

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MATEUS GALLON

**EFEITO DE FATORES AMBIENTAIS E TOLERÂNCIA A HERBICIDAS
EM TRÊS ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DA FAMÍLIA
RUBIACEAE**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2015

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MATEUS GALLON

**EFEITO DE FATORES AMBIENTAIS E TOLERÂNCIA A HERBICIDAS
EM TRÊS ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DA FAMÍLIA
RUBIACEAE**

DISSERTAÇÃO

**PATO BRANCO
2015**

MATEUS GALLON

**EFEITO DE FATORES AMBIENTAIS E TOLERÂNCIA A HERBICIDAS
EM TRÊS ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DA FAMÍLIA
RUBIACEAE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Müzell
Trezzi

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fabiane Pinto
Lamego

Co-orientador: Prof. Dr. Ribas Antônio
Vidal

PATO BRANCO

2015

G173e

Gallon, Mateus

Efeito de fatores ambientais e tolerância a herbicidas em três espécies de plantas daninhas da família Rubiaceae / Mateus Gallon. – 2015.

182f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Michelangelo Müzzel Trezzi

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Fabiane Pinto Lamego

Co-orientador: Prof. Dr. Ribas Antônio Vidal

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2015.

Bibliografia: f. 155 - 171.

**1. *Borreria latifolia*. 2. *Galianthe chodatiana* 3. *Richardia brasiliensis*
4. Glyphosate 5. Germinação I. Trezzi, Michelangelo Müzell, orient. II. Lamego,
Fabiane Pinto, coorient. III. Vidal, Ribas Antonio, coorient. IV. Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. V.
Título.**

CDD (22. ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por:
Suélem Belmudes Cardoso CRB 9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Gerência de Ensino e Pesquisa
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° _____

EFEITO DE FATORES AMBIENTAIS E TOLERÂNCIA A HERBICIDAS EM TRÊS ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DA FAMÍLIA

RUBIACEAE

por

MATEUS GALLON

Dissertação apresentada às 08 horas e 30 min. do dia 27 de Fevereiro de 2015 como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Matologia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Leandro Galon
UFFS – Erechim/RS

Prof. Dr. Carlos André Bahry
UTFPR – Pato Branco/PR

Prof. Dr. Giovana Faneco Pereira
UTFPR - Pato Branco/PR

**Prof. Dr. Michelangelo Müzell
Trezzi**
UTFPR – Pato Branco/PR
Orientador

Prof. Dr. Giovani Benin
Coordenador do PPGA

Dedico este trabalho aos meus pais Mario José
Gallon e Salete Terezinha Debortoli Gallon
Ao meu eterno amigo Guilherme Trevisol (*in
memorian*).

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, em especial aos meus irmãos Marcio e Cláucia, e meus pais Mario e Salete, pelo amor, dedicação, apoio e esforço desmedido para minha formação.

A minha querida companheira de todas as horas, Indianara Müller, pelo amor, carinho, apoio, compreensão e pelos momentos compartilhados nesta caminhada.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Michelangelo Müzell Trezzi pela receptividade, confiança, apoio, paciência, respeito e dedicação, contribuindo imensamente para o meu crescimento pessoal e intelectual.

Aos meus co-orientadores, Prof^a. Fabiane Pinto Lamego e Prof. Ribas Antonio Vidal pelo apoio, respeito, colaboração e atenção.

A todos os professores da UTFPR que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

A todos os servidores da UTFPR, em especial ao Sr. Otávio e ao Eloir, pela disposição e contribuição nos momentos que necessitei.

Aos técnicos da COASUL, COOPERTRADIÇÃO, EMBRAPA SOJA de Londrina/PR e EMBRAPA PRODUTOS E MERCADO de Canoinhas/SC por auxiliarem nas coletas das sementes das espécies utilizados nos experimentos.

Aos professores, Dr. Carlos André Bahry, Dr. Leandro Galon e Dr^a. Giovana Faneco Pereira pela disponibilidade para participação na banca de defesa e pelas contribuições a este trabalho.

