviária. É indicada na restauração de matas ciliares em locais sujeitos a inundações periódicas de média a longa duração, e também indicado em áreas de solos permanentemente encharcados (CARVALHO, 2003).

Como produtos não madeireiros dessa espécie podem ser citados alimentação animal (forragem), folhas de *Calophyllum brasiliense* Cambess possuem altos teores de fibra (SERAFINI et al., 2011). Os frutos alimentam a fauna e produzem óleo industrial. A goma-resina que exsuda da casca, as folhas e a própria casca são empregadas na medicina tradicional. A goma-resina é aromática, amarga, adstringente e considerada como anti-reumática, sendo empregada para apressar a maturação de tumores e no tratamento de úlceras e diabetes. Estudos etnofarmacológicos revelam o uso da espécie no tratamento de dores, inflamações, hipertensão, herpes, reumatismo e distúrbios do trato gastrointestinal. São comprovadas as atividades antibacteriana, antifúngica, gastroprotetora, antiespasmódica, moluscicida, inibitória sobre o vírus HIV-1 e contra o parasita *Trypanosoma cruzi*. Na medicina veterinária é usada para fortalecer os tendões dos animais. Estudos fitoquímicos desta planta demonstraram a presença de xantoninas em sua parte lenhosa, além de guanandina, jacareubina e derivados de guanandina (LORENZI, 2008; MUNDO; DUARTE, 2008; REYES-CHILPA et al., 1997; NOLDIN et al., 2006).

Rombola (2014) em seu estudo mostra também a capacidade dos extratos das plantas de *Calophyllum brasiliense* Cambess possuírem um grande potencial no controle do crescimento da cianobactérias *Microcystis aeruginosa*, principal produtora da toxina hepatotóxica microcistina, demonstrou ser uma alternativa natural e viável a ser aplicada de forma correta.

Por ser uma planta nobre, o landi se enquadra nos projetos internacionais de sequestro de carbono. Estudos indicam o *Calophyllum brasiliense* Cambess como uma das melhores plantas que se ajustam aos projetos de sequestro de carbono (COELHO, 2016).

2.2 Plantios comerciais do landi

O reflorestamento conservacionista tem como principal objetivo recuperar áreas denominadas de preservação permanente ou mesmo as reservas legais. Já o plantio comercial busca o uso dos produtos florestais retirados do mesmo, sejam eles madeireiros (serraria, estacas, lenha, poste, moirão, etc) ou não madeireiros (resina, cipó, óleo, sementes, plantas ornamentais, plantas medicinais, bem como serviços sociais e ambientais, como reservas extrativistas, sequestro de carbono, conservação genética e outros benefícios oriundos da manutenção da floresta), visando à obtenção de lucro com o plantio, assim como uma cultura agrícola (CIRIELLO, 2010; SNIF, 2016).

Plantios de espécies florestais exóticas e nativas com fins comerciais têm aumentado em todo mundo e possuem um papel importante na composição da paisagem e da economia de muitas regiões do planeta (FAO, 2005).

Segundo Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF, as florestas plantadas, exóticas e nativas, tem aumentado sua participação quanto ao valor dos produtos extraídos, madeireiros e não-madeireiros, ao longo dos anos no Brasil (Figura 3). Em 2015, a extração de florestas plantadas correspondeu a 13,7 bilhões de reais (74,4%) enquanto a floresta natural contribuiu com 4,7 bilhões.

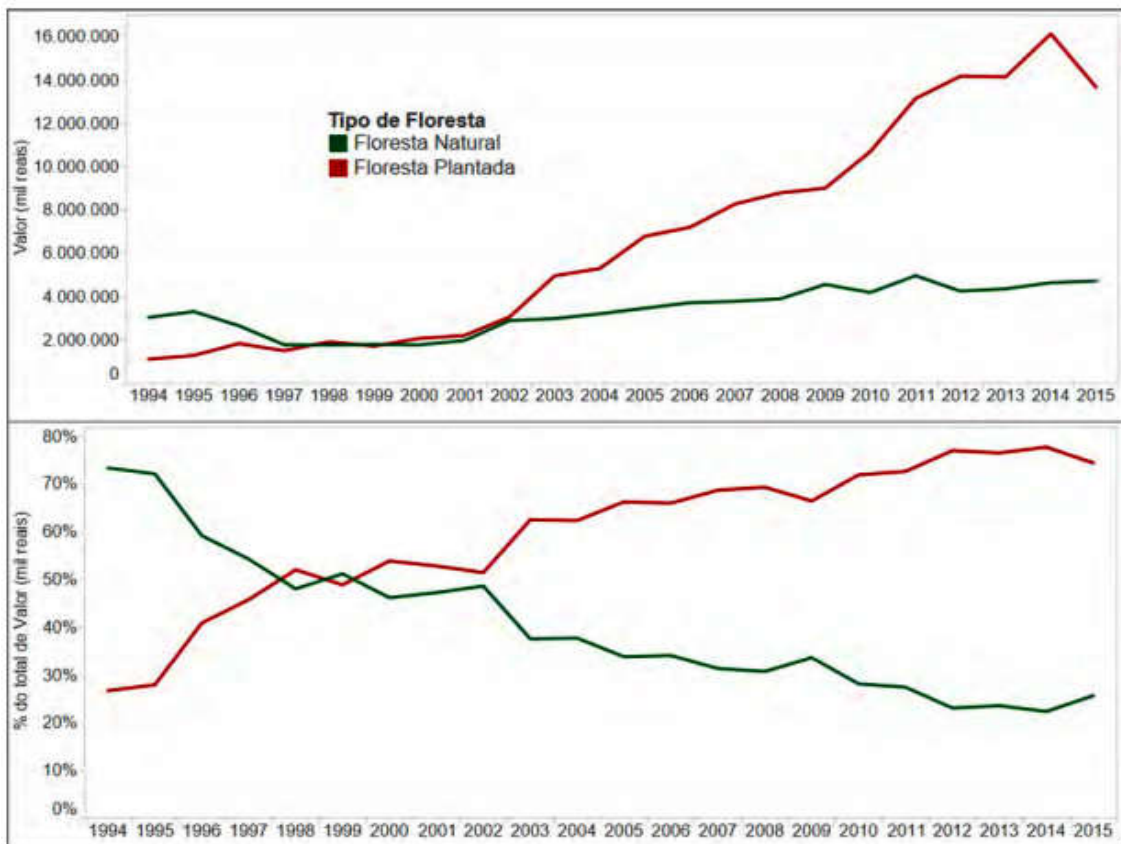


Figura 3: Evolução do valor de produção de produtos madeireiros e não madeireiros extraídos de Florestas Naturais e Florestas Plantadas. (Fonte: PEVS/IBGE, 2015 adaptado SFB).

Segundo IBGE, em 2015, a área de floresta plantada no Brasil foi de 9.935.353 ha, sendo que desse total 7.444.731 ha é eucalipto, 2.062.860 ha pinus e 427.762 ha outras espécies.

As expectativas para plantios comerciais de madeiras de uso nobre, como é o caso do *Calophyllum brasiliense* Cambess., são muito boas, por ser uma espécie promissora, elevando as expectativas dos produtores (MENDES, 2012). Essa espécie possui um grande potencial silvicultural, cujo interesse no Brasil vem aumentando a cada ano. É plantado em países da América Central, como a Costa Rica, há mais de 15 anos, onde apresentou crescimento satisfatório em plantações puras, porém no Brasil, embora ocorra em uma ampla faixa de distribuição geográfica, o seu plantio comercial ainda é recente (WANGINIÁK, 2016).

O cultivo de guanandi para fins comerciais pode ser feito de forma pura, mista, em mosaicos ou em sistemas agroflorestais (TROPICAL FLORA, 2017).

Navarro (2007) apresentou em seu trabalho as etapas do plantio de landi em manejo sequencial na região de Garça, centro-oeste do estado de São Paulo. No ano zero, as áreas foram preparadas para o plantio, no espaçamento de 3 x 2m (1.833 árv./ha, acrescentando 10% de mortalidade no campo). É nessa etapa que se faz adubação de cobertura após 3 meses de implantação das mudas em campo e o manejo de pragas.

Segundo Tropical Flora (2017) os principais tratamentos culturais que o cultivo do landi exige são o manejo de pragas e doenças, adubação, manejo de plantas daninhas, podas e desbastes. Os desbastes são feitos com objetivo de aumentar o diâmetro das árvores remanescentes e com isso obter ao final do ciclo madeira de qualidade, as datas certas dos desbastes são determinadas por meio de cálculos efetuados no inventário florestal que deve ser feito anualmente. E a colheita realizada aos 18 anos de idade quando as árvores deverão apresentar 30 a 40 cm de DAP.

Coelho (2016) em plantio comercial de landi em Dueré-TO, na fazenda Reunida da empresa JAMP Agropecuária e Reflorestadora Ltda., área de cerrado, estudou povoamento dessa espécie com idade média de 74 meses. A área preparada para plantio foi no espaçamento de 4 x 2 m compreendendo 1.250 árvores/ha, acrescentando 5% de mortalidade no campo e indicou que em todos os anos, foram realizados tratamentos culturais de adubação, capina química (herbicida), capina mecânica, roçadas e combate à formiga. O incremento médio anual em altura total reduziu até os 36 meses de idade, seguido por aumento até os 74 meses, sendo que em valores percentuais variou de 12,71% a 16,02%.

Piotto (2005) avaliando plantio de landi, observou no crescimento inicial (7 anos) incremento médio em altura de 1,4 m/ano e incremento médio em diâmetro de 1,82 cm/ano.

Navarro (2007) descreve ainda que no primeiro e segundo ano de plantio fez-se a adubação de cobertura e manutenção simples, como reforma de aceiros, roçada mecânica na entrelinha, aplicação de herbicida, combate a formigas e aplicação de inseticida.

No quarto ano do plantio além da manutenção do plantio, ocorre desrama de 1/3 da altura total da árvore, juntamente com o primeiro desbaste de 25% das árvores do plantio. Do quinto ao décimo ano se faz apenas manutenção com consequente corte, carregamento das toras e transporte.

No décimo primeiro ano realiza-se a manutenção do reflorestamento e desrama de 1/3 da altura total da árvore, segundo desbaste, de 35% das árvores, com conseqüente corte, carregamento das toras e transporte.

Do décimo segundo ao décimo terceiro ano de plantio é feita a manutenção do plantio com reforma de aceiros, combate a formiga e três roçadas mecânicas entre linha. No décimo quarto ano realiza-se a manutenção com desrama de 1/3 da altura total da árvore. É feito o terceiro desbaste de 50% das árvores do plantio, corte e carregamento das toras e transporte. Do décimo quinto ao décimo oitavo ano realiza-se apenas a manutenção do plantio.

No décimo nono ano de plantio realiza-se o corte raso do landi, com produção de madeira de 180 m³/ha considerando-se aproveitamento de 50% na serraria a produção, seria de 90 m³/ha.

2.3 Plantas daninhas e espécies florestais

As culturas florestais, como qualquer população vegetal, estão sujeitas a uma série de fatores ecológicos que, direta ou indiretamente, podem afetar o crescimento das árvores e a produção de madeira, carvão e celulose, entre outros produtos. Estes fatores podem ser divididos em fatores abióticos (como a disponibilidade de água, nutrientes do solo, pH do solo, luminosidade e outros) e bióticos (competição, comensalismo, predação etc) (PITELLI; MARCHI, 1991).

Um dos importantes fatores bióticos que interferem em plantios florestais são as plantas daninhas ou invasoras, organismos vegetais que competem com culturas agrícolas e espécies florestais em áreas reflorestadas pelos fatores de crescimento e desenvolvimento (água, luz e nutrientes), interferindo negativamente nos ecossistemas agrícolas, podendo desencadear uma vasta gama de fatores bióticos sobre as plantas cultivadas, os quais irão interferir não só na produtividade, mas também na operacionalização do sistema produtivo e na sustentabilidade do mesmo (KASPARY, 2014; FILHO, 1987).

A magnitude das interferências normalmente é avaliada através de decréscimos de produção e do crescimento afetado da planta. As plantas daninhas também podem causar danos de modo indireto, quando atuam como hospedeiras intermediárias de pragas, doenças e nematóides (VELINI, 1992).

Alguns estudos foram realizados com clones de eucalipto sob disponibilidade limitada de recursos de crescimento, principalmente quanto à absorção e uso da água, nutrientes e luz (BINKLEY et al., 2004; STAPE et al., 2004).

Mudas de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* foram afetadas negativamente quanto a altura de plantas, o número de ramos, o diâmetro do caule e matéria seca de folhas e do caule pela competição com cinco plantas daninhas *Urochloa decumbens* Stapf (braquiária), *Ipomoea nil* (L.) Roth (corda-de-violão), *Commelina diffusa* Burm. f. (trapoeraba), *Spermacoce latifolia* Aubl. (erva-quente) e *Panicum maximum* Jacq. (capim-colonião) após 60 dias do transplante. As plantas daninhas apresentaram alta capacidade de remover nutrientes do solo em competição com os dois clones (MEDEIROS et al., 2016). Tarouco et al. (2009) também observaram que a competição do eucalipto com as plantas daninhas causou a redução do diâmetro e da massa de matéria seca de caules e ramos. Toledo et al. (2003) mostraram que competição de plantas daninhas com eucalipto interfere de forma negativa no diâmetro medido à altura do peito (DAP), altura, volume e incremento médio anual de madeira (IMA).

Plantas de Teca (*Tectona grandis* L.f.) em competição com *Brachiaria* sp. apresentaram menor desenvolvimento vegetativo, tanto de circunferência como de altura, causando uma diminuição ainda mais significativa no volume da cultura (DOMINGOS JÚNIOR, 2014).

Assim, as plantas invasoras em áreas de plantio comercial tornam-se indesejáveis, tanto do ponto de vista silvicultural quanto econômico. Em função disso faz-se necessário a adoção de métodos de controle visando minimizar os danos ocasionados. Os métodos disponíveis para o controle das plantas daninhas são: manual, mecânico-físico, cultural, biológico e químico (GELMINI, 1988).

O método de controle químico vem sendo amplamente utilizado e difundido, em razão dos seus resultados mais rápidos, eficientes e prolongados. Dentre as várias vantagens deste método destacam-se a menor possibilidade de reinfestação e menor utilização de mão-de-obra. Por outro lado, existem as desvantagens do uso desta prática, como a contaminação do solo pelos resíduos e a deriva (PEREIRA et al., 2010).

2.3.1 Controle químico (herbicidas)

O controle de plantas daninhas, através de produtos químicos, teve início no começo do século XX, com sais e ácidos fortes. Com a descoberta dos compostos orgânicos sintéticos, em 1940, intensificou-se o uso do controle químico e os compostos químicos para controle de plantas daninhas receberam o nome de herbicidas. A etimologia da palavra vem do latim *herba* (planta) e *caedere* (matar). O primeiro marco do controle químico moderno ocorreu em 1941, com a síntese do ácido 2,4–diclorofenoxiacético, o herbicida 2,4-D (FAGLIARI, 2004).

O manejo das plantas daninhas com o uso de herbicidas é utilizado na maioria das áreas plantadas. A preferência por este método de controle justifica-se por ser prático, rápido e eficaz quando se utiliza as boas práticas agrícolas e as recomendações técnicas para a cultura (GAZZIERO, 1998). O princípio deste método é que quando os herbicidas são aplicados às plantas ou diretamente sobre o solo, são capazes de eliminar ou inibir o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, muito mais importante, é o fato de que muitos deles podem eliminar ou inibir o crescimento de apenas algumas espécies, sem prejudicar outras, ou seja, apresentam seletividade. (VIDAL, 1997).

Os herbicidas podem ser classificados segundo a seletividade (seletivos e não seletivos), segundo a translocação (herbicidas com ação de contato e herbicidas de ação sistêmica), quanto à época de aplicação (herbicidas aplicados em pré-plantio incorporado (PPI)), herbicidas aplicados em pré-emergência (PRÉ), herbicidas aplicados em pós-emergência (PÓS), quanto à estrutura química e quanto ao mecanismo de ação (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011).

Em áreas onde o controle químico é adotado, a deriva de herbicidas tem sido relatada com frequência. Em aplicações dirigidas de produtos não-seletivos, como no caso dos herbicidas à base de glyphosate, a própria cultura pode ser afetada pelo contato com o herbicida, podendo causar intoxicação, queda no crescimento e até a morte das plantas (TUFFI SANTOS et al., 2007).

Assim, toda vez que for aplicado de forma inadequada e entrar em contato com a cultura, o produto também expressará sua atividade herbicida e causará danos, dependendo das proporções de dose e suscetibilidade da cultura (GALLI; MONTEZUMA, 2005).

Na literatura, a deriva é abordada pelos efeitos causados pelas moléculas de herbicidas sobre a produtividade e morfologia de culturas não-alvo. Esses trabalhos envolvem o conceito de “deriva simulada”, que reportem diferentes formulações de herbicidas sobre as culturas (BAILEY; KAPUSTA, 1993).

A seletividade depende das características da molécula do herbicida, como também da resistência das plantas cultivadas a sua ação fitotóxica (CAMARGO, 1977). A resistência das plantas à ação dos herbicidas depende de suas características morfológicas, estruturais e fisiológicas (FILHO, 1987). Alguns trabalhos tem sido realizados nas últimas décadas utilizando espécies florestais para observar os efeitos de sub doses de herbicidas com deriva simulada e seletividade de herbicida para culturas como espécies arbóreas (*Senna multijuga*, *Senna macranthera*, *Solanum granuloseprosum* e *Trema micrantha*) (FERREIRA et al., 2005), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira-do-sertão) (DUARTE et al., 2006), e principalmente eucalipto (AGOSTINETTO et al., 2010; TUFFI SANTOS, 2005; TUFFI SANTOS, 2006; TUFFI SANTOS, 2007; TUFFI SANTOS, 2008; COSTA et al, 2012; CARVALHO, 2014).