Aos também amigos(as) e colegas do NIPED, Fortunato Pagnoncelli, Francielli Diesel, Elouize Xavier, Eli Marchesan, Antonio Brusamarello e Henrique Bittencourt pela convivência, amizade, receptividade e auxílios prestados, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos também amigos(as) e estagiários(as) do NIPED, Marcos Barancelli, Sorhaila Batistel, Renato Pasini, Pedro Mizerski, Poliana Fogaça, Matheus Viecelli, Bruna Cavalheiro e Renata Gobetti pela amizade, colaboração e dedicação na condução dos experimentos.

A todos os meus amigos, pela amizade, apoio e companheirismo em todos os momentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

Enfim, a todos, mesmo não citados, que de alguma forma contribuíram para que este trabalho pudesse ser realizado, meus sinceros agradecimentos.

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças.”

LEON C. MEGGINSON

RESUMO

GALLON, Mateus. Efeito de fatores ambientais e tolerância a herbicidas em três espécies de plantas daninhas da família Rubiaceae. 182f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

A forte pressão de seleção exercida pelo uso intensivo do herbicida glyphosate em áreas cultivadas tem selecionado populações de espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Shum. (erva-quente), *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (galiante) e *Richardia brasiliensis* Gomes (poaia-branca), pertencentes à família Rubiaceae, com sensibilidade diferencial a este herbicida no Sul do Brasil. A dificuldade de controle com herbicidas sinaliza a necessidade de adoção de práticas de manejo da flora ruderal e de cultivos mais sustentáveis e que resultem em controle mais eficiente das populações a longo prazo. O presente estudo objetivou: (a) selecionar métodos eficazes para a superação de dormência de *B. latifolia* e *G. chodatiana* e determinar como os mesmos influenciam na cinética da germinação das sementes dessas espécies; (b) analisar o efeito de temperaturas, da irradiância, do pH, do alumínio e da salinidade no processo germinativo de sementes e no crescimento inicial de plântulas de *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis*; (c) avaliar os níveis de tolerância ao glyphosate em biótipos de *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* por meio de curvas de dose-resposta utilizando dois métodos de avaliação de controle pelo herbicida; (d) e avaliar a eficiência de herbicidas alternativos no controle em pré-emergência, pós-emergência inicial e pós-emergência tardia das três espécies rubiáceas. A associação de KNO₃ 2%/3h + ácido giberélico 400 ppm resultou na maior porcentagem de germinação de sementes de *G. chodatiana*. Esse tratamento e também o de calor seco 60°C/30 min+ KNO₃ 2%/3h foram mais efetivos na superação da dormência de *B. latifolia*. *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* toleraram temperaturas mais baixas durante o processo germinativo, enquanto *B. latifolia* tolerou temperaturas mais elevadas. *B. latifolia* e *R. brasiliensis* apresentaram-se fotoblásticas positivas, enquanto *G. chodatiana* foi indiferente ao fotoperíodo. *B. latifolia* apresentou germinação e desenvolvimento inicial mais elevado em pH 3, enquanto *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* demonstraram preferência por pH entre 5 e 7. *B. latifolia* e *G. chodatiana* foram mais tolerantes à presença do alumínio durante o processo germinativo do que *R. brasiliensis*. Baixos índices salinos foram suficientes para inibir boa parte da germinação das sementes das três espécies. Alguns biótipos de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* apresentaram tolerância média a elevada ao glyphosate, não sendo controlados por doses acima da recomendada. A espécie *G. chodatiana* não foi controlada com a maior dose utilizada no experimento, apresentando elevada tolerância ao herbicida. Os herbicidas sulfentrazone, S-metolachlor e saflufenacil apresentaram boa eficiência no manejo em pré-emergência tanto de *B. latifolia* quanto de *R. brasiliensis*, enquanto chlorimuron-ethyl e diclosulan foram eficientes somente sobre *R. brasiliensis*. Em

pós-emergência inicial os herbicidas fomesafen, lactofem e flumioxazin controlaram as plantas das três espécies estudadas, enquanto bentazon controlou eficientemente apenas *B. latifolia*. Destaca-se a suscetibilidade da espécie *G. chodatiana* para aplicações em pós-emergência inicial, pois estádios ontogênicos mais avançados reduzem os níveis de controle da espécie e as alternativas químicas. Diferentes tratamentos, associados ao glyphosate ou em aplicações sequenciais, foram eficazes em controlar as plantas de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* em estágio de desenvolvimento avançado.