1.3. Glyphosate

O glyphosate (N-fosfometil glicina) foi originalmente sintetizado em 1964 como potencial quelante industrial e seu uso como herbicida foi descrito apenas em 1971. Devido à limitada solubilidade (1,2% a 25°C) do ácido em água, os sais mais solúveis do ácido são preferidos para as formulações. O termo glyphosate é geralmente utilizado para indicar tanto o ácido como seus sais, pois é reconhecido que eles são biologicamente equivalentes (YAMADA; CASTRO, 2007). As estruturas do glyphosate e de seu principal produto de degradação, o ácido aminometilfosfônico (AMPA), são apresentadas na Figura 4.

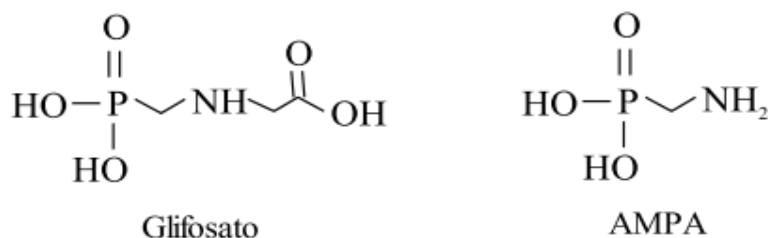


Figura 4: Estruturas dos compostos do glyphosate. (Fonte: AMARANTE JÚNIOR et al., 2002).

Atualmente, o glyphosate é componente fundamental da grande maioria dos sistemas de produção agrícola e está entre os principais herbicidas utilizados em áreas de plantio comercial de espécies nativas. Trata-se de um herbicida de aplicação em pós-emergência das plantas, classificado como não-seletivo e de ação sistêmica, que atua na inibição da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs) (GALLI; MONTEZUMA, 2005; CORNISH; BURGIN, 2005). Possui largo espectro de ação controlando com eficiência plantas daninhas anuais e perenes e possui custo relativamente baixo e rápida degradação no ambiente (CHRISTOFFOLETI, 2008).

Pertence ao grupo químico glicina substituída e é tóxico para organismos aquáticos, pouco tóxicos para organismos do solo, aves e abelhas, e pouco bioacumulável. É um produto pouco a medianamente persistente no solo, pouco móvel e apresenta muita a elevada absorção no solo. Os produtos técnicos à base do ingrediente ativo glyphosate, em geral, são classificados na classe III, quanto à toxicidade. Em 2009 foi citada a comercialização de 71 marcas comerciais de produtos formulados à base de glyphosate por 20 diferentes empresas registrantes (IBAMA, 2010).

O glyphosate é atualmente o herbicida mais utilizado no Brasil e no mundo (BASTOS; SIMONI, 2010), como apresentado na Figura 5, em levantamento feito pelo IBAMA a cerca da comercialização de agrotóxicos em 2009.

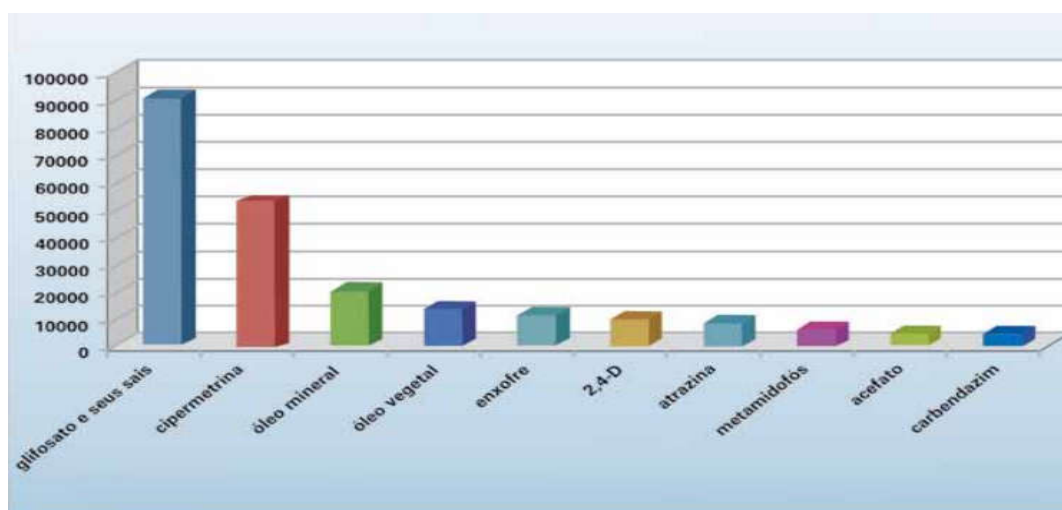


Figura 5: Dez ingredientes ativos mais comercializados no Brasil em 2009 (em toneladas). (Fonte: IBAMA, 2010).

O glyphosate é absorvido basicamente pela região clorofilada das plantas (folhas e tecidos verdes) e transloca-se rápida e intensivamente pelo simplasto. Depois de atingir o floema, geralmente segue o fluxo de movimento de fotoassimilados fonte-dreno e se acumula em áreas de crescimento ativo (meristemas) (GALLI; MONTEZUMA, 2005; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011).

Atua na rota do shiquimato como um potente inibidor da atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que é catalisadora de uma das reações de síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. (COLE, 1985; RODRIGUES, 1994). A Figura 6 mostra o mecanismo de ação do glyphosate.

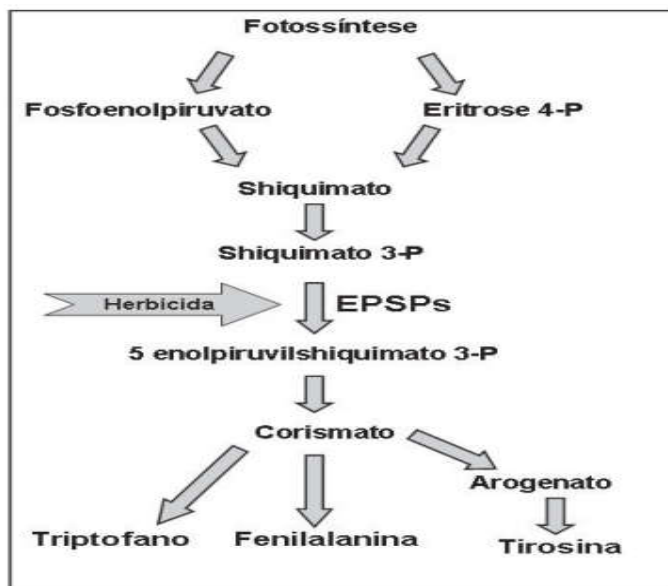


Figura 6: Mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da EPSPs. (Fonte: CHRISTOFFOLETI, 2008).

Cada um dos aminoácidos aromáticos dá origem a diversos compostos: a fenilalanina, além de auxiliar na biossíntese de proteínas, também é utilizada como substrato para a via do fenilpropanoide que produz outros numerosos produtos secundários das plantas, tais como antocianinas, lignina, promotores e inibidores de crescimento e compostos fenólicos; o triptofano é o precursor do ácido indolacético (AIA), hormônio necessário para expansão celular, manutenção da dominância apical e muitos outros processos regulatórios. A tirosina é um precursor da vitamina E, alcalóides, pigmentos e quinonas (YAMADA; CASTRO, 2004; VELINI et al., 2009). Após aplicação do herbicida ocorre à paralisação do crescimento e

muitos tecidos das plantas degradam-se lentamente em função da falta de proteínas (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2011).

Comparado com outros herbicidas, os sintomas de toxicidade do glyphosate ocorrem lentamente, com gradual aparecimento de clorose e necrose. A morte da planta susceptível pode ocorrer em alguns dias ou semanas (FRANZ et al., 1997; MONQUERO et al., 2004).

Uma das principais fontes de estresse para as plantas atualmente é através da aplicação de herbicidas. Embora o mecanismo de ação do glyphosate seja amplamente conhecido, alguns outros possíveis efeitos sobre as plantas são menos estudados. Estes efeitos secundários, no entanto, podem apresentar implicações importantes no crescimento de plantas e de microrganismos (KREMER et al., 2005).

Na literatura podem ser encontrados os efeitos causados pelo glyphosate que variam em função de vários fatores como espécie, dose e estágio de desenvolvimento da planta (GRAVENA, 2006).

A partir da aplicação de 60 g e.a. do glyphosate observou-se em plantas de eucalipto redução na transpiração, aumento da resistência estomática e da temperatura foliar (PEREIRA et al., 2010). A deriva de glyphosate em mudas de eucalipto causou danos à produção de madeira aos 360 dias após aplicação (DAA), em que plantas com 21-30, 31-40 e 41-50% de intoxicação apresentaram redução no volume de madeira de 18, 26 e 48%, respectivamente, em relação à testemunha (TUFFI SANTOS, 2007). Em mudas de *T.ciliata* (Cedro Australiano), doses de glyphosate (1.440 e 2.880g ha⁻¹) causaram a morte de algumas plantas (OLIVEIRA et al., 2008).

No entanto, existem poucos estudos sobre potenciais perdas para o desenvolvimento de espécies nativas causadas pela aplicação do glyphosate (ROKICH; DIXON, 2007). Quando estes herbicidas são aplicados em pós emergência, podem causar estresse na cultura, por exemplo, inibindo a fotossíntese, afetando a atividade estomática e / ou interferir no metabolismo e funções fisiológicas das plantas (XIAOWEN et al., 2010; VARSHNEY et al., 2012).

Doses de glyphosate causaram alterações nas variáveis fotossintéticas em plantas de pequi (*Caryocar brasiliense*), provocando reduções nas trocas gasosas, eficiência fotoquímica e teor de pigmentos cloroplastídicos, principalmente quando expostas as maiores doses do herbicida (250, 500, 1.000 e 1.500 g ha⁻¹) (SILVA et al., 2016). Plantas de landi tratadas com dose de 1.080 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate

apresentaram taxa de transporte de elétrons (ETR) (fluorescência) reduzido em 20% (5 DAA), devido ao seu mecanismo de ação, que inibe a síntese de aminoácidos aromáticos (ARALDI, et al., 2015).

No crescimento inicial de espécies nativas *Plathymenia reticulata* (vinhático), *Bowdichia virgilioides* (sucupira-preto), *Kielmeyera lathrophyton* (pau-santo) e *Solanum lycocarpum* (lobeira) após aplicação de doses de glyphosate, mesmo na menor dose aplicada (160 g ha^{-1}), as plantas apresentaram sintomas de intoxicação (clorose e necrose foliar). Aos 30 DAA foi observada a maior mortalidade para *Solanum lycocarpum* que receberam as dose de 480 e 1440 g ha^{-1} de glyphosate (MACHADO et al., 2013).

Assim, torna-se necessário o estudo sobre o grau de interferência e ação do glyphosate em uma determinada cultura, constatando quais os efeitos tóxicos visuais e morfológicos (altura, diâmetro e biomassa), como também aspectos fisiológicos (fotossíntese, condutância estomática, transpiração e carbono interno).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento, preparo das mudas e aplicação do herbicida

O estudo foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do estado do Tocantins a $11^{\circ} 43' S$ e $49^{\circ} 04' W$, 280m de altitude (Figura 7).



Figura 7: Localização geográfica da cidade de Gurupi no estado do Tocantins e do local do experimento na Universidade Federal do Tocantins. (Fonte: Google Earth, 2013).

O Clima da cidade de Gurupi segundo o Método de Thornthwaite é classificado como C2w2A'a', clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica, evapotranspiração potencial média anual de 1.600 mm, distribuindo-se no verão em torno de 410 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada (TOCANTINS, 2012).

A temperatura média anual é de $27^{\circ}C$, sendo verão chuvoso, inverno seco e elevado déficit hídrico entre os meses de maio a setembro. Na Figura 8 observam-se as temperaturas, máximas e mínimas, e precipitação semanais durante o período de desenvolvimento do experimento, segundo dados INMET (2017). Na Figura 8 são apresentadas a umidade, radiação, temperatura e precipitação durante o período do experimento, segundo dados do INMET (2017).

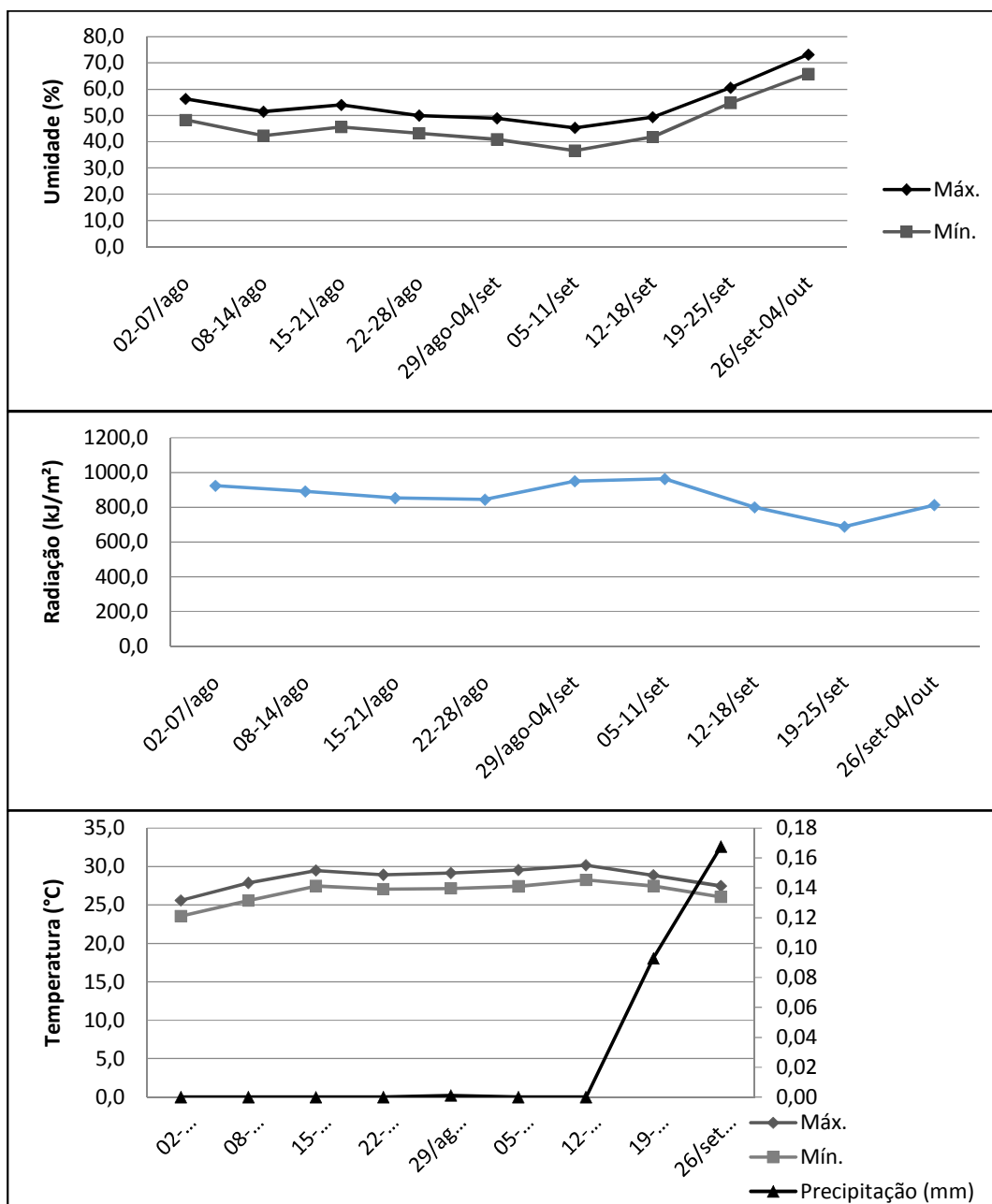


Figura 8: Umidade, Radiação, Temperatura e Precipitação durante o período do experimento (agosto a outubro de 2016). Gurupi, TO.

As sementes de landi foram adquiridas na empresa Arbocenter e plantas em outubro/2015. Para germinação foi retirado o tegumento das sementes e posteriormente colocadas em tubetes de 288 cm³ com substrato comercial contendo casca de arroz e fibra de coco com adição de cloreto de potássio (Figura 9). Foram

mantidas no viveiro da Universidade Federal do Tocantins, campus Gurupi, com sombrite de 50% e irrigação por microaspersão controlada 3 vezes ao dia.



Figura 9: Sementes de landi com tegumento e sem tegumento plantadas em tubetes (outubro/2015). (Fonte: A autora, 2016)

Quando as mudas atingiram altura de aproximadamente 30 cm (fase de desenvolvimento para produção comercial do landi), 6 meses após germinação das sementes em abril/2016, foram transplantadas para sacos de 11 litros preenchidos com solo coletado na camada arável da fazenda experimental da Universidade Federal do Tocantins, caracterizado como Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico, textura média, sendo este um solo típico de cerrado (EMBRAPA, 2006) (Figura 10). As plantas de landi foram mantidas na mesma condição de topografia e condições climáticas com irrigação por microaspersão controlada duas vezes ao dia.



Figura 10: Mudas em tubetes no viveiro e transplantadas para sacos (abril/2016). (Fonte: A autora, 2016).

Foram realizadas quatro adubações de cobertura durante o experimento, três antes da aplicação (julho/2016) e uma após (agosto/2016). Utilizou-se 10 g de uréia, 20 g de cloreto de potássio, 10 g de super simples e 10 g de micronutrientes Yoorin em 20 L de água aplicados uniformemente nas mudas.

Em 2 de agosto de 2016, quatro meses após transplântio, foi realizada aplicação do glyphosate Roundup Original® (360 g/L equivalente ácido) com pulverizador costal pressurizado a gás carbônico e equipado com pontas bico tipo leque (XR 110.02) com volume de calda de 200 L/ha⁻¹ e pressão constante de 35 kgf/cm². A aplicação foi realizada após as 18h, no período da aplicação a temperatura média era de 33,2°C, umidade do ar 23% e velocidade do vento 2,4 m/s.