Palavras-chave: *Borreria latifolia*. *Galianthe chodatiana*. *Richardia brasiliensis*. Dormência. Germinação. Glyphosate.

ABSTRACT

GALLON, Mateus. Effect of environmental factors and herbicide tolerance in three weed species of Rubiaceae family. 182f. Dissertation (Master in Agronomy) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Concentration area: Crop Science), Federal Technology University of Paraná. Pato Branco, 2015.

The strong selection pressure exerted by intensive use of glyphosate in cultivated areas has selected populations of the Rubiaceae weed species *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Shum. (broadleaf buttonweed), *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (galiante) and *Richardia brasiliensis* Gomes (Brazilian pusley) with differential sensitivity to this herbicide in the South region of Brazil. The control of these weeds with herbicides is troublesome and signals the need to incorporate management practices of ruderal flora and crops, more sustainable and that results in more efficient control for long-term. Therefore, it is very important to expand the information about their biology and management. This study aimed: (a) select efficient methods to overcome dormancy of *B. latifolia* and *G. chodatiana* and determine how they influence the kinetics of seeds germination; (b) analyze the effects of temperature, irradiance, pH, aluminum and salinity on seed germination and initial growth of the *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* seedlings; (c) evaluate tolerance to glyphosate levels in biotypes of *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* through dose-response curves and compare two methods to evaluate herbicidal control; (d) and evaluated the effectiveness of alternative herbicides in pre-emergence and in early and late post-emergence of the three species. The treatment with KNO₃ 2%/3h + gibberellic acid 400 ppm resulted in higher percentage of *G. chodatiana* seed germination. This treatment and also the dry heat (60°C/30 min) + KNO₃ 2%/3h were more effective in overcoming dormancy of *B. latifolia*. *G. chodatiana* and *R. brasiliensis* tolerate lower temperatures during the germination process, while *B. latifolia* tolerate higher temperatures. *B. latifolia* and *R. brasiliensis* are positive photoblastic while *G. chodatiana* is indifferent to the photoperiod. *B. latifolia* shows higher germination and early development in pH 3, while *G. chodatiana* and *R. brasiliensis* prefer pH range between 5 and 7. *B. latifolia* and *G. chodatiana* were more tolerant to the aluminum during the germination process than *R. brasiliensis*. Low salt levels were sufficient to reduce the seed germination of the three species. Some biotypes of *B. latifolia* and *R. brasiliensis* showed medium-high glyphosate tolerance, not being controlled by higher doses than recommended. The *G. chodatiana* specie was not controlled with the highest dose used, showing a high glyphosate tolerance. The sulfentrazone, s-metolachlor and saflufenacil herbicides sprayed in pre-emergence showed high efficacy both on *B. latifolia* and *R. brasiliensis*, while chlorimuron-ethyl and diclosulan were effective only on *R. brasiliensis*. In early post-emergence the fomesafen, lactofem and flumioxazin herbicides efficiently controlled plants of all species, while bentazon showed high efficacy only on *B. latifolia*. Noteworthy the susceptibility of the *G. chodatiana* specie for applications in early post-emergence, because the control effectiveness and the

number of effective herbicides are reduced with increasing the plant age. Many treatments with tank mix or sequential applications with glyphosate, were effective in controlling *B. latifolia* and *R. brasiliensis* plants in advanced stage of development.

Keywords: *Borreria latifolia*. *Galianthe chodatiana*. *Richardia brasiliensis*. Dormancy. Germination. Glyphosate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Efeito de diferentes tratamentos de superação de dormência na germinação de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. Experimento 1(A), Experimento 2(B) Experimento 3(C), Experimento 4(D), Experimento 5(E) e Experimento 6(F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.38
- Figura 2** - Efeito de diferentes tratamentos de superação de dormência sobre o Índice de Velocidade de Germinação de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. Experimento 1(A), Experimento 2(B) Experimento 3(C), Experimento 4(D), Experimento 5(E) e Experimento 6(F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....41
- Figura 3** - Efeito de diferentes tratamentos na superação de dormência sobre Tempo médio de Germinação de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. Experimento 1(A), Experimento 2(B) Experimento 3(C), Experimento 4(D), Experimento 5(E) e Experimento 6(F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.43
- Figura 4** - Influência de diferentes tratamentos de superação de dormência sobre a frequência relativa de germinação de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. Experimento 1(A), Experimento 2(B) Experimento 3(C), Experimento 4(D), Experimento 5(E) e Experimento 6(F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.45
- Figura 5** - Curva de embebição de água em sementes de *Borreria latifolia*. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.47
- Figura 6** - Efeito da associação de tratamentos de superação de dormência sobre a germinação (A), índice de velocidade de germinação (B), tempo médio de germinação (C), velocidade média de germinação (D) e frequência relativa de germinação (E) de *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....49
- Figura 7** - Germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 20/30°C) (A); e a condição de irradiância (claro e escuro)(B). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....61
- Figura 8** - Tempo médio de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 30/20°C)(A) e a condição de irradiância (Claro e Escuro)(B). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....63
- Figura 9** - Índice de velocidade de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 30/20°C)(A) e a condição de irradiância (Claro e Escuro)(B). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....64

- Figura 10** - Frequência relativa de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., (A e B), *Richardia brasiliensis* Gomes (C e D) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (E e F) em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 30/20) (A, C, E) e a condição de irradiância (claro e escuro) (B, D, F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....66
- Figura 11** - Crescimento inicial do epicótilo e da radícula de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 30/20)(A e C) e a condição de irradiância (Claro e Escuro)(B e D). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014..67
- Figura 12** - Percentuais de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a concentrações de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)(A), cloreto de sódio (NaCl)(B) e pH's (C). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014..69
- Figura 13** - Tempo médio de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes concentrações de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)(A), cloreto de sódio (NaCl)(B) e pH's da solução (C). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014..71
- Figura 14** - Índice de velocidade de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes concentrações de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)(A), cloreto de sódio (NaCl)(B) e pH's da solução (C). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.72
- Figura 15** - Frequência relativa de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum.,(A), e *Richardia brasiliensis* Gomes (B) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (C) em resposta a diferentes concentrações de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....73
- Figura 16** - Frequência relativa de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum.,(A), *Richardia brasiliensis* Gomes (B) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (C) em resposta a diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.74
- Figura 17** - Frequência relativa de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum.,(A), *Richardia brasiliensis* Gomes (B) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (C) em resposta a diferentes pH's. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.75
- Figura 18** - Crescimento inicial do epicótilo e da radícula de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes concentrações de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)(A e B), cloreto

de sódio (NaCl)(C e D) e pH's da solução (E e F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014..	77
Figura 19 - Controle de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. aos 14 (A) e 28 DAA (B) e <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 14 (C) e 28 DAA (D) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	92
Figura 20 - Redução da massa seca da parte aérea de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. (A) e <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.	92
Figura 21 - Controle (100 – controle) de biótipos de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014..	94
Figura 22 - Redução da massa seca da parte aérea de biótipos de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	97
Figura 23 - Controle (100 – controle) de biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 14 DAA (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.	101
Figura 24 - Redução da massa seca da parte aérea de biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	105
Figura 25 - Controle (100 – controle) de biótipos de <i>Galianthe chodatiana</i> (Stantl.) E.L. Cabral aos 14 (A) e 28 DAA (B) e redução da MSPA (C) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	107
Figura 26 - Redução percentual do número de pixels de biótipos de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. aos 14 (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.	112
Figura 27 - Redução percentual do número de pixels de biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 14 (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.....	116
Figura 28 - Redução percentual do número de pixels de biótipos de <i>Galianthe chodatiana</i> (Stantl.) E.L. Cabral aos, 14 (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	120
Figura 29 - Temperaturas máxima, média e mínima registradas diariamente durante o mês de dezembro de 2014 no interior da casa de vegetação após a aplicação dos tratamentos nos experimentos. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.	133