3.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com 5 tratamentos, correspondendo a 4 doses de glyphosate (Roundup original®) 180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹ e a testemunha (sem aplicação), e 10 repetições, sendo cada planta uma repetição, totalizando 50 plantas. Os tratamentos estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1: Tratamentos avaliados e as respectivas quantidades de ingrediente ativo, e produto comercial de glyphosate.

Tratamento	Dose p.c (L/ha)	Concentração (g e.a. L ⁻¹)
Testemunha (T0)	-	-
T1	0,5	180
T2	1,0	360
T3	1,5	540
T4	2,0	720

g. e.a = gramas do equivalente ácido do glyphosate contido na fórmula comercial Roundup original®;
p.c = produto comercial em 2L de água

3.3 Parâmetros morfológicos

Após a aplicação do herbicida foram observadas aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação - DAA alterações morfológicas na parte aérea das plantas, visíveis a olho nu, considerando o porte da planta, coloração das folhas e desenvolvimento geral, e foi avaliada a intoxicação visual de plantas (toxicidade) em relação à testemunha por meio de escala de notas de 0 a 100%, onde: 0% quando não se observam quaisquer alterações na planta e 100% para morte da planta. (YAMASHITA et al., 2009) (Tabela 2).

Tabela 2: Escala de notas para avaliação visual de toxicidade de herbicidas sobre as plantas de landi, após tratamento com glyphosate.

Conceito	Notas	Observação
Muito leve	0-5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na planta.
Leve	6-10	Sintomas nítidos, entretanto de baixa intensidade.
Moderada	11-20	Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior
Aceitável	21-35	Sintomas pronunciados, mas totalmente tolerados pela planta.
Preocupante	36-45	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação.
Alta	46-60	Danos irreversíveis, com redução drástica no desenvolvimento da planta.
Muito alta	61-100	Danos irreversíveis muito severos. Nota 100 para morte da planta.

Yamashita et al. (2009) adaptado de SBCPD (1995)

Antes da aplicação, todas as plantas foram mensuradas quanto a sua altura (H) (da superfície do solo até o ápice caulinar, em cm, com régua graduada de 50 cm) e diâmetro do caule (D) (a dois cm da superfície do solo, em mm, com paquímetro digital). Após aplicação do herbicida a altura de plantas e diâmetro de caule foram medidos de 10 em 10 dias até o final do experimento. Foram utilizados no trabalho o incremento da altura pela fórmula $(H7-H1)/H1*100$, onde H1 corresponde a primeira avaliação de altura e H7 a última e incremento de diâmetro pela fórmula $(D7-D1)/D1*100$, onde D1 corresponde a primeira avaliação de diâmetro e D7 a última.

Ao final do experimento (62 DAA) as plantas foram separadas em folhas, caule e raiz e armazenadas em sacos de papel, mantidas em estufa com circulação de ar ($65 \pm 2^\circ\text{C}$) por 72h. Em seguida, foram pesados e avaliado o acúmulo de massa seca: das folhas (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR) e massa seca total (MST). Para o volume de raízes (VR), as raízes foram lavadas retirando o solo e colocadas em proveta de 1000 ml com quantidade de água conhecida e observado o deslocamento, em cm^3 .

A área foliar da planta inteira foi determinada por intermédio de um integrador de área, Area Meter modelo LI-3100, da LI-COR e expressa em cm^2 .

3.4 Parâmetros fisiológicos

Após a aplicação dos herbicidas, foram realizadas as 10 avaliações fisiológicas, a primeira às 48 HAA (horas após aplicação) e as demais de 4 em 4 DAA, no terço superior da planta, na sexta folha completamente expandida. Utilizando-se o analisador portátil de gás infravermelho (IRGA, modelo LI- 6400 XT, LI-COR, inc. Lincoln, NE, EUA).

As avaliações foram feitas entre 9 e 11h da manhã, de forma que fossem mantidas as condições ambientais homogêneas. Anterior as análises fisiológicas, foi realizada a curva de saturação da fotossíntese para verificar qual radiação fotossinteticamente ativa (RFA) as plantas de landi respondiam com maior taxa de fotossíntese (Figura 11), assim utilizou-se a luz de $1.200 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para as leituras dos parâmetros analisados.

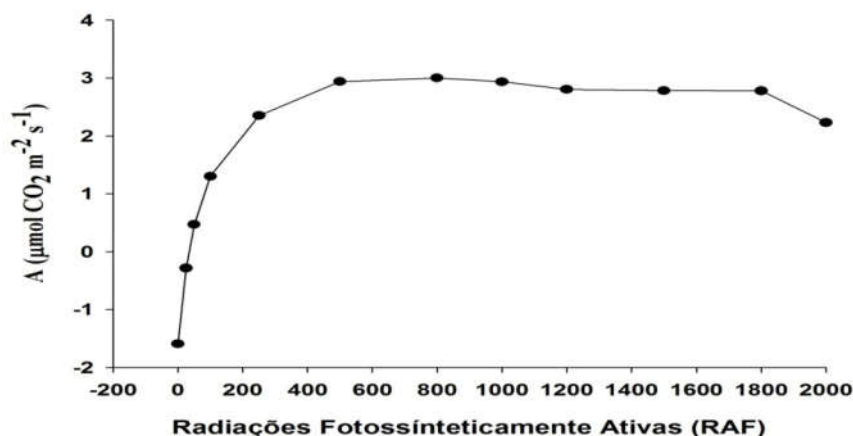


Figura 11: Curva de saturação da fotossíntese do *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Foram avaliados taxa de assimilação líquida de CO_2 ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($g_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e carbono interno ($C_i - \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$). Através dos dados fisiológicos foram quantificadas a eficiência instantânea no uso de água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (Machado et al. 2005, Melo et al. 2009).

3.5 Análise estatística

3.5.1 Dados morfológicos

Os dados do incremento de altura e diâmetro foram submetidos ao teste de média com significância menor que 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott utilizando o programa Sisvar 5.6 e à análise de regressão no software Sigmaplot 10.0 utilizando gráfico de barras verticais com erro padrão. Os dados de toxicidade foram submetidos à análise de regressão no software Sigmaplot 10.0 utilizando gráfico de linha (*line/scatter plot*).

Os dados de massa seca de caule, folhas, raiz e total, área foliar e volume de raiz foram submetidos à análise de variância por meio do teste F e teste de média com significância menor que 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott utilizando o programa Sisvar 5.6.

3.5.2 Dados fisiológicos

Os dados de fotossíntese, condutância estomática, transpiração e carbono interno foram submetidos à análise de regressão utilizando o software Sigmaplot 10.0 utilizando gráfico de barras verticais com erro padrão e o teste de média com significância menor que 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott utilizando o programa Sisvar 5.6.

Os gráficos dos dados fisiológicos ao longo do tempo, EUA e EiC foram submetidos à análise de regressão utilizando o software Sigmaplot 10.0 gráfico de linha (*multiple lines & scatter*).

3.5.3 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram extraídos do INMET e através da média diária foram feitos gráficos de linhas no Excel dos dias de avaliação.

4 RESULTADOS

4.1 Parâmetros morfológicos

Observando o incremento de altura de plantas de landi em função do tempo submetidas às doses de glyphosate (Figura 12), compreende-se que houve uma diminuição do incremento de altura de acordo com aumento das doses. Todos os tratamentos diferiram significativamente entre si, com exceção das duas maiores doses (540 e 720 g.e.a. L⁻¹). O glyphosate interferiu significativamente no crescimento das plantas havendo uma redução gradativa no incremento de altura, em relação à testemunha, com o aumento das doses, onde houve incremento de altura de 64,41% na testemunha, 49,93% na dose 180 g e.a. L⁻¹, 31,55% na dose 360 g e.a. L⁻¹, 10,52% na dose 540 g e.a. L⁻¹ e apenas 5,41% na dose 720 g e.a. L⁻¹.

Costa et al. (2012) avaliaram os efeitos da deriva simulada de glyphosate em plantas de *Eucalyptus grandis* utilizando doses (0; 30; 60; 90 e 120 g e.a.ha⁻¹), e verificaram que a redução no crescimento em altura das plantas foi em torno de 42,6% (90 g e.a. ha⁻¹) e 100% (120 g e.a. ha⁻¹) esse crescimento nulo foi devido à morte do ápice caulinar, em consequência da maior porcentagem de intoxicação apresentados pelas plantas.

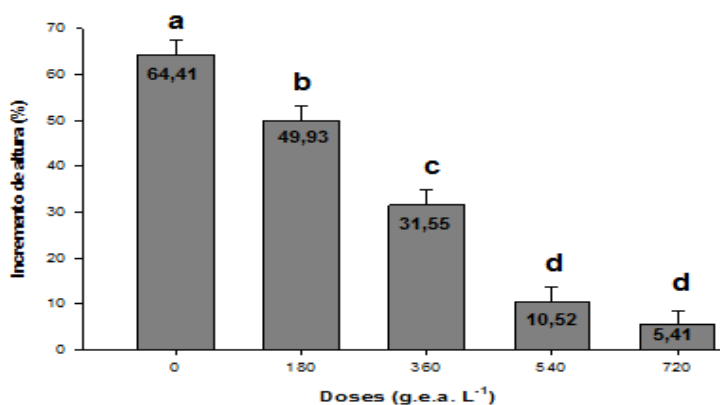


Figura 12: Incremento (%) de altura de mudas de landi em função da aplicação do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) 62 DAA. Gurupi - TO, 2016.

Quando se observou o incremento do diâmetro de plantas de landi em função do tempo submetidas às doses de glyphosate (Figura 13), percebeu-se que apenas

a dose mais baixa se assemelhou estatisticamente a testemunha, sendo que a testemunha apresentou incremento de altura de 57,10% e a dose 180 g e.a. L⁻¹ 47,04%. As outras três doses (360, 540 e 720 g.e.a. L⁻¹) apresentaram menor porcentagem de incremento, com incremento em diâmetro de 32,49%, 40,33% e 30,53%, respectivamente, mostrando que os efeitos do glyphosate afetaram o crescimento das mudas em diâmetro nas maiores doses, porém foi menos afetado do que o incremento em altura.

Costa et al. (2012) também observaram que houve redução no crescimento do diâmetro do caule em *Eucalyptus grandis* em cerca de 25% em relação a testemunha, quando utilizou-se as doses de 30 e 60 g e.a. ha⁻¹, sendo que para as doses de 90 e 120 g e.a. ha⁻¹ a redução foi de 37,5% para ambas, ou seja, a diferença entre tratamentos quando se avaliou diâmetro variou menos do que em altura.

Carvalho et al. (2013a) avaliando efeitos da aplicação de doses de glyphosate (45 ; 90; 180; 360 e 405 g e.a. ha⁻¹) no crescimento inicial de *Acacia mangium* Willd. constatou que o incremento na altura de plantas em todas doses foram menores do que a testemunha, sendo significativos para os tratamentos 180, 360 e 405 g e.a ha⁻¹, os quais não diferiram entre si. Porém o incremento de diâmetro nas doses não apresentou diferenças significativas em relação à testemunha, indicando que o glyphosate interfere mais no incremento de altura das plantas que no incremento de diâmetro em mudas de acácia como observado nas mudas de landi.

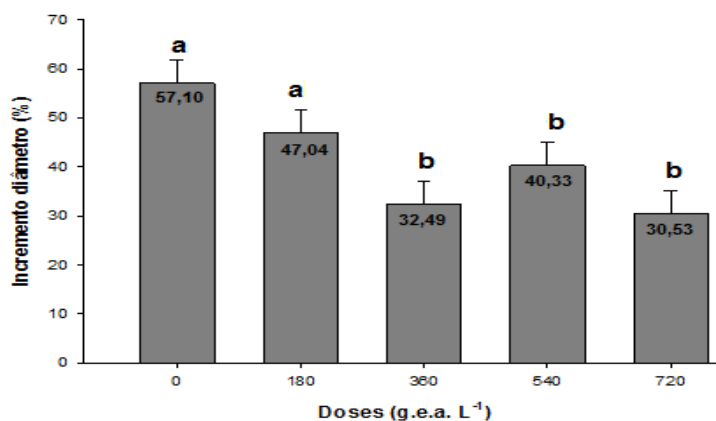


Figura 13: Incremento (%) de diâmetro de caule de mudas de landi em função da aplicação do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) 62 DAA. Gurupi - TO, 2016.

A avaliação visual de toxicidade das plantas de landi em função do tempo submetidas às doses de glyphosate (Figura 14) foi crescente até aos 21DAA, quando se estabilizou, não apresentando avanços dos efeitos de toxicidade visual do herbicida nas plantas. Mesmo na maior dose (720 g.e.a. L⁻¹) a intoxicação visual não passou de 25%, com sintomas acentuados, mas tolerados pela planta não causando a morte de indivíduos, mostrando que a espécie *Calophyllum brasiliense* Cambess possui maior resistência ao glyphosate que outras espécies florestais. Oliveira et al. (2008) observou que em mudas de *Tectona ciliata* (cedro australiano) as maiores doses de glyphosate (1.440 e 2.880g ha⁻¹) causou a morte de algumas plantas, não sendo recomendado o uso deste em áreas de cultivo do Cedro.

Machado et al. (2013) em seu estudo com aplicação de glyphosate nas doses 0, 160, 480 e 1440 g ha⁻¹ em quatro espécies florestais nativas do cerrado (vinhático, sucupira-preta, pau-santo e lobeira) observou que mesmo na menor dose aplicada do herbicida, as plantas apresentaram sintomas de toxicidade. Os sintomas mais evidentes foram a clorose, com o amarelecimento das folhas, e a necrose foliar, sintomas também apresentados nas mudas de landi. Para as mudas sobreviventes dessas espécies, houve emissão de novas folhas principalmente a partir de 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), sendo que as folhas intoxicadas foram progressivamente entrando em senescência substituídas com a continuação do desenvolvimento das mudas.

A espécie *Solanum lycocarpum* (lobeira) mostrou-se a mais vulnerável aos efeitos do glyphosate, pois aos 30 DAA apresentou intoxicação visual com aproximadamente 85% e morte de algumas mudas. As outras espécies foram seletivas ao glyphosate, pois não houve mortalidade aos 30 DAA. Quanto à intoxicação visual nesse mesmo período (30 DAA) o *Plathymenia reticulata* (vinhático) apresentou cerca de 80%, *Kielmeyera lathrophyton* (pau-santo) 52% e *Bowdichia virgilioides* (sucupira-preto) 25% sendo a mais resistente (MACHADO et al., 2013).

Na espécie *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), Duarte et al. (2006) observou que o glyphosate causou intoxicação visual, principalmente nas doses superiores a 1440 g ha⁻¹. Os sintomas iniciais foram queima nas folhas mais novas, seguida por necrose e queda foliar, chegando a alguns casos à morte das plantas.

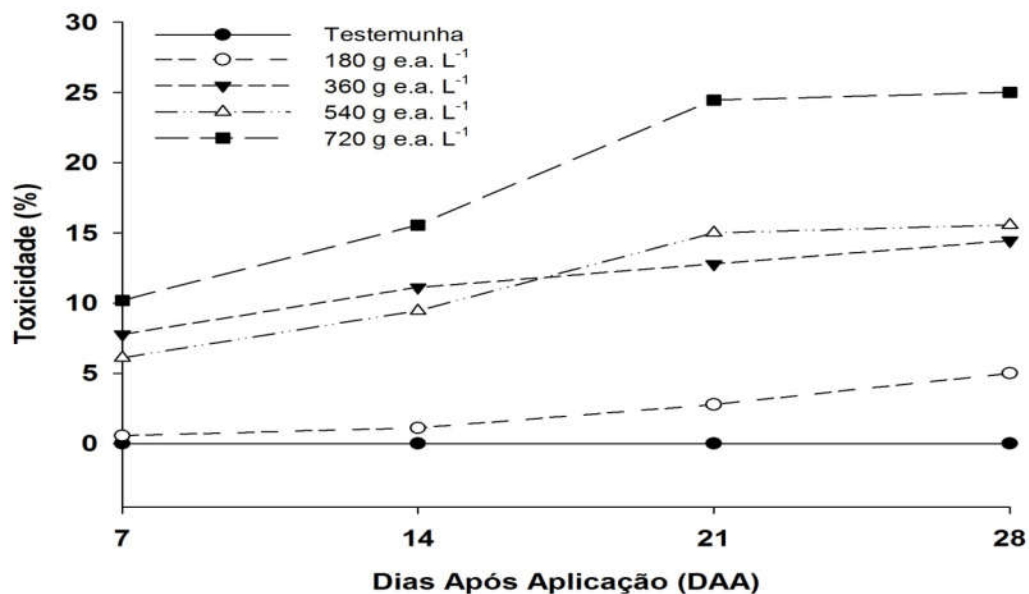


Figura 14: Avaliação visual de toxicidade (%) em mudas de landi, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) em função da aplicação do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação). Gurupi - TO, 2016.

Na Figura 15 observa-se a toxicidade do glyphosate aos 28 DAA na testemunha e nos demais tratamentos.