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Identificação dos biótipos de *B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana* utilizados nos experimentos com seus respectivos locais de coleta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.....88
- Tabela 2** - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para o controle dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....95
- Tabela 3** - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} , C_{80} e Fator de tolerância (FT) para o controle dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.96
- Tabela 4** - Parâmetros das equações ajustadas, GR_{50} , GR_{80} e Fator de tolerância (FT) para MSPA dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.99
- Tabela 5** - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para o controle dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014..... 102
- Tabela 6** - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} , C_{80} e Fator de tolerância (FT) para o controle dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 104
- Tabela 7** - Parâmetros das equações ajustadas, GR_{50} , GR_{80} e Fator de tolerância (FT) para MSPA dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 106
- Tabela 8** - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para o controle dos biótipos de *Galianthe chodatiana* (Stantl.) E.L. Cabral aos 14 e 28 DAA e MSPA aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014..... 107
- Tabela 9** - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para redução percentual do número de pixels dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 113
- Tabela 10** - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} , C_{80} e Fator de Tolerância (FT) para redução percentual do número de pixels dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 114
- Tabela 11** - Significância e coeficientes de correlação entre as variáveis controle visual (100 - controle), redução percentual do número de pixels e MSPA dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. ... 115

Tabela 12 - Parâmetros das equações ajustadas, C ₅₀ e C ₈₀ para redução percentual número de pixels dos biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.	117
Tabela 13 - Parâmetros das equações ajustadas, C ₅₀ , C ₈₀ e Fator de tolerância (FT) para redução percentual do número de pixels dos biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	118
Tabela 14 - Significância e coeficientes das correlações entre as variáveis controle visual (100 – controle), redução percentual do número de pixels e MSPA dos biótipos de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	119
Tabela 15 - Parâmetros das equações ajustadas, C ₅₀ e C ₈₀ para redução percentual do número de pixels dos biótipos de <i>Galianthe chodatiana</i> (Stantl.) E.L. Cabral aos 14 e 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.	120
Tabela 16 – Significância e coeficientes das correlações entre as variáveis entre as variáveis controle visual (100 – controle), redução percentual do número de pixels e redução da MSPA dos biótipos de <i>G. chodatiana</i> aos 14 e 28 DAA. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.	121
Tabela 17 - Características químicas do solo utilizado no experimento de pré-emergência. UTFPR –Pato Branco - PR, 2014.....	130
Tabela 18 - Tratamentos empregados no experimento de pré-emergência e sua meia-vida no solo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	131
Tabela 19 - Tratamentos empregados no experimento de pós-emergência inicial. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	132
Tabela 20 - Tratamentos empregados no experimento de dessecação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	132
Tabela 21 - Emergência (% em relação à testemunha) de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. aos 7, 14, 21 e 28 DAA após a aplicação de herbicidas pré-emergentes. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	135
Tabela 22 - Emergência (% em relação à testemunha) de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes aos 7, 14, 21 e 28 DAA após a aplicação de herbicidas pré-emergentes. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	136
Tabela 23 - Controle visual (%) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) de <i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum. após a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	137
Tabela 24 - Controle visual (%) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) de <i>Richardia brasiliensis</i> Gomes após a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.....	140

- Tabela 25** - Controle visual (%) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) de *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral após a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 141
- Tabela 26** - Controle visual (%) de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) após a aplicação de herbicidas em pós-tardia (dessecação). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 142
- Tabela 27** - Controle visual (%) de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) após a aplicação de herbicidas em pós-tardia (dessecação). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 144
- Tabela 28** - Controle visual (%) de *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (proveniente de mudas) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) após a aplicação de herbicidas em pós-tardia (dessecação). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 146
- Tabela 29** - Controle visual (%) de *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (plantas adultas com mais de um ano de idade) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) após a aplicação de herbicidas em pós-tardia (dessecação). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. 148

LISTA DE SIGLAS

PR	Unidade da Federação – Paraná
SC	Unidade de Federação – Santa Catarina
SP	Unidade de Federação – São Paulo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