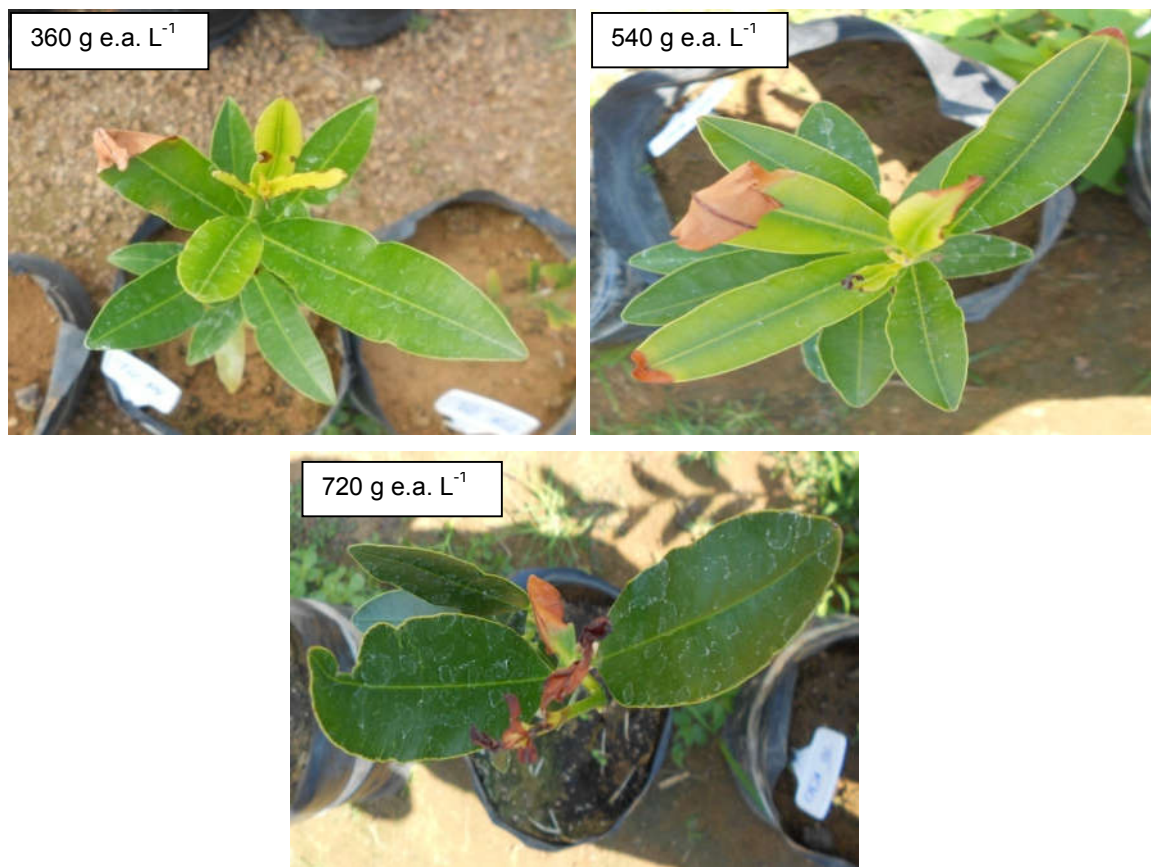


Figura 15: Toxicidade em mudas de landi aos 28 dias após a aplicação (DAA) em função da aplicação do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação). Gurupi - TO, 2016. (Fonte: A autora, 2016).

Os parâmetros de avaliação da biomassa (massa seca de caule, de folha, de raiz, total, volume de raiz e área foliar) em função da aplicação de doses de glyphosate em mudas de landi encontram-se na Tabela 3.

A massa seca de caule (MSC) apresentou diferença significativa entre as doses 180, 360 e 540 g e.a. L⁻¹ e a testemunha, com redução de 52%, 41% e 36%, respectivamente, em relação à testemunha. A dose 720 g e.a. L⁻¹ apresentou-se estatisticamente semelhante à testemunha, observando-se ainda aumento de 10% em relação à testemunha, provavelmente devido ao aparecimento de superbrotações nos pecíolos.

A massa seca de folhas (MSF) apresentou diferença significativa entre a testemunha e as demais doses, sendo que essas apresentaram redução de 46%

(180 g e.a. L⁻¹), 40% (360 g e.a. L⁻¹), 53% (540 g e.a. L⁻¹) e 33% (720 g e.a. L⁻¹) em relação à testemunha.

A massa seca de raiz (MSR), apesar de não significativa estatisticamente, mostrou menores valores entre os tratamentos em relação à testemunha, sendo que na dose 180 g e.a. L⁻¹ apresentou peso 20% menor que a testemunha, a dose 360 g e.a. L⁻¹ 19%, a dose 540 g e.a. L⁻¹ 43% e a dose 720 g e.a. L⁻¹ 23%.

A massa seca total (MST) apresentou diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha com redução de 28%, 25%, 43% e 20% nas doses 180, 360, 540 e 720 g e. a. L⁻¹, respectivamente. A MSF provavelmente foi à variável que mais influenciou os valores de MST, tendo em vista que na MSC a dose 720 g e. a. L⁻¹ se igualou estatisticamente a testemunha e na MSR não houve diferença significativa.

Plantas de *Schizolobium amazonicum* (paricá) aos 28 DAA apresentaram redução na MST de 32% na dose de 180 g e.a. ha⁻¹ e 38% na dose de 360 g e. a. ha⁻¹ de glyphosate em relação à testemunha, apresentando diferença significativa entre as doses e a testemunha. Já a espécie florestal *Ceiba pentandra* (mafumeira), nas mesmas doses aplicadas no paricá, apresentou redução de 16% e 35%, respectivamente, da MST em relação à testemunha (YAMASHITA et al., 2009).

Quanto ao volume de raiz não houve diferença significativa entre os tratamentos, mas a testemunha apresentou-se acima dos demais tratamentos com volume de 112,5 cm³ enquanto os demais ficaram entre 90 e 95 cm³. A redução do volume de raiz de mudas de landi submetidas a doses de glyphosate (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) em relação à testemunha foi de 20%, 18% e 16% (nas duas maiores doses), respectivamente.

Todas as doses de glyphosate reduziram significativamente a área foliar das mudas de landi, havendo um decréscimo de 50% na dose de 180 g e.a. L⁻¹, de 48% na dose de 360 g e.a. L⁻¹, 43,5% na dose de 540 g e.a. L⁻¹ e 46% na dose 720 g e.a. L⁻¹, quando comparado à testemunha.

Costa et al. (2012) constatou que em plantas de eucalipto submetidas a aplicação de glyphosate houve decréscimos da área foliar de acordo com as doses, sendo de 22,9% (30 g e.a. ha⁻¹), 26,1% (60 g e.a. ha⁻¹), 60,8% (90 g e.a. ha⁻¹) e 57,6% (120 g e.a. ha⁻¹).

Costa et al. (2009) avaliou o efeito de deriva no crescimento de pinhão-mansó e verificou que o aumento das doses de glyphosate reduziu a área foliar dessa

cultura, doses de até 22,5 g ha⁻¹ de glyphosate promoveram decréscimo da área foliar inferior a 5,7%, e reduções superiores a 11,3% ocorreram a partir da dose de 45,0 g ha⁻¹ de glyphosate, em comparação com a testemunha sem aplicação.

Tabela 3: Biomassa de mudas de landi em função da aplicação do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação) aos 62 dias após a aplicação (DAA). Gurupi - TO, 2016.

Tratamentos	Variáveis					
	MSC (g)	MSF (g)	MSR (g)	MST (g)	VR (cm ³)	Área Foliar (cm ²)
Testemunha	4,92 a	4,96 a	26,88 a	36,75 a	112,5 a	522,91 a
180 (g e.a. L ⁻¹)	2,35 b	2,66 b	21,44 a	26,45 b	90,00 a	262,04 b
360 (g e.a. L ⁻¹)	2,90 b	2,98 b	21,67 a	27,55 b	92,50 a	273,06 b
540 (g e.a. L ⁻¹)	3,15 b	2,34 b	15,45 a	20,94 b	95,00 a	295,21 b
720 (g e.a. L ⁻¹)	5,40 a	3,32 b	20,74 a	29,45 b	95,00 a	281,90 b
F	8,901**	4,588*	2,488 ^{ns}	4,454*	0,521 ^{ns}	23,657**
CV (%)	23,93	29,29	24,23	19,21	25,46	15,49

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade; (ns) não significativo; (*) significativo a 5% e (**) significativo a 1%.

Os efeitos visuais do glyphosate em plantas não alvos são caracterizados por cloroses foliares, evoluindo, em alguns casos, para necroses, enrolamento das folhas e superbrotção (TUFFI SANTOS et al., 2005). Esses efeitos foram notados nas mudas de landi submetidas à aplicação de glyphosate nas doses 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹ como a clorose e o enrolamento das folhas e, aproximadamente aos 30 DAA, observou-se o aparecimento de superbrotções, que com o aumento das doses aumentavam o número de brotações (Figura 16).

As superbrotções são consequências da aplicação do glyphosate, pois o herbicida inibe a síntese de três aminoácidos, entre eles o triptofano, que é utilizado por diversas vias de biossíntese como precursor da produção do ácido indol-3-acético (AIA). O AIA é a principal auxina, um hormônio vegetal relacionado à regulação do crescimento, que são sintetizados principalmente nos meristemas apicais caulinares e nas folhas jovens. Em muitas espécies de plantas, o fluxo basípeto de auxina proveniente da gema apical em crescimento inibe o crescimento de gemas axilares (laterais), se o crescimento do ápice caulinar (da gema apical) for interrompido, o fluxo de auxina diminuirá, e as gemas laterais começarão a se desenvolver, o que ocorreu com a aplicação de glyphosate nas mudas de landi em doses acima de 360 g e.a. L⁻¹. Essas gemas se desenvolvem pela ação das

citocininas, outro fitormônio que promovem a formação de gemas em culturas de tecidos (RAVEN et al., 2014).

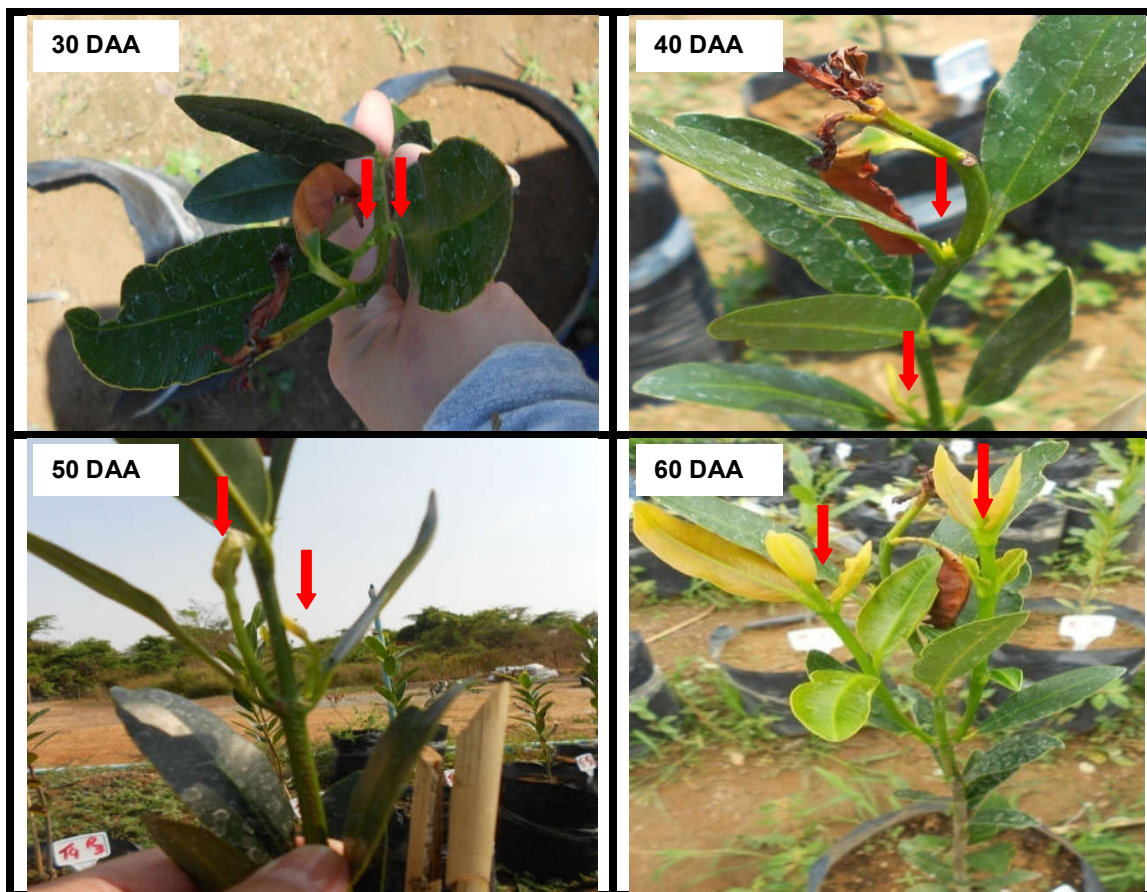


Figura 16: Crescimento de brotos laterais (superbrotações) devido efeitos da aplicação de $720 \text{ g e.a. L}^{-1}$ de glyphosate em mudas de landi ao longo do tempo. Gurupi - TO, 2016. (Fonte: A autora, 2016).

4.2 Parâmetros fisiológicos

4.2.1 Fotossíntese (A)

A taxa de assimilação líquida de CO_2 (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de mudas de landi em função da aplicação de doses de glyphosate, em diferentes épocas após a aplicação, está descritas na Figura 17.

Aos 2 DAA a testemunha apresentava diferença estatística em relação aos demais tratamentos, onde a menor taxa fotossintética foi constatada na maior dose $720 \text{ g e.a. L}^{-1}$ ($4,56 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), bem inferior a da testemunha ($8,33 \mu\text{mol CO}_2$

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), com redução de 45%. Na dose 180 g e.a. L^{-1} a redução foi de 35%, na dose 360 g e.a. L^{-1} foi de 29% e na dose 540 g e.a. L^{-1} de 39% em relação à testemunha.

Aos 6 DAA a testemunha ainda apresentava diferença significativa em relação as doses, com taxa fotossintética de $7,99 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. As doses não apresentaram diferença estatística entre si com valores de 5,22; 4,44; 4,58; 4,46 $\text{CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na dose 180, 360, 540 e 720 g e.a. L^{-1} , respectivamente, com queda de 35, 44, 43 e 44% em relação a testemunhas nessas mesmas doses.

Silva et al. (2016) observou efeitos negativos das doses de glyphosate na taxa fotossintética de plantas de pequi, com queda de 55 %, 49% e 63% as 24, 48 e 240 HAA (10 DAA), respectivamente, da maior dose (1.500 g e.a. ha^{-1}), em relação a testemunha (sem aplicação).

Aos 14 DAA não foram vistas diferenças significativas entre as doses em relação à testemunha, onde a testemunha obteve maior taxa fotossintética com $6,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e a dose 540 g e.a. L^{-1} obteve a menor taxa de fotossíntese com $6,34 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Porém aos 22DAA todos dos tratamentos apresentaram-se estatisticamente diferentes a testemunha em relação à assimilação líquida de CO_2 , com reduções de 29% na dose 180 g e.a. L^{-1} , 41% na dose 360 g e.a. L^{-1} , 33% na dose 540 g e.a. L^{-1} e 33% na dose 720 g e.a. L^{-1} .

Aos 30 DAA a menor dose (180 g e.a. L^{-1}) apresentou-se estatisticamente semelhante à testemunha com redução de 16%, os demais tratamentos apresentaram diferença estatística em relação a testemunha com reduções na fotossíntese de 43% na dose 360 g e.a. L^{-1} , 34% na dose 540 g e.a. L^{-1} e 36% na dose 720 g e.a. L^{-1} .

E aos 38 DAA apenas a menor dose (180 g e.a. L^{-1}) continuou a apresentar semelhanças estatísticas em relação a testemunha com redução de apenas 17%, as demais doses (360, 540 e 720 g e.a. L^{-1}) apresentaram reduções de 48%, 35% e 33%, respectivamente, em relação à testemunha.

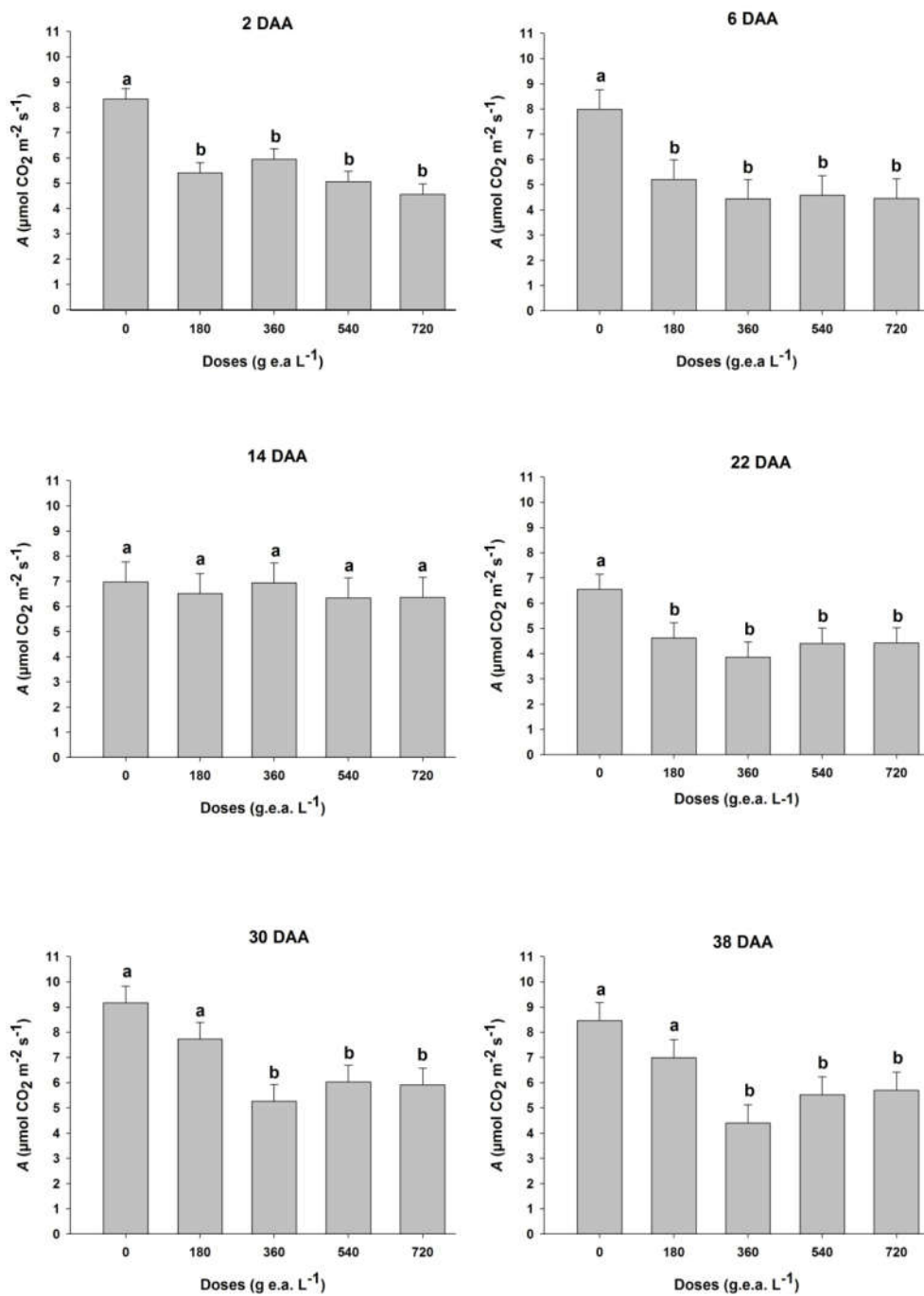


Figura 17: Assimilação Líquida de CO₂ (A) em mudas de landi com 2, 6, 14, 22, 30 e 38 dias após a aplicação (DAA) do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação). Gurupi - TO, 2016.

4.2.2 Condutância estomática (gs)

A condutância estomática (gs, mol H₂O m⁻² s⁻¹) de mudas de landi em função da aplicação de doses de glyphosate, em diferentes épocas após a aplicação, está descrita na Figura 18.

Aos 2 DAA a maior dose (720 g e.a. L⁻¹) apresentou maior condutância estomática com 0,18 mol H₂O m⁻² s⁻¹ enquanto as demais doses se assemelharam a testemunha (0,10 mol H₂O m⁻² s⁻¹). Provavelmente esse aumento ocorreu pelo fato da condutância estomática ser um parâmetro que indica o estresse, pois as plantas possuem a capacidade de controlar a abertura estomática para responder rapidamente a um ambiente em transformação (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Aos 6 DAA a testemunha obteve maior condutância estomática, apresentando diferença estatística entre as doses e a testemunha, com redução de 48% na dose 180 g e.a. L⁻¹, 47% na dose 360 g e.a. L⁻¹, 59% na dose 540 g e.a. L⁻¹ e 44% na dose 720 g e.a. L⁻¹ em relação a testemunha.

Porém aos 14 DAA não houve diferença estatística entre a testemunha e demais tratamentos com a testemunha apresentando 0,19 mol H₂O m⁻² s⁻¹ e as doses 180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹ com gs de 0,17; 0,21; 0,19 e 0,20 mol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente.

Aos 22 DAA novamente as doses se diferiram estatisticamente da testemunha com redução de 34% na dose 180 g e.a. L⁻¹, 37% na dose 360 g e.a. L⁻¹, 31% na dose 540 g e.a. L⁻¹ e 30% na dose 720 g e.a. L⁻¹.

Porém a partir dos 30 DAA a menor dose apresentou-se semelhante estatisticamente a testemunha com redução de apenas 22%, enquanto as doses 180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹ apresentaram redução de 48%, 45% e 39%, respectivamente.

E aos 38 DAA a dose 180 g e.a. L⁻¹ permaneceu estatisticamente semelhante à testemunha com redução de 9%. As demais doses apresentaram diferença estatística em relação à testemunha com reduções de 17% (360 g e.a. L⁻¹), 29% (540 g e.a. L⁻¹) e 17% (720 g e.a. L⁻¹), como também foi observado na fotossíntese.

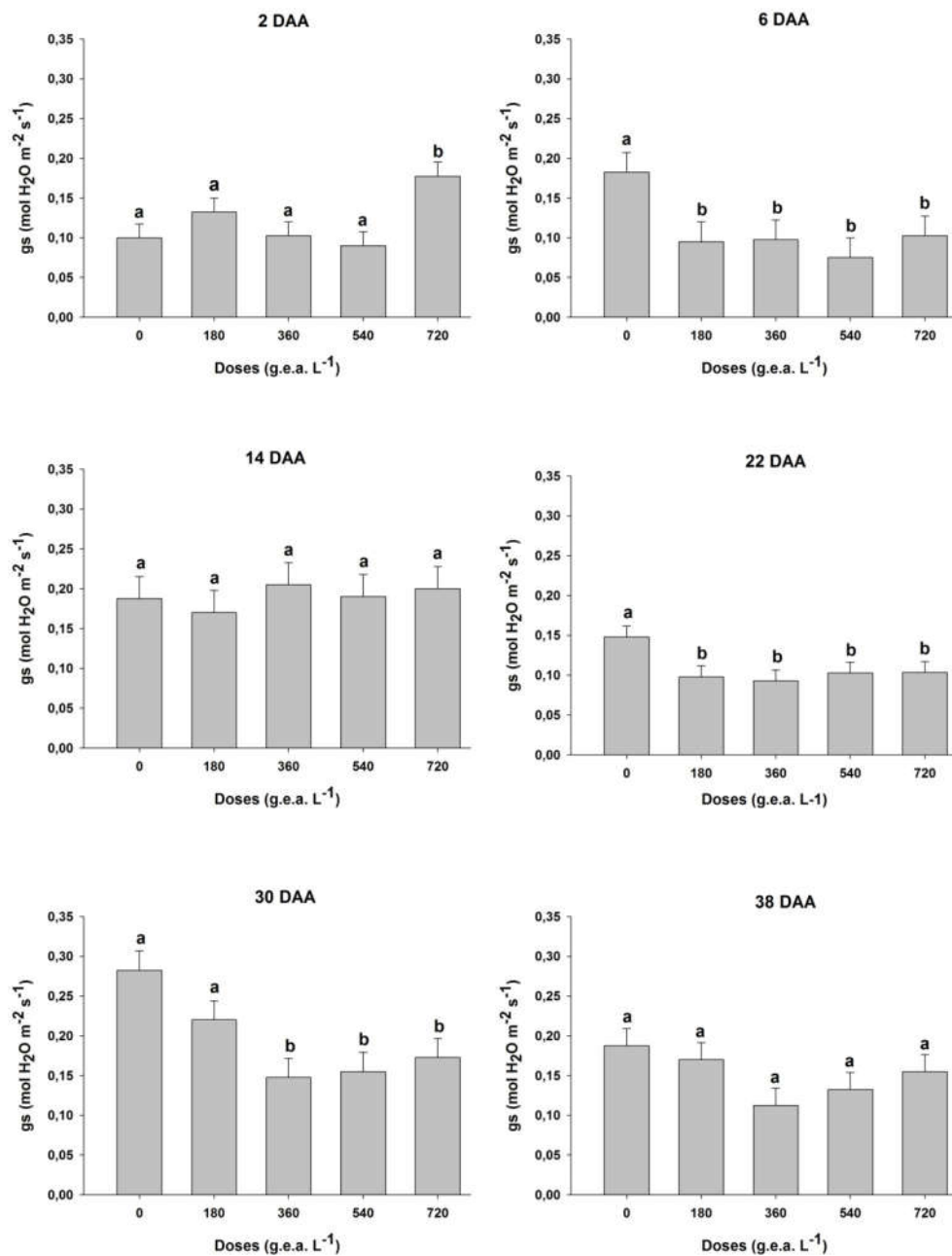


Figura 18: Condutância Estomática (gs) em mudas de landi com 2, 6, 14, 22, 30 e 38 dias após a aplicação (DAA) do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g. e.a. L^{-1}) e a testemunha (sem aplicação). Gurupi - TO, 2016.

4.2.3 Transpiração (E)

A transpiração (E , mol H₂O m⁻² s⁻¹) de mudas de landi em função da aplicação de doses de glyphosate, em diferentes épocas após a aplicação, está descritas na Figura 19.

A condutância estomática é responsável pelo fluxo de entrada e saída de água e CO₂ pelos estômatos, quanto menor sua abertura, maior a resistência estomática e conseqüente diminuição na transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2009), ou seja, o comportamento da condutância estomática influencia na transpiração.

Dessa forma a transpiração apresentou comportamento semelhante à condutância estomática. Aos 2 DAA esteve mais elevada na maior dose de 720 g e.a. L⁻¹ (3,16 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e nas demais doses não apresentaram diferenças estatísticas em relação a testemunha, que apresentou taxa de transpiração de 2,04 mol H₂O m⁻² s⁻¹. Aos 6 DAA, todos os tratamentos apresentaram diferença estatística com a testemunha com reduções de 34% na dose 180 g e.a. L⁻¹, 37% na dose 360 g e.a. L⁻¹, 45% na dose 540 g e.a. L⁻¹ e 35% na dose 720 g e.a. L⁻¹.

Aos 14 DAA todos os tratamentos apresentaram-se estatisticamente semelhantes entre si, onde a maior taxa de transpiração foi 2,65 mol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose 360 g.e.a. L⁻¹ e a menor foi 2,38 mol H₂O m⁻² s⁻¹ na dose 180 g.e.a. L⁻¹.

Aos 22 DAA houve redução da transpiração na dose 180 g e.a. L⁻¹ de 34,1%, na dose 360 g e.a. L⁻¹ de 36%, na dose 540 g e.a. L⁻¹ de 31% e na maior dose 720 g e.a. L⁻¹ de 32% apresentando diferença estatística com testemunha em todos os tratamentos.

Aos 30 DAA a menor dose (180 g e.a. L⁻¹) apresentou redução de 16% semelhante estatisticamente a testemunha, os demais tratamentos diferenciaram-se estatisticamente em relação a testemunha com redução de 36% na dose 360 g e.a. L⁻¹, 33% na dose 540 g e.a. L⁻¹ e 29% na dose 720 g e.a. L⁻¹.

E aos 38 DAA apenas a menor dose continuou estatisticamente semelhante à testemunha quanto à transpiração com redução de apenas 4%, os demais tratamentos apresentaram reduções de 32% (360 g e.a. L⁻¹), 20% (540 g e.a. L⁻¹) e 13% (720 g e.a. L⁻¹) em relação à testemunha.

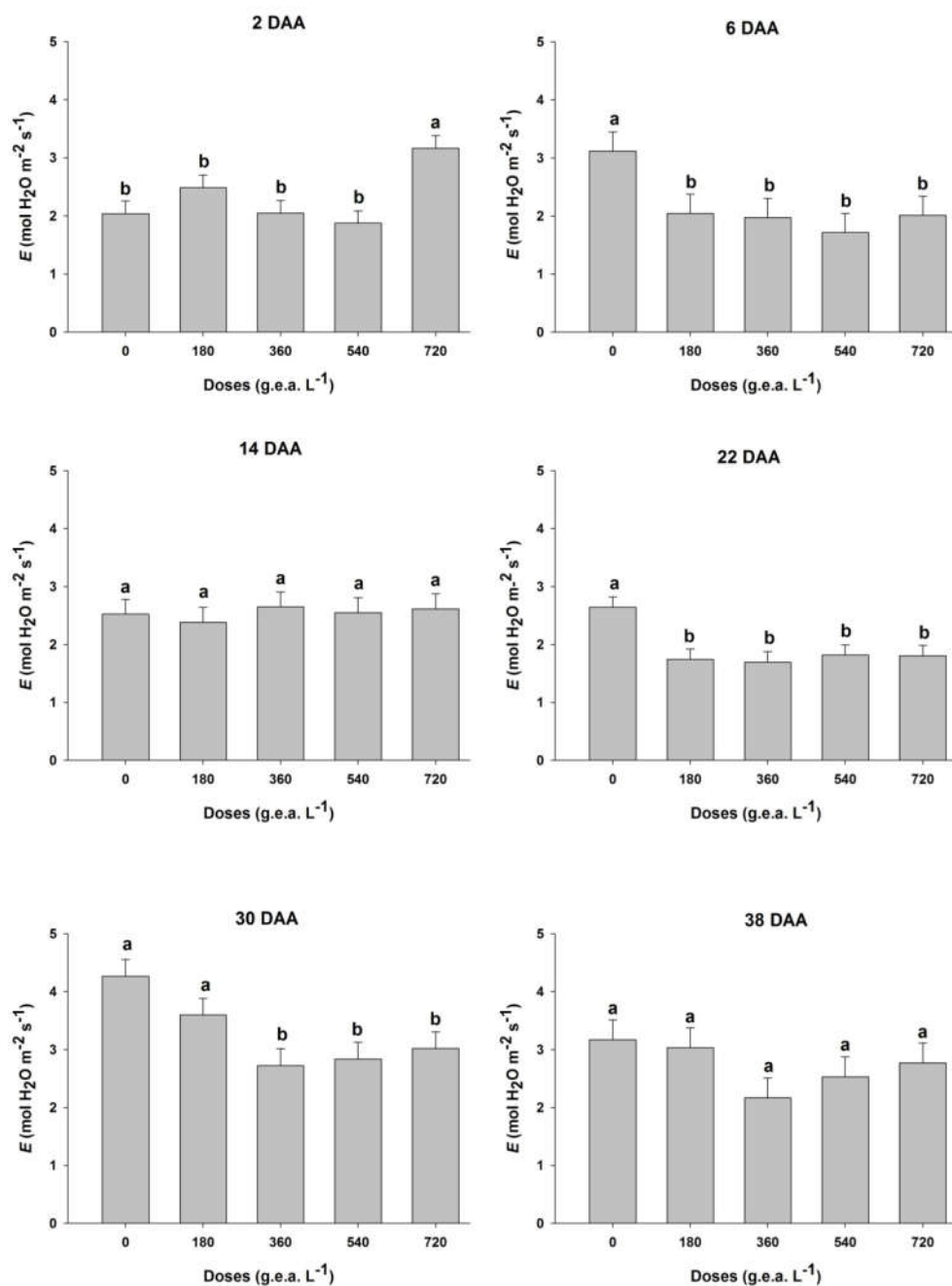


Figura 19: Transpiração (E) em mudas de landi com 2, 6, 14, 22, 30 e 38 dias após a aplicação (DAA) do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g e.a. L^{-1}) e a testemunha (sem aplicação). Gurupi - TO, 2016.

4.2.4 Carbono interno (Ci)

A quantidade estimada de carbono interno (Ci, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) de mudas de landi em função da aplicação de doses de glyphosate, em diferentes épocas após a aplicação, está descritas na Figura 20.

Esse parâmetro não demonstrou diferença significativa em nenhum dos dias avaliados. Entre a maior quantidade de Ci estimado na dose 360 g.e.a. L^{-1} aos 30 DAA ($312,04 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) e a menor na dose 540 g.e.a. L^{-1} aos 6 DAA ($269 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) houve pouca variação. Devido ao fato de durante as trocas gasosas, os estômatos regularem a concentração subestomática de CO_2 (Ci), mantendo o Ci relativamente constante (FARQUHAR; SHARKEY, 1982). Mudas de landi aos 90 e aos 180 dias de cultivo a pleno sol apresentaram estimativa de carbono interno de 228,25 e 132,66 ppm, com fotossíntese no mesmo período de 9,05 e 15,22 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente (SARAIVA, 2013).

Aplicação de doses de glyphosate (0, 0,45, 0,90, 1,35, 1,80, 2,25 e 2,70 g e.a. ha^{-1}) em mudas de 15 cm de picão-preto e trapoeraba mostraram variação de carbono interno, aos 30 DAA, mínima de 231,01 $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ e máxima 291,10 $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ mostrando pouca variação em relação a fotossíntese que apresentou, no mesmo período, mínima de 7,8071 $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e máxima de 19,5755 $\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (SILVA et al., 2015). Mostrando que não houve grandes variações do carbono interno.

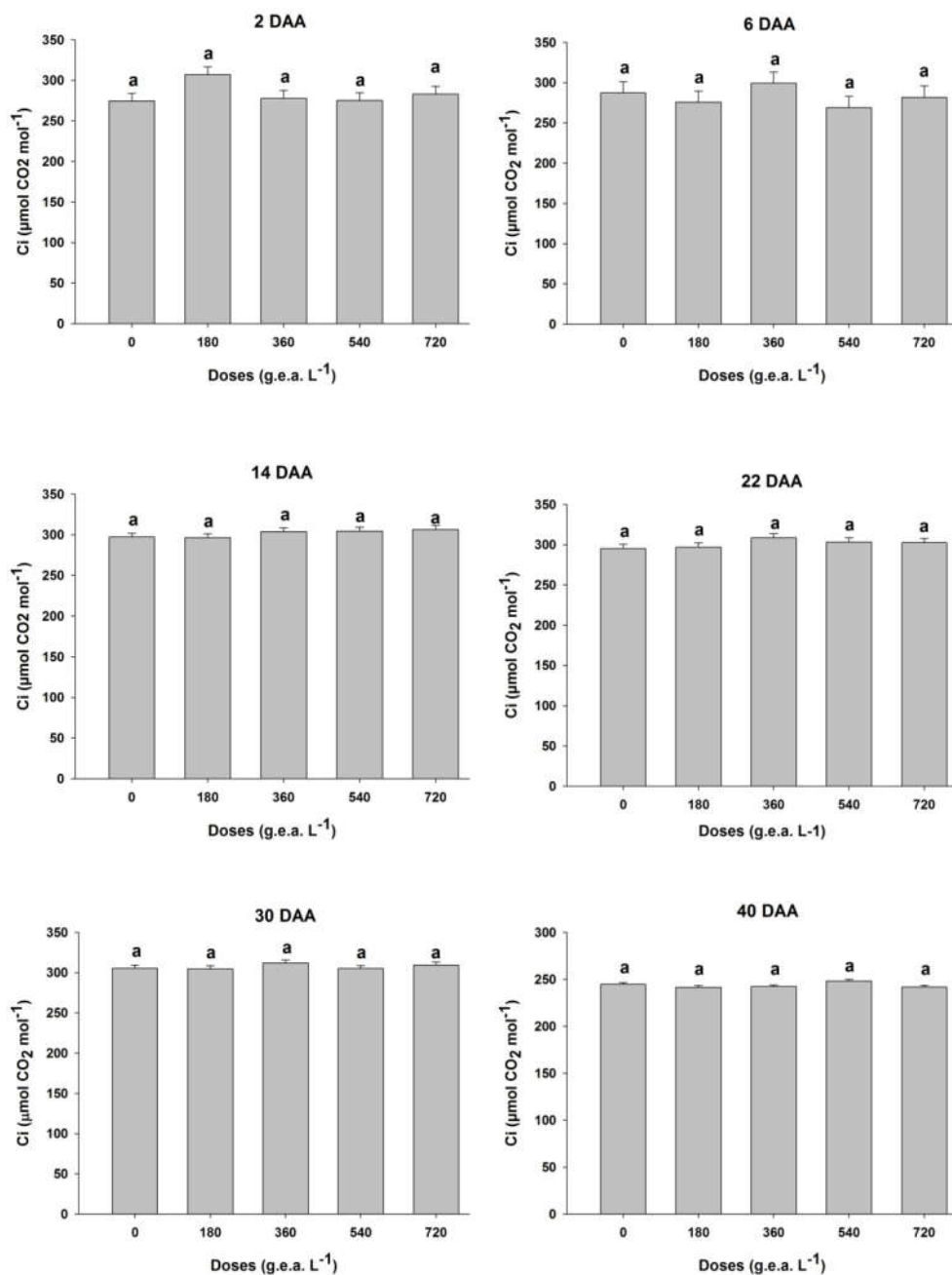


Figura 20: Concentração interna de CO₂ (Ci) em mudas de landi com 2, 6, 14, 22, 30 e 38 dias após a aplicação (DAA) do herbicida glyphosate em quatro doses (180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹) e a testemunha (sem aplicação). Gurupi - TO, 2016.