AG ₃	Ácido giberélico
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	Sulfato de Alumínio
Al ³⁺	Íon Alumínio
BOD	Demanda Bioquímica de Oxigênio
C	Celsius
C ₅₀	Dose de herbicida que proporciona 50% de controle
C ₈₀	Dose de herbicida que proporciona 80% de controle
Ca	Cálcio
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
CGM	Culturas Geneticamente Modificadas
cm	Centímetros
cmol _c dm ⁻³	Centimol de carga por decímetro cúbico
CO ₂	Dióxido de carbono
CV	Coeficiente de variação
DAA	Dias após a aplicação
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
dm ³	Decímetro cúbico
Dr.	Doutor
Dra.	Doutora
e.a.	Equivalente Ácido
EC	Emulsão Concentrada
et. al.	E outro(s)
FR	Fator de Resistência
FRG	Frequência Relativa de Germinação
FT	Fator de Tolerância
g	Gramas
g ha ⁻¹ e.a	Gramas por hectare de equivalente ácido
g ha ⁻¹ i.a	Gramas por hectare de ingrediente ativo
GL	Graus de Liberdade
GR ₅₀	Dose de herbicida para reduzir em 50% a massa seca
GR ₈₀	Dose de herbicida para reduzir em 80% a massa seca
h	Hora
H ⁺	Íon Hidrogênio
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
ha	Hectare
HCl	Ácido Clorídrico
i.a.	Ingrediente Ativo
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
K	Potássio
Kg	Quilograma
KNO ₃	Nitrato de Potássio
L	Litros
lbf/pol ²	Libra força por polegada quadrada
LED	Diodo Emissor de Luz
m	Metros
m ²	Metros Quadrados
mEq	Miliequivalente

mg	Miligramas
Mg	Magnésio
min.	Minutos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mM	Milimolar
MM	Massa molecular
MO	Matéria Orgânica
MPa	Megapascal
MSPA	Massa seca da parte aérea
NaCl	Cloreto de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
OH ⁻	Íon Hidróxido
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PM	Peso Molecular
ppm	Partes por milhão
R ²	Coefficiente de determinação
RR	Roundup Ready
SB	Soma de bases
sc	Sacas
SC	Suspensão Concentrada
SL	Solução Líquida
TMG	Tempo Médio de Germinação
V	Saturação por bases
v/v	Volume por volume
WDG	Granulado dispersível em água
WG	Granulado dispersível em água

LISTA DE SÍMBOLOS

°	Graus
>	Maior que
<	Menor que
%	Porcentagem
Σ	Somatório
®	Marca Registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	23
2 SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA EM TRÊS ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DE RUBIACEAE	27
2.1 RESUMO.....	27
2.2 ABSTRACT	28
2.3 INTRODUÇÃO	29
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	31
2.4.1 Experimento 1 - Escarificação e Lavagem (<i>Borreria latifolia</i>).....	32
2.4.2 Experimento 2 - Tratamentos Térmicos (<i>Borreria latifolia</i>)	33
2.4.3 Experimento 3 - Ácido Giberélico (<i>Borreria latifolia</i>).....	33
2.4.4 Experimento 4 - Ácido Acético e KNO ₃ (<i>Borreria latifolia</i>)	33
2.4.5 Experimento 5 - Associações dos Melhores Tratamentos (<i>Borreria latifolia</i> e <i>Galianthe chodatiana</i>)	33
2.4.6 Avaliações e Fórmulas	34
2.4.7 Experimento 6 - Estratificação e Pré-embebição (<i>Borreria latifolia</i>)	35
2.4.8 Experimento 7 - Curva de Embebição (<i>Borreria latifolia</i>).....	35
2.4.9 Análise Estatística	36
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
2.5.1 <i>Borreria latifolia</i>	36
2.5.1.2 Curva de embebição	46
2.5.2 <i>Galianthe chodatiana</i>	48
2.6 CONCLUSÕES	50
3 AÇÃO DE FATORES DO AMBIENTE SOBRE O PROCESSO GERMINATIVO E CRÉSCIMENTO INICIAL DAS ESPÉCIES <i>Borreria latifolia</i>, <i>Galianthe chodatiana</i> E <i>Richardia brasiliensis</i>	51
3.1 RESUMO.....	51
3.2 ABSTRACT	52
3.3 INTRODUÇÃO	53
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	58
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.5.1 Temperatura e Condição de Irradiância.....	60
3.5.2 Alumínio, Salinidade e pH	68
3.6 CONCLUSÕES	79
4 RESPOSTA DE BIÓTIPOS DE <i>Borreria latifolia</i>, <i>Galianthe chodatiana</i> E <i>Richardia brasiliensis</i> ao glyphosate POR MEIO DA ANÁLISE DE VARIÁVEIS CONVENCIONAIS E DE IMAGENS	80
4.1 RESUMO.....	80
4.2 ABSTRACT	81
4.3 INTRODUÇÃO	82