4.2.5 Dados meteorológicos

A variação ao longo do tempo da taxa de fotossíntese, condutância estomática, transpiração e carbono interno provavelmente foram influenciados pelos fatores ambientais como temperatura, umidade do ar, velocidade do vento e

radiação (Figura 21). Variações nas trocas gasosas podem ser atribuídas às condições ambientais, uma vez que a capacidade fotossintética das plantas pode ser alterada por estresse biótico ou abiótico, como temperatura, radiação, estresse hídrico, salinidade, presença de insetos ou fungos, etc. (BOWN et al., 2002).

Os dados meteorológicos variaram entre os dias no horário da avaliação das trocas gasosas (9 as 11h). A temperatura apresentou mínima 24,3°C aos 2 DAA e a máximas de 30,2°C aos 30 DAA. A radiação foi menor aos 14 DAA (176,1 KJ/m²) e máxima aos 38 DAA (294,2 KJ/m²). A umidade do ar apresentou mínima de 39,3% aos 30 DAA e máxima de 86,3% aos 2 DAA e. Já a velocidade do vento oscilou de 0,3 m/s aos 2 e 38 DAA até 2 m/s aos 30 DAA.

A temperatura pode reduzir a assimilação de carbono devido ao seu efeito em processos fotoquímicos ou pelo aumento na fotorrespiração (ISHIDA et al., 1999; PONS; WELSCHEN, 2003).

Vieira (2009) observou que a temperatura influencia nas trocas gasosas do landi, porém somente em temperaturas abaixo de 10/6 °C as plantas são significativamente afetadas quanto à fotossíntese e condutância estomática. Sendo a melhor temperatura estudada para o crescimento do landi 27/17°C, onde as plantas apresentaram fotossíntese de 6,2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na primeira quinzena a 12,4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na quarta quinzena.

A radiação provavelmente influenciou as leituras dos parâmetros entre os dias de avaliação, pois a fotossíntese apresenta mesma tendência de variação que esse fator ambiental. Nas folhas da maioria das plantas bem hidratadas, a luz é o sinal dominante no controle dos movimentos estomáticos (RAVEN et al., 2014).

Saraiva (2013) avaliou a influencia do uso de telas de sombreamento pretas e coloridas (azul e vermelho) comparadas ao ambiente de pleno sol na produção e fisiologia de mudas de *Calophyllum brasiliense*, e constatou que a assimilação líquida de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi maior em todas as épocas para as plantas cultivadas a pleno sol, ou seja, a maior luminosidade promove maior crescimento da planta e qualidade das mudas devido à maior assimilação de CO₂. A baixa radiação influenciou negativamente o desempenho das mudas sombreadas.

A redução na umidade relativa do ar está relacionada aos aumentos registrados na radiação solar e na temperatura média (DALMAGO et al. 2006). Em condições naturais, à medida que a temperatura se eleva, a umidade relativa do ar diminui e as respostas dos diversos processos metabólicos das plantas refletem na

interação entre estes fatores (MEDINA et al., 1999). Foi observado nos dias avaliados que quando a temperatura esteve mais elevada (30 e 38 DAA), a umidade esteve menor.

Com a diminuição da umidade ocorre maior taxa de transpiração, devido a isso, quando a umidade foi menor (30 DAA) as taxas de trocas gasosas foram maiores. A taxa de transpiração é proporcional à diferença de pressão de vapor, que é a diferença entre a pressão de vapor de água dos espaços intercelulares e aquela da superfície foliar. A água é perdida muito mais lentamente em um ambiente no qual o ar já está saturado de vapor de água (RAVEN et al., 2014).

Outro fator que provavelmente afetou a condutância estomática e transpiração foi o vento, pois o comportamento desses parâmetros a esse fator foi semelhante. Isso porque o movimento do ar sobre a superfície da folha tende a remover o vapor de água, reduzindo a resistência da camada limite, o que faz com que aumente o gradiente de pressão de vapor de água, levando as maiores taxas de transpiração. Porém se a velocidade do vento for muito forte, provoca o fechamento estomático e conseqüentemente queda na transpiração (VIERA et al., 2010). Se o ar estiver úmido o bastante, o vento pode diminuir a transpiração ao resfriar as folhas, mas uma brisa seca aumentará muito a evaporação e, conseqüentemente, a transpiração (RAVEN et al., 2014).

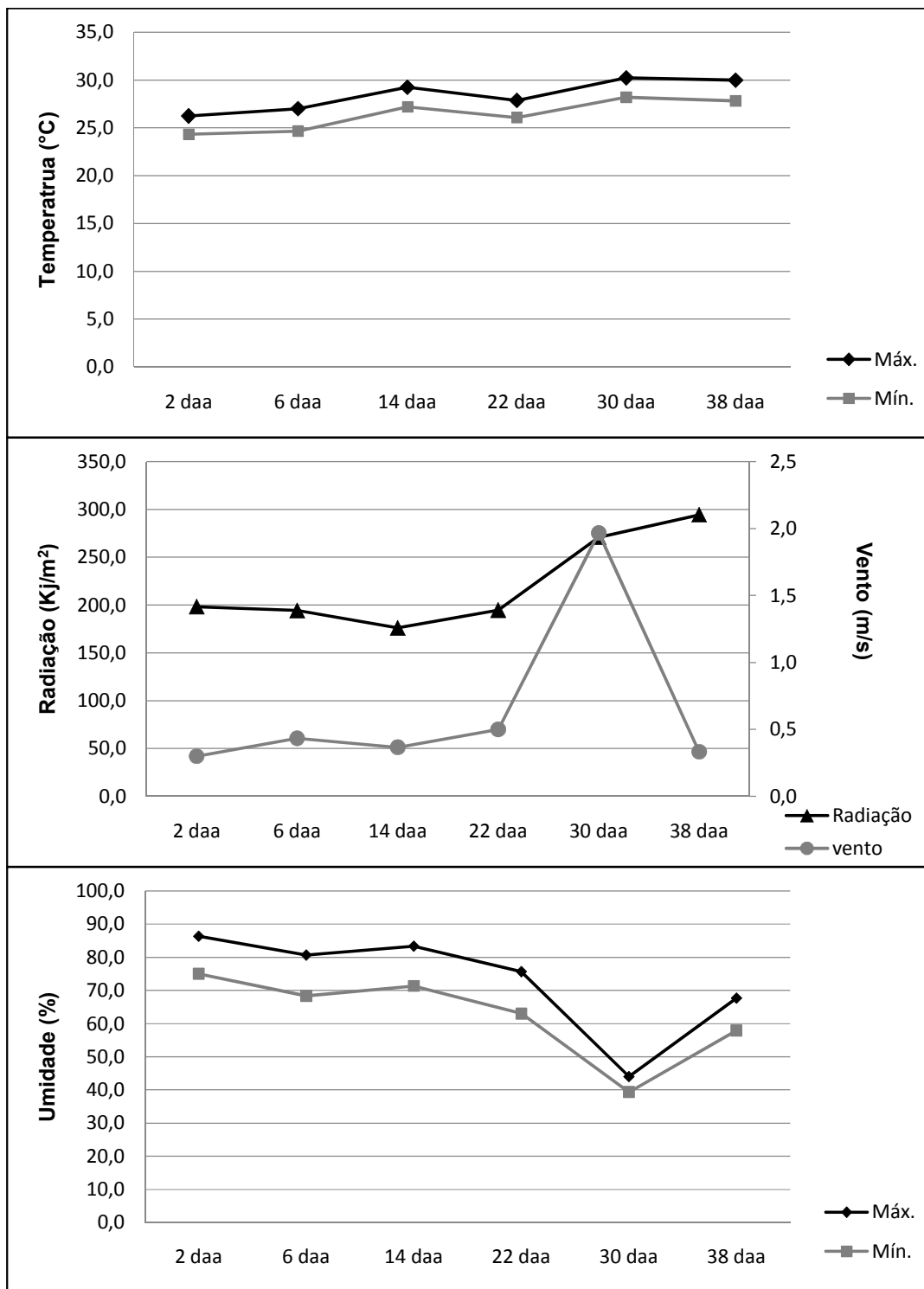


Figura 21: Temperatura, radiação, velocidade do vento e umidade do ar nos dias de leitura dos dados fisiológicos.

4.2.6 Dados fisiológicos ao longo do tempo

A taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*), condutância estomática (*C_i*), transpiração (*E*), carbono interno (*C_i*), eficiência instantânea do uso de água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) ao longo do tempo estão apresentadas na Figura 22.

As trocas gasosas variaram de acordo com as variações climáticas nos dias avaliados. Porém nota-se que entre os tratamentos e a testemunha houve variação de acordo com a dose aplicada de glyphosate ao longo do tempo, devido ao fato do glyphosate agir inibindo a EPSPs, o que afeta o fluxo de carbono na via do shiquimato, com a consequente redução de metabólitos na fase fotoquímica da fotossíntese, inibindo assim, a fotossíntese por essa mudança no metabolismo de carbono nas folhas (GEIGER et al., 1999).

Estudos com *Beta vulgaris* (beterraba) indicaram que a quantidade de shiquimato que é acumulada devido à ação do glyphosate pode representar um forte dreno de carbono no ciclo de Calvin, pelo desvio de eritrose-4-fosfato, reduzindo drasticamente a produção fotossintética (SERVIATES; TUCCI; GEIGER, 1987; SHIEH; GEIGER; SERVIATES, 1991).

Desta forma, foi observado que na assimilação líquida de CO₂ (*A*) (Figura 22 A) das mudas de landi, os maiores valores foram na testemunha ao longo do tempo, mantendo-se sempre acima das doses de glyphosate, mostrando assim, que o glyphosate mesmo na menor dose (180 g e.a. L⁻¹) influenciou na assimilação líquida de CO₂ nos primeiros dias. Porém na dose de 180 g e.a. L⁻¹ a redução da taxa de fotossíntese na primeira leitura (2 DAA) e na última (38 DAA), apresentou uma menor diferença em relação a testemunha passando de 35% para 17%. Isso indica que ao longo do tempo as plantas de landi submetidas à dose 180 g e.a. L⁻¹ mostraram recuperação em relação à assimilação líquida de CO₂.

ARALDI et al. (2015) avaliaram a fotossíntese através da medição da fluorescência da clorofila de plantas de landi em fase de desenvolvimento para produção comercial (30 cm), após aplicação de 1.080 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate, observaram queda de 20% na taxa de transporte de elétrons (ETR) nos primeiros dias após aplicação. Em plantas de *Conyza sumatrensis*, Santos et al. (2014) observou redução contínua na taxa de fotossíntese (*A*) em todos os biótipos tratados

com 1.440 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate nas avaliações. No entanto, os biótipos 5 e 20, mais resistentes, mostraram recuperação da *A* aos 14 DAT.

As doses 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹ apresentaram menores valores de fotossíntese ao longo do tempo. A redução da taxa de fotossíntese em relação à testemunha aos 2 DAA e aos 38 DAA na dose 360 g e.a. L⁻¹ foi de 29% para 48%, na dose 540 g e.a. L⁻¹ a redução foi de 39% para 35% enquanto na maior dose 720 g e.a. L⁻¹ foi de 45% para 33%. Mostrando que a dose de 360 g e.a. L⁻¹ foi a mais afetada quanto à fotossíntese em relação à testemunha.

O monitoramento da dinâmica estomática é de fundamental importância para o entendimento dos processos fisiológicos, pois os estômatos são a principal via de trocas gasosas entre a atmosfera e o interior do aparato fotossintético (AMARAL; RENA; AMARAL, 2006). As mudanças na resistência estomática são importantes para a regulação da perda de água pela planta e para o controle da taxa de absorção de dióxido de carbono necessário à fixação contínua durante a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, o comportamento da condutância estomática está diretamente ligado a transpiração, controlando também a fotossíntese e o carbono interno foliar.

O comportamento ao longo do tempo da condutância estomática (Figura 22 B) e da transpiração (Figura 22 C) mostrou que aos 2 DAA a maior dose (720 g e.a. L⁻¹) apresentou maior condutância estomática e conseqüentemente maior transpiração em relação aos demais tratamentos, com aumento de 78% na *g_s* e de 55% na *E* em relação a testemunha, porém aos 38 DAA houve diminuição em relação a testemunha de 17% na *g_s* e 13% na *E*. A dose 180 g e.a. L⁻¹ aos 2 DAA apresentou aumento de 33% em relação à testemunha na *g_s* e de 22% na *E*, enquanto aos 38 DAA houve redução de 9% na *g_s* e 4% na *E*.

Aos 2 DAA, na dose 360 g e.a. L⁻¹, a *g_s* obteve um pequeno aumento de 2% em relação a testemunha, enquanto na *E* também houve um pequeno aumento de < 1%, a dose de 540 g e.a. L⁻¹ foi à única que sempre esteve abaixo da testemunha, aos 2 DAA apresentou redução tanto na *g_s* quanto na *E* de 10% e 8%, respectivamente. Aos 38 DAA a condutância estomática nas doses 360 e 540 g e.a. L⁻¹ apresentaram redução de 17% e 29%, respectivamente, em relação à testemunha, enquanto a transpiração nessas mesmas doses obteve redução de 32% e 20%. Aos 38 DAA não houve diferença significativa entre a testemunha e demais tratamentos tanto na condutância estomática quanto na transpiração.

Aos 2 DAA e aos 6 DAA a fotossíntese foi mais influenciada pelos fatores ambientais do que o comportamento estomático, porém a partir dos 14 DAA, provavelmente o comportamento estomático influenciou as trocas gasosas.

Campelo et al. (2015) avaliaram as trocas gasosas e a eficiência fotoquímica do fotossistema II em plantas adultas de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott.), guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl.)), ipê-rosa (*Handroanthus impetiginosa* (Mart.) Matos), marupá (*Simarouba amara* Aubl.) e mogno (*Swietenia macrophylla* King.) e verificaram que a redução das taxas fotossintéticas estiveram correlacionadas com o fechamento estomáticos, mas nem sempre as reduções nas taxas de fotossíntese acompanhou a reduções na concentração interna de CO₂ (Ci), fato que evidenciaria a existência de limitações estomáticas.

O aumento na taxa de assimilação de CO₂ (A) está relacionado à maior concentração de CO₂ constatada no interior das folhas, o que pode decorrer do fechamento estomático, em resposta aos estresses abióticos (JADOSKI et al., 2005). Ou seja, quanto maior a taxa fotossintética da espécie, mais rapidamente o CO₂ é consumido, e menor sua concentração no interior da folha, supondo-se que os estômatos estejam fechados (CORNIANI et al., 2006).

Dessa maneira, foi observado que o carbono interno variou ao longo do tempo (Figura 22 D) apresentando comportamento inverso aos demais parâmetros. Enquanto a testemunha apresentou maiores valores de A, gs e E, obteve menor concentração de Ci.

Aos 2 DAA a testemunha apresentava maior taxa de fotossíntese (8,33 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) enquanto na estimativa de carbono interno apresentou o menor valor (274,5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$). As doses 180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹ reduziram 35%, 49%, 39% e 45% em relação à testemunha na A enquanto no Ci aumentaram 12%, 1,3%, 0,3% e 3,1%, respectivamente.

Aos 38 DAA, na A houve redução de 17%, 48%, 35% e 33% nas doses 180, 360, 540 e 720 g e.a. L⁻¹, respectivamente, em relação à testemunha, enquanto no Ci houve redução de 1,5% na dose 180 g e.a. L⁻¹ 0,3% na dose 540 g e.a. L⁻¹ e nas doses 360 e 720 g e.a. L⁻¹ houve aumento de 2% e 1,1% em relação à testemunha. Ou seja, quando houve aumento da fotossíntese, reduziu a diferença (%) em relação à testemunha causando diminuição no Ci, implicando em aumento da diferença (%) entre a testemunha e demais tratamentos.

Silva et al. (2016) verificou o mesmo comportamento em plantas de pequi submetidas a doses de glyphosate. Nas plantas submetidas à maior dose (1.500 g e.a. ha⁻¹), enquanto houve queda na taxa de fotossíntese de 55 e 63% as 24 e 240 HAA, na condutância estomática de 53% e 75% 24 e 240 HAA e na transpiração de 68% as 240 HAA, na relação Ci/Ca (carbono interno/ carbono atmosférico) houve aumento de 70% as 24 e 240 HAA, e de 53% as 48 HAA devido aumento na concentração interna de CO₂ em função do aumento das doses do herbicida.