4.4 MATERIAL E MÉTODOS	86
4.4.1 Experimentos Preliminares.....	86
4.4.2 Experimentos Definitivos	87
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
4.5.1 Curvas Dose-Resposta Preliminares.....	91
4.5.2 Curvas Dose-Resposta Definitivas	93
4.5.2.1 Controle de <i>Borreria latifolia</i>	93
4.5.2.2 Controle de <i>Richardia brasiliensis</i>	100
4.5.2.3 Controle de <i>Galianthe chodatiana</i>	106
4.5.2.4 Análise de imagens	111
4.5.2.4.1 <i>Borreria latifolia</i>	111
4.5.2.4.2 <i>Richardia brasiliensis</i>	115
4.5.2.4.3 <i>Galianthe chodatiana</i>	119
4.6 CONCLUSÕES	122
5 CONTROLES QUÍMICOS ALTERNATIVOS AO GLYPHOSATE PARA O MANEJO DE <i>Borreria latifolia</i>, <i>Galianthe chodatiana</i> E <i>Richardia brasiliensis</i>.	123
5.1 RESUMO.....	123
5.2 ABSTRACT	124
5.3 INTRODUÇÃO	126
5.4 MATERIAL E MÉTODOS	129
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	134
5.5.1 Herbicidas Aplicados Em Pré-emergência	134
5.5.1.1 Controle de <i>Borreria latifolia</i>	134
5.5.1.2 Controle de <i>Richardia brasiliensis</i>	135
5.5.2 Herbicidas Aplicados Em Pós-emergência Inicial.....	137
5.5.2.1 Controle de <i>Borreria latifolia</i>	137
5.5.2.2 Eficácia sobre <i>Richardia brasiliensis</i>	139
5.5.2.3 Controle de <i>Galianthe chodatiana</i>	140
5.5.3 Herbicidas Aplicados Em Pós-emergência Tardia (Dessecação)	141
5.5.3.1 Controle de <i>Borreria latifolia</i>	141
5.5.3.2 Controle de <i>Richardia brasiliensis</i>	143
5.5.3.3 Controle de <i>Galianthe chodatiana</i>	145
5.6 CONCLUSÕES	150
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	151
REFERÊNCIAS	155
APÊNDICES	172
ÍNDICE DE APÊNDICES	173

1 INTRODUÇÃO GERAL

O desabastecimento de alimentos é uma preocupação mundial, especialmente para as nações com elevada densidade populacional e/ou que enfrentam dificuldades econômicas. A população mundial deve atingir o patamar de 9,0 bilhões de pessoas dentro de 25 anos, segundo dados da ONU (2014), ou seja, aumento de 2 bilhões de pessoas em relação ao panorama atual. Em contrapartida, tem-se uma projeção menos otimista quando se trata de aumento de áreas agricultáveis. Em suma, para manutenção do abastecimento mundial de alimentos deverá ocorrer um aumento significativo no rendimento das culturas, em virtude da reduzida expansão da fronteira agrícola.

Diante deste cenário, a ocorrência de plantas daninhas tem sido apontada como um dos fatores mais importantes que contribuem para a redução do rendimento das culturas, constituindo séria ameaça à produção sustentável de alimentos. Ao nível mundial, as perdas médias ocasionadas pela interferência das plantas daninhas atingem 4,3 a 15,2% do rendimento das culturas de algodão, arroz, batata, milho, soja e trigo, mesmo com a adoção de medidas de controle (OERKE, 2006). No Brasil, as perdas médias no rendimento compreendem cerca de 5 a 25% nas culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, mesmo sendo realizadas as práticas de controle das infestantes (OERKE, 2006; VIDAL, 2010). A importância das plantas daninhas é tamanha, que cerca de metade dos agroquímicos do mundo, e também em nosso país, é representado pelos herbicidas (THEISEN; RUEDELL, 2004).