Zobiolo et al. (2010) trabalhando com soja geneticamente modificada para resistência ao glyphosate (RR) e com diferentes doses aplicadas do herbicida (600, 900, 1200, 1800 e 2400 g e.a. ha⁻¹) verificaram que a condutância estomática, taxa fotossintética e taxa transpiratória foram reduzidas e houve acréscimo na relação Ci/Ca com o aumento das doses.

A estimativa de Ci é considerada uma variável fisiológica influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, luz e energia, entre outros (OMETTO et al., 2003). Porém, Silveira et al. (2013) avaliando mandioca aos 45 DAA aplicação do herbicida mesotrione verificou que, em estudos onde o déficit hídrico e o sombreamento não foram fatores limitantes ao metabolismo das plantas, provavelmente os resultados sejam atribuídos ao efeito do herbicida no metabolismo de assimilação do carbono.

Nas trocas gasosas, a absorção de CO₂ do meio externo provoca perda de água e a diminuição dessa perda também restringe a entrada de CO₂ (SHIMAZAKI et al., 2007). Essa interdependência evidenciada pela relação entre a fotossíntese e a transpiração indica a eficiência instantânea no uso da água (EUA), onde os valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (TAIZ & ZEIGER, 2004; JAIMEZ et al., 2005). Esse processo é influenciado pelas condições climáticas, porém quando há um estresse como os herbicidas, pode haver queda nas taxas fotossintéticas, resultando em menores rendimentos.

O comportamento da eficiência do uso da água (EUA) pelas plantas de landi submetidas a doses de glyphosate (Figura 22 E) indicou mínima e máxima relação A/E aos 2 DAA na maior dose (720 g e.a. L⁻¹) com 1,44 (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹ e na testemunha 4,09 (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹.

A dose 180 g e.a. L⁻¹ apresentou redução na EUA aos 2 DAA de 47%, porém aos 38 DAA essa redução foi de 14% em relação a testemunha, mostrando aumento da EUA menor dose. Na dose 360 g e.a. L⁻¹ houve redução de 29% aos 2 DAA e de 24% aos 38 DAA em relação a testemunha. Na dose 540 g e.a. L⁻¹ a redução foi de 34% aos 2 DAA e de 18% aos 38 DAA. Na dose 720 g e.a. L⁻¹ houve redução de 65% aos 2 DAA e 28% aos 38 DAA, provavelmente devido ao fato de aos 38 DAA os valores da transpiração em todos os tratamentos assemelharam-se estatisticamente a testemunha.

Santos et al. (2014) observou que na aplicação de 1.440 g e.a. ha⁻¹ de glyphosate em 4 biótipos de *Conyza sumatrensis*, nos biótipos suscetíveis, houve um aumento aos 7 DAA da EUA, provavelmente devido ao fechamento estomático e consequente redução da transpiração.

Os efeitos do glyphosate, como a produção de Metabólitos (AMPA), podem contribuir para a ação do herbicida, causando efeitos fitotóxicos que afetam a fotossíntese, transpiração e EUA (REDDY et al., 2004; ZOBIOLE et al., 2010).

O glyphosate tem ação específica sobre EPSPs, porém ele pode afetar diretamente a fotossíntese da planta, reduzindo a atividade da ribulose biscofosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO) e a síntese de ácido 3-fosfoglicérico, diminuindo a síntese de clorofila e interferindo na organização do aparelho fotossintético (AHSAN et al., 2008). Também aumenta a taxa de respiração celular de acordo com o estresse exercido (FLEXAS et al., 2005). Esse aspecto pode ser estudado ao se considerar a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) dada pela relação entre a taxa de fotossíntese e o carbono interno (A/Ci) (KONRAD et al., 2005).

A relação A/Ci (EiC) (Figura 22 F) apresentou pouca variação na testemunha na primeira leitura (0,030 (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol CO₂ mol⁻¹)⁻¹) e na última (0,029 (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol CO₂ mol⁻¹)⁻¹). Na dose 180 g e.a. L⁻¹ houve aumento de 0,018 (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol CO₂ mol⁻¹)⁻¹ aos 2 DAA para 0,024 (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol CO₂ mol⁻¹)⁻¹ aos 30 DAA, a redução passou de 42% para 16% em relação a testemunha, o que se relacionou com a recuperação das plantas submetidas a essa dose em relação a fotossíntese.

A dose 360 g e.a. L⁻¹ apresentou diminuição na EiC entre a primeira e a última leitura, havendo redução de 29% para 49% em relação a testemunha. As doses 540 e 720 g e.a. L⁻¹ apresentaram reduções aos 2 DAA de 39% e 47% e aos 38 DAA 35% e 33%, respectivamente, em relação a testemunha. Esses dados apontam que

nas maiores doses não houve recuperação das plantas quanto à relação A/C_i , pois não houve aumento significativo.

Maiores incrementos de fotossíntese são limitados pelo suprimento da Rubisco para carboxilação, assim na faixa da curva em que A/C_i aproxima-se a zero, o aumento de A é limitado pela capacidade da folha em regenerar a Rubisco para carboxilação (FARQUHAR; SHARKEY, 1982). Ou seja, quanto menor a relação E_iC maior a limitação da fotossíntese causada pela intervenção do glyphosate na atividade da Rubisco.

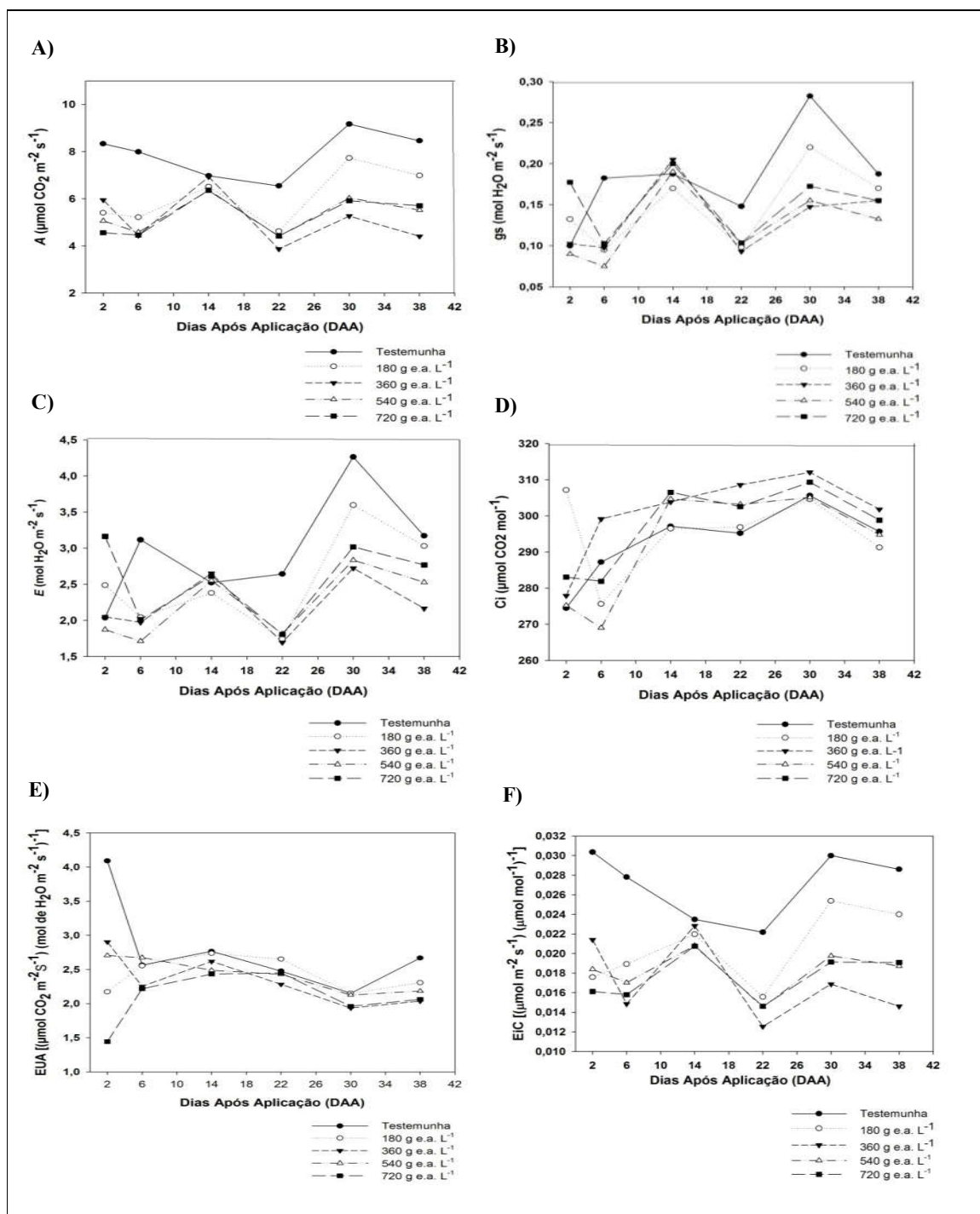


Figura 22: (A) Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (B) condutância estomática (gs, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (C) transpiração (E, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (D) carbono interno (Ci, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), (E) eficiência instantânea do uso de água (EUA) [$(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1})^{-1}$] em mudas de landi ao longo do tempo submetidas à aplicação do herbicida glyphosate. Gurupi – TO, 2016.

5 DISCUSSÃO

Os dados morfológicos apresentam os efeitos visuais do herbicida, enquanto dos dados fisiológicos ajudam a compreender o comportamento interno da planta atingida pelo glyphosate ao longo do tempo. Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram que cada tratamento apresentou um comportamento fisiológico e morfológico em relação à testemunha.

Nos parâmetros fisiológicos aos 2 DAA o comportamento das trocas gasosas não estavam se correlacionando, provavelmente devido aos efeitos diretos causados pelo glyphosate. A testemunha apresentou maiores valores de fotossíntese, EUA e EiC e menor valor de Ci, enquanto a maior dose (720 g e.a. L⁻¹) causou maior queda nos valores de fotossíntese, EUA e EiC. Porém houve aumento na condutância estomática e transpiração com a aplicação da maior dose e não apresentou diferença significativa entre a testemunha e as demais doses.

A partir dos 6 DAA até aos 38 DAA a abertura estomática regulou as trocas gasosas, ou seja, quando houve maior condutância estomática, houve também maior taxa fotossintética e transpiração, conseqüentemente, redução na estimativa de carbono interno. A eficiência instantânea no uso da água e da carboxilação acompanhou os valores da fotossíntese.

Valores elevados de concentração interna de CO₂ associado ao aumento na condutância estomática indicam um acréscimo na eficiência instantânea de carboxilação ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a Rubisco. Deste modo, a EiC depende da disponibilidade de CO₂ no mesófilo foliar, quantidade de luz, temperatura e da atividade enzimática para que haja fotossíntese. Se as concentrações de CO₂ intercelulares são muito baixas, a entrada deste elemento nas células do mesófilo é limitado, deste modo, a planta utiliza o CO₂ proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os valores de assimilação líquida de CO₂ estiveram mais relacionados com a eficiência instantânea da carboxilação do que com o comportamento estomático, mostrando a interferência dos efeitos secundários do glyphosate no crescimento inicial do landi.

A eficiência instantânea no uso da água depende da disponibilidade de água, quanto menor a disponibilidade de água menor também será o grau de abertura

estomática para reduzir a perda d'água, conseqüentemente, a EUA é maior mantendo o mínimo de equilíbrio hídrico (KERBAUY, 2008).

A menor dose de glyphosate aplicada nas mudas (180 g e.a. L⁻¹), mostrou recuperação dos efeitos fisiológicos do herbicida em relação à testemunha a partir dos 30 DAA, com aumento da fotossíntese, condutância estomática, transpiração, EUA e EiC e redução do carbono interno. Os efeitos do glyphosate podem ser observados em longo prazo, verificando-se morte da planta intoxicada pelo glyphosate em um intervalo de 7 a 30 dias após a aplicação, dependendo da espécie tratada, do seu estágio de desenvolvimento e da dose aplicada. (SILVA, et al., 2014).

A dose 360 g e.a. L⁻¹, apesar de não ser a maior, foi a que mais afetou fisiologicamente as mudas de landi. Nessa dose a fotossíntese, a condutância estomática, transpiração, EUA e EiC apresentaram diminuição ao longo do tempo. Com o a diminuição da fotossíntese e condutância estomática o carbono interno aumentou.

As doses 540 e 720 g e.a. L⁻¹ apresentaram aumento nas trocas gasosas ao longo do tempo, porém esse aumento não foi significativo, apontando que não houve recuperação das mudas nas maiores doses até os 38 DAA.

A massa seca total, massa seca de folhas e área foliar apresentaram diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos, porém não houve diferença estatística entre as doses. Provavelmente, todas as doses de glyphosate interferiram nas trocas gasosas das mudas de landi, mesmo na menor dose, que apresentou recuperação apenas a partir dos 30 DAA.

A redução das trocas gasosas nas mudas submetidas a doses de glyphosate interferiu no acúmulo de biomassa e crescimento inicial destas. Pois a redução no crescimento (e a conseqüente diminuição na produtividade) das plantas está relacionada à redução na atividade fotossintética. Além disso, a condutância estomática regula as trocas gasosas e, portanto, possui relação direta com o processo fotossintético e conseqüente crescimento e desenvolvimento dos vegetais (PEIXOTO et al. 2002; PAIVA et al. 2005).

Yamada e Castro (2007) afirmam que a planta contaminada com glyphosate tem o crescimento da parte aérea e do sistema radicular diminuído além de perda da resistência contra doenças, mesmo com doses baixas como 3 mL ha⁻¹ do produto comercial. Porém a redução da raiz não foi verificada aos 62 DAA, pois a massa

seca de raiz e volume de raiz foram semelhantes estatisticamente a testemunha em todos os tratamentos mesmo que verificado que o crescimento da parte aérea sofreu danos causados pelos efeitos do herbicida durante o experimento.

Com o aumento das doses de glyphosate houve aumento da toxicidade visual nas plantas e diminuição no incremento de altura e diâmetro. A testemunha, sem efeitos de toxicidade, apresentou incremento de altura de 64,41% e incremento de diâmetro de 57,10%, a menor dose (180 g e.a. L⁻¹) apresentou toxicidade visual menor que 5% e incremento de altura de 49,93% e 47,04% no incremento de diâmetro. As doses 360 e 540 g e.a. L⁻¹ apresentaram sintomas de toxicidade visual de 5 a 15%, com incremento de altura 31,55% e 10,52% e incremento de diâmetro 32,49% e 40,33%, respectivamente. A maior dose, com toxicidade visual de 10% a 25%, apresentou menor incremento de altura (5,41%) e diâmetro (30,53%). Isso se deve pelo fato das maiores doses apresentarem sintomas como clorose e necrose das folhas novas no ápice das plantas.

Tuffi Santos et al. (2005), observaram em plantas de eucalipto submetidas a aplicação de glyphosate, que o aparecimento dos sintomas está relacionado à quantidade de produto em contato com as plantas e os sintomas caracterizados por necroses e cloroses foliares eram observados já a partir dos 5 DAA. A recuperação das plantas tratadas com doses de 172,8 g ha⁻¹ de glyphosate, foi verificada aos 45 DAA, com emissão de novas brotações, porém com sintomas de intoxicação nas partes mais velhas.

Esse efeito de recuperação, com novas brotações apicais, não foram verificadas nas mudas de landi nas maiores doses. Devido a isso, ocorreu o aparecimento de superbrotas laterais no caule a partir dos 30 DAA, o que provavelmente levou o aumento da massa seca de caule nas doses 540 e 720 g e.a. L⁻¹, sendo que a maior dose não apresentou diferença estatística em relação à testemunha.

Para espécies florestais como landi, que possui como fim principal a produção de madeira, a superbrotas é indesejável, pois os ramos encontrados nos troncos de árvores jovens são incrustados no tronco em crescimento, formando os nós (RAVEN et al., 2014). Os nós dificultam o processamento das peças de madeira, reduzem sua resistência mecânica e diminuem o seu valor final. Nós mortos podem sofrer transformações, acumulando resinas ou outros materiais, além disso, durante a secagem, os nós mortos podem soltar-se da peça de madeira (QUOIRIN, 2004).

Plantas de landi em fase inicial de crescimento submetidas a doses de glyphosate mostraram-se sensíveis aos efeitos do herbicida em todas as doses. Ao longo do tempo a menor dose foi se recuperando enquanto nas maiores doses houve aparecimento de danos secundários. Sendo importante destacar que não houve morte de indivíduos em nenhum tratamento.

6 CONCLUSÕES

As doses acima de 360 g e.a. L⁻¹ apresentaram danos fisiológicos nas mudas de landi comparados a testemunha ao longo do tempo. Sendo que a menor dose (180 g e.a. L⁻¹) apresentou recuperação fisiológica ao longo do tempo na assimilação líquida de CO₂, condutância estomática, transpiração, carbono interno, eficiência instantânea no uso da água (EUA) e eficiência instantânea na carboxilação (EiC).

Porém todas as doses afetaram a parte morfológica das plantas através de diminuição no acúmulo de biomassa dos componentes vegetais, sendo que as maiores doses (540 e 720 g e.a. L⁻¹) afetaram significativamente o incremento de altura e diâmetro devido a queima apical.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Seletividade de genótipos de eucalipto a doses de herbicidas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 585-598, jul./set. 2010.
- AMARAL, J. A. T. do; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.
- AMARANTE JÚNIOR, O. P. et al. Métodos de extração e determinação do herbicida glifosato: breve revisão. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 420-428, 2002.
- Angiosperm Phylogeny Group (2009). Disponível em: «An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III» (PDF): 105–121. 10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x. Acesso em 27 de jan. 2017.
- ARALDI, R. et al. Chlorophyll fluorescence in guanandi tree (*calophyllum brasiliense*) after herbicide application. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 1, p. 77-82, 2015.
- BAILEY, J. A.; KAPUSTA, G. Soybean (*Glycine max*) tolerance to simulated drift of nicosulfuron and primisulfuron. **Weed Technology**, v. 7, p.740-745, 1993.
- BASTOS, A. B.; SIMONI, J. A. Determinação da variação de entalpia da interação entre o herbicida glifosato e os íons cálcio, cobre, zinco e alumínio em solução aquosa por calorimetria por titulação isotérmica. **Augmdomus**, La Plata, v. 2, n. 1, p. 60-71, 2010.
- BINKLEY, D.; STAPE, J. L.; RYAN, M. G. T. Thinking about efficiency of resource use in forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 5-16, 2004.
- BOWN, A. W.; HALL, D. E.; MACGREGOR, K. B. Insect footsteps on leaves stimulate the accumulation of 4-aminobutyrate and can be visualized through increased chlorophyll fluorescence and superoxide production. **Plant Physiology**, v. 129, n. 4, p. 1430-1434, 2002.
- BRADSHAW, L. D. et al. Perspectives on glyphosate resistance. **Weed Technology**, v. 11, n. 1, p. 189-198, jan/mar. 1997.
- CAMARGO, P.N. **Seletividade**. Boletim Informativo. IPEF, v. 5, n.15, p. 168-94, 1977.
- CAMPELO, D. H. et al. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.973-983, 2015
- CARVALHO, G. P. de. **Deriva simulada de triclopyr e fluroxipyr+triclopyr no crescimento inicial de plantas de eucalyptus urograndis**. 2014. 78p. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi – TO.
- CARVALHO, G. P. et al. Efeito da aplicação de glyphosato no crescimento inicial de *Acacia mangium* willd. In: **Manejo y Control de Malezas em Latinoamerica**. Asociación Latinoamericana de Malezas. Asomecima A.C. Universidad Autónoma de Sinaloa. Universidad Autónoma Del Estado De México, p. 490-494, 2013a.
- CARVALHO, G. P. et al. Efeito da aplicação de herbicidas em pós emergência no crescimento inicial de landi (*Calophyllum brasiliense* cambessedes) In: **Manejo y Control de Malezas em Latinoamerica**. Asociación Latinoamericana de Malezas.

- Asomecima A.C. Universidad Autónoma de Sinaloa. Universidad Autónoma Del Estado De México, p. 495-499, 2013b.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Embrapa-CNPQ, Colombo, 1994.
- CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. 3 ed. Piracicaba: Associação brasileira de ação à resistência de plantas daninhas – HRAC-BR, 2008. 120p.
- CIRIELLO, V. **Crescimento inicial e nutrição de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) em função de n, p, k e saturação por bases do solo**. 2010. 93p. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu-SP.
- COELHO, M. C. B. **Epidimetria de *Calophyllum brasiliense* camb. em plantios comerciais**. 2016. 100f. Tese (doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal- Faculdade de Tecnologia- Universidade de Brasília. Brasília-DF.
- COLE, D. J. Mode of action of glyphosate - a literatura analysis. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. (Ed.). *The herbicide glyphosate*. London: Butterworths, 1985. p. 48-74.
- CORNIANI, N. et al. Determinação das trocas gasosas e de potencial hídrico através do uso de sistemas portáteis na avaliação do estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 14., 2006, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: USP, 2006. CD-ROM.
- CORNISH, P. S.; BURGIN, S. Residual effects of glyphosate herbicide in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 13, n. 4, p. 695-702, 2005.
- COSTA, A. C.P. R. et al. Efeito da deriva simulada de glyphosate em diferentes partes da planta de *Eucalyptus grandis*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1663-1672, set./out. 2012.
- COSTA, N. V. et al. Efeito da deriva simulada de glyphosate no crescimento inicial de plantas de Pinhão-Manso. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, Número Especial, p. 1105-1110, 2009.
- DALMAGO, G. A. et al. Evapotranspiração máxima da cultura do pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 785-792, 2006.
- DOMINGOS JÚNIOR, F. A. **Sensibilidade de teca (*Tectona grandis* L.f.) à matocompetição e a herbicidas**. 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: área de concentração em Fitotecnia) – Universidade de Uberlândia, Minas Gerais.
- DUARTE, N. F. et al. Seletividade de herbicidas sobre *Myracrodruon urundeuva* (aroeira). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 2, p. 329-337, 2006.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produção de Mudas de Guanandi. Comunicado Técnico 17. ISSN 1517 5030. Colombo, PR. Agosto, 2007. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/16821/1/com_tec177.pdf. Acesso em: 01 de jul. 2015.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Seleção de guanandi em plantios comerciais. SSN 1980-3982 Colombo, PR. Dezembro, 2012. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72483/1/CT-299.pdf>. Acesso em: 01 de jul. 2015.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, **Embrapa Solos**, 2006. 306p.
- FAGLIARI, J. R. **Efeitos de subdoses do herbicida 2,4-D na cultura do tomate**. 2004. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia: área de concentração em Proteção de Plantas) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná.
- FAO - Food and Agriculture Organization. **Global Forest Resources Assessment Progress towards sustainable forest management**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005. 320 p.
- FARQUHAR, G.D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Plant Physiology**, Palo Alto, v.33, p.317-345, 1982.
- FERREIRA, R. A. et al. Efeito de herbicidas de pré-emergência sobre o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.4, p.133-145, 2005.
- FILHO, E. M. C.; SARTORELLI, P. A. **Guia de árvores com valor econômico**. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora, 2015. p. 106.
- FILHO, R. V. **Tipos de herbicidas para uso em florestas**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.4, n.12, p.36 – 44, set.1987.
- FISCHER, E.; SANTOS, F. A. M. dos. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) trees in the Atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 903-909, 2001.
- FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense* Cambess. In: VOZZO, J. A. (Ed.). Tropical tree seed manual. Washington: USDA Forest Service, 2002. p. 353-356.
- FRANZ, J.E.; MAO, M.K.; SIKORSKI, J.A. Glyphosate: a unique global herbicide. Washington: **ACS monograph**, 1997. 653p.
- GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glyphosate na agricultura**. São Paulo: ACADCOM Gráfica e Editora Ltda, 2005.
- GAZZIERO, D.L.P. Manejo de plantas daninhas na cultura da soja. In: CARVALHO, J.A.; CORREIA, N.M. **Manejo de plantas daninhas nas culturas da soja e do milho**. Uberlândia: UFU, 1998. p.8-18.
- GEIGER, D. R.; SHIEH, W. J.; FUCHS, M. A. Causes of selflimited translocation of glyphosate in Beta vulgaris plants. **Pesticide Biochemical and Physiology**, v.64, p.124-133, 1999.
- GELMINI, G.A. **Herbicidas: indicações básicas**. Campinas: Fundação Cargil, 1988. 334p.
- GONÇALVES, K. S.; SÃO JOSÉ, A. R.; CAVALIERI, S. D.; MARTINS, I. S.; VELINI, E. D. Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Revista Brasileira de Herbicidas**. v. 10, n. 2, p. 110-120, mai./ago. 2011.
- GRAVENA, R. **Respostas bioquímicas e fisiológicas de plantas de citros atingidas pelo glyphosate**. 2006. 145 p. Tese (Doutorado em Agronomia: área de concentração em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental**. Brasília: Ibama, 2010. 84 p.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso: jan. 2017.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2015/default.shtm>. Acesso em: abr. 2017.
- ISHIDA, A. et al. Diurnal changes in leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in tropical tree species with contrasting light requirements. **Ecological Research**, v.14, p.77-88, 1999.
- JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.
- JAIMEZ, R. E. et al. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005
- KASPARY, T. E. **Caracterização biológica e fisiológica de buva (*Conyza bonariensis* L.) resistente ao herbicida *glyphosate***. 2014. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: agricultura e ambiente) – Centro de Educação Superior Norte – Universidade Federal de Santa Maria. Frederico Westphalen – RS.
- KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p.
- 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.
- KREMER, R. J.; MEANS, N. E.; KIM, S., Glyphosate affects soybean root exudation and rhizosphere microorganisms. *International Journal of Analytical Environmental Chemistry*, v. 85, p. 1165-1174, 2005.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. vol. 1/5. pg. 98 Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.
- MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.
- MACHADO, V. M. et al. Sensibilidade de mudas de espécies florestais nativas ao glyphosate. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1941-1951, Nov./Dec. 2013.
- MARQUES, M. C. M. **Estudos auto-ecológicos do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Camb. Clusiaceae) em uma mata ciliar do município de Brotas**. 1994.105f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- MARTINS, A. K. E. et al. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de ipucas na planície do médio Araguaia – estado de Tocantins. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.297-310, 2006.
- MEDEIROS, W. N. et al. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *eucalyptus urophylla* x *eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. **Ciências Florestais**, v. 26, n. 1, jan.-mar., 2016.
- MELO, A. S. et al. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.
- MENDES, V. H. **Análise da viabilidade econômica da cultura do guanandi: um estudo de caso no município de Prudentópolis (PR)**. 2012. 44p. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Gestão de Negócios Financeiros) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS.

- MFRural. Disponível em: <http://comprar-vender.mfrural.com.br/detalhe/sementes-de-guanandi-calophyllum-brasiliense-95445.aspx>. Acesso em: 02 de set. 2015.
- MONQUERO, P.A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.3, p.445-451, 2004.
- MUNDO, S. R.; DUARTE, M. R. Farmacobotânica foliar e caulinar de guanandi *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae). **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 2. p.87-91, 2008.
- NAVARRO, E. C. Viabilidade econômica do *Calophyllum brasiliense* (Guanandi). **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, GARÇA, v. 7, n. 10, 2007.
- NÉRI, J. **Análise dos padrões filogeográficos de *Calophyllum brasiliense* Cambess (*Calophyllaceae*)**. 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Escola Nacional de Botânica Tropical, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- NOLDIN, V. F.; ISAIAS, D.B.; CECHINEL-FILHO, V. Gênero *Calophyllum*: importância química e farmacológica. **Química Nova**, v. 29, n.3, p.549-554, 2006.
- OLIVEIRA JUNIOR. et al. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipaz, 2011. 22 ed. 348p.
- OLIVEIRA, J. R.; DUARTE, N.F.; FASSIO, P.O. Avaliação de fitotoxicidade de herbicidas ao cedro Australiano. 2008. In: I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET Bambuí Bambuí/MG – 2008.
- 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. et al. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.
- PAULA, J. E.de; ALVES, J. L. de H. Madeiras nativas. Anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Fundação Mokiti Okada. BRASÍLIA- DF, 1997.543p.
- PEIXOTO, P. H. P.; MATTA, F. M. da; CAMBRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 4, p. 821-832, 2002.
- PEREIRA, M. R. R. et al. Efeito da deriva de glyphosate sobre algumas características fisiológicas em plantas de eucalipto. **Interciência**, Caracas, v. 35, n. 4, p. 279-283, abril, 2010.
- PIOTTO, D. **Projeto técnico de reflorestamento fazenda São Gabriel**, 2005. 27p.
- PITELLI, R. A.; MARCHI, S. R. **Interferência das plantas invasoras nas áreas de reflorestamento**. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 3., 1991, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: SIF, 1991. p. 1-11.
- PONS, T.L.; WELSCHEN, R.A.M. Midday depression of net photosynthesis in the tropical rainforest tree *Eperua grandiflora*: contributions of stomatal and internal conductances, respiration and Rubisco functioning. **Tree Physiology**, v.23, p.937-947, 2003.
- QUOIRIN, N. S. R. **DIAGNÓSTICO DE DEFEITOS EM MADEIRA POR TOMOGRAFIA DE RAIOS X**. 2004. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e Processos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR.
- RAVEN, P.H., EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**, 8a. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2014.

- REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.16, p.5139-5143, 2004.
- REYES-CHILPA, R.; JIMENEZ-ESTRADA, M.; ESTRADA-MUÑIZ, E. Antifungal xanthenes from *Calophyllum brasiliensis* heartwood. **Journal of Chemical Ecology**, v. 23, n.7, p.1901-1911, 1997.
- RODRIGUES, J. D. **Absorção, translocação e modo de ação de defensivos (glifosato e alachlor)**. Botucatu: Unesp, 1994. 10 p. Apostila.
- ROKICH, D. P.; DIXON, K. W. Recent advances in restoration ecology, with a focus on the Banksia woodland and the smoke germination tool. **Australian Journal of Botany**, v. 55, n. 3, p. 375-389, 2007.
- ROMBOLA, T. H. **Efeito do extrato aquoso de folhas do Guanandi (*calophyllum brasiliense* cambess) no controle do crescimento de *microcystis aeruginosa***. 2014. 73f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu – SP.
- SANTOS, F. M. et al. Effect of glyphosate on the physiological parameters of horseweed. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.9, n.4, p.519-525, 2014.
- SARAIVA, G. F. R. **Influência do uso de telas de sombreamento coloridas (azul,vermelha e preta) na fisiologia da produção de mudas de guanandi (*calophyllum brasiliensis*)**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Botânica) - Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, São Paulo.
- SCHULTZ, J. *Calophyllum brasiliense*: Olandi. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. p.440-443.
- SERAFINI, P. P. et al. Análise nutricional na dieta do Papagaio-de-cara-roxa (*Amazona brasiliensis*) no Litoral Sul do Estado de São Paulo. **Ornithologia**, v. 4, n. 2, p. 104-109, dezembro 2011.
- SERVIATES, J. C.; TUCCI, M. A.; GEIGER, D. Glyphosate effects on carbon assimilation, ribulose biphosphate carboxylase activity, and metabolite levels in sugar beet leaves. **Plant Physiology**, Rockville, v.85, p.370-374, 1987.
- SHIEH, W. J.; GEIGER, D. R.; SERVIATES, J. C. Effect of N-phosphonomethylglycine on carbon assimilation and metabolism during a simulated natural day. **Plant Physiology**, Rockville, v.97, p.1109-1114, 1991.
- SHIMAZAKI, K.I. et al. Light regulation of stomatal movement. **Plant Biology**, Palo Alto, v.58, p.219-247, 2007.
- SILVA JUNIOR, M. C.; PEREIRA, B. A. da S. **+100 árvores do cerrado - matas de galerias: guia de campo**. Brasília. Ed. Rede de sementes do cerrado, 2009. p. 134.
- SILVA, A. A.; d'ANTONINO, L.; FERREIRA, F. A. Classificação e mecanismos de ação de herbicidas. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; PICANÇO, M. C. (4.ed). O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. Viçosa, MG: UFV, Cap. 6, p. 153-212. 2014.
- SILVA, C. P. **Associação micorrízica na presença de fósforo e divergência morfológica de mudas de guanandi (*calophyllum brasiliense* cambes.) na região sul do estado do Tocantins**. 2013. 69f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi - TO.

- SILVA, L. Q. Modificações fisiológicas em folhas de pequi (*Caryocar brasiliense*) causadas pela aplicação de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.2, p.184-194, abr./jun. 2016.
- SILVA, R. A. Interferência de subdoses de glyphosate nas trocas gasosas em picão-preto e trapoeraba. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.08, n.01, p.31 – 39, jan/abr. 2015.
- SILVEIRA, H.M. et al. Características fisiológicas de cultivares de mandioca após aplicação do mesotrione. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 403-409, 2013.
- Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF). Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/especies-florestais> Acesso em: 02 de fev. 2017.
- STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, n.1, p. 17- 31, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TAROUCO, C. P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na fase inicial de crescimento do eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p.1131-1137, set. 2009.
- TOCANTINS. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública - SEPLAN. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. Organizado e atualizado por Paulo Augusto Barros de Sousa, Rodrigo Sabino Teixeira Borges e Ricardo Ribeiro Dias. 6. ed. rev. atu. Palmas: Seplan, 2012.
- TOLEDO, R. E. B. et al. Faixas de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento de plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 78-92, 2003.
- Tropical Flora Reflorestadora. Disponível em: <http://www.tropicalflora.com.br/tropicalflora/pt/index.php?gclid=>. Acesso em: 12 de fev. 2017.
- TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 1, p. 133-142. 2005.
- TUFFI SANTOS, L.D. et al. Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 9-16, 2008.
- TUFFI, L. D. S. et al. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 1, p 133-137, 2007.
- TUFFI, L. D. S. et al. Intoxicação de eucalipto submetido à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 3, p. 521-526, 2006.
- VARSHNEY, S. et al. Effects of herbicide applications in wheat fields. Is phytohormones application a remedy? **Plant Signal Behav**, v. 7, n. 5, p. 570-575, 2012.
- VELINI, E. D. Interferências entre plantas infestantes e cultivadas. In: MARCELO KOGAN. (Org.). *Avances en Manejo de Malezas en la Produccion Agrícola y Florestal*. 1 ed. Santiago do Chile, v. 1, p. 41-58, 1992.
- VELINI, E.D. et al. *Glyphosate*. Botucatu, SP: FEPAF, 2009. 493 p.
- VIDAL, R.A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 1997. 165p.

- VIEIRA, L. F. C. **Efeito de diferentes temperaturas na sobrevivência e no crescimento de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.)**. 2009. 22 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande – MS.
- WANGINIÁK, T. C. R. **Desenvolvimento inicial de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess., Clusiaceae) em sistema sob cobertura e a pleno sol**. 2016. 44p. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu-SP.
- XIAOWEN, L. et al. Influence of two herbicides on photosynthesis of *Eupatorium trapezoideum*. **Journal of Agro-Environment Science.**, v. 29, n. 7, p. 1247-1253, 2010.
- YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. **Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agrônomicas**. Encarte do informações agrônomicas Nº 119. Set. 2007.
- YAMASHITA, O. M. et al. Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 359-366, dez. 2009.
- ZOBIOLE, L. H. S. et al. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate-resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, n.12, p.1860-1873, 2010.