O controle químico é o método de manejo de plantas daninhas mais utilizado nos cultivos e, certamente, apresenta inúmeras vantagens, como a eficiência e a praticidade (CONCENÇO *et al.*, 2006). Entretanto, quando utilizado de maneira equivocada pode acarretar em muitos prejuízos, tais como o controle ineficiente das espécies daninhas, a ocorrência de danos, perdas produtivas na cultura comercial causados pela fitotoxicidade e problemas ambientais (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Além disso, a utilização repetitiva de um mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação pode selecionar populações de plantas daninhas tolerantes e resistentes (OLIVEIRA JR. *et al.*, 2011).

Na última década, com a liberação do cultivo da soja Roundup Ready[®] resistente ao herbicida glyphosate (soja RR[®]), o manejo de plantas daninhas foi alterado. A seletividade do glyphosate permitiu seu emprego em pós-emergência da

cultura (PEREIRA *et al.*, 2008), aumentando significativamente sua utilização. Atualmente, a maioria dos sojicultores realiza três aplicações do produto por ciclo (NOHATTO, 2010). Essa prática, aliada a outras práticas de manejo inadequadas nas lavouras, desencadeou intensificação da seleção de plantas daninhas em sistemas de cultivo agrícolas. Já a seleção intraespecífica (dentro da mesma espécie) de plantas daninhas resulta em biótipos resistentes. A seleção interespecífica resulta em mudança da flora para espécies mais tolerantes.

A resistência de populações de plantas daninhas a herbicidas é, atualmente, um dos principais problemas enfrentados pelo setor agrícola mundial. Em todo o Brasil existem milhões de hectares infestados com biótipos de azevém e buva resistentes ao glyphosate (inibidor da EPSPs), principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (BIANCHI *et al.*, 2008). A seleção de espécies de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate em lavouras de soja do Brasil é uma preocupação crescente, especialmente para sojicultores que cultivam grandes áreas (CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2008). Desde a introdução de cultivares de soja geneticamente modificadas resistentes ao glyphosate, têm ocorrido a seleção de espécies tolerantes, como corda-de-viola (*Ipomoea* spp), erva-quente (*Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum.), poaia-branca (*Richardia brasiliensis* Gomes), trapoeraba (*Commelina* spp), dentre outras (MONQUERO, 2005). Esse processo tem ocorrido em outros locais do mundo, com as espécies *Ambrosia artemisiifolia* L. (KAPUSTA *et al.*, 1994) e *Sesbania exaltata* (Raf.) Cory (JORDAN *et al.*, 1997), dentre outras.

A tolerância a determinado herbicida é um acontecimento comum de acontecer na natureza. Ressalta-se, no entanto, que há diferença entre uma planta daninha ser tolerante ou resistente a um herbicida. Resistência é definida como a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos dentro de uma determinada população de sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida que normalmente seria letal para uma população sensível da espécie. Já tolerância é uma característica inata da espécie de sobreviver a aplicações de um herbicida na dose recomendada que seria letal a outras espécies (WEED SCIENCE, 2006; CHRISTOFFOLETI *et al.*, 2008). De modo geral, tolerância se refere à espécie como um todo, enquanto a resistência se refere a populações dentro de uma espécie.

A tolerância de plantas daninhas aos herbicidas está disseminada do Norte ao Sul do Brasil (GALON *et al.*, 2013). Em lavouras de soja da região Sul do

país, espécies pertencentes às famílias Commelinaceae, Convolvulaceae e Rubiaceae são as que apresentam maior importância dentre as tolerantes ao herbicida glyphosate. Há indícios que a dose necessária para controlar determinadas populações ou espécies tolerantes esteja aumentando, resultado do processo de seleção em que indivíduos que toleram doses mais elevadas sobrevivem e indivíduos mais sensíveis são eliminados. Nas áreas infestadas com espécies tolerantes é frequente a utilização de doses de herbicidas acima da recomendada (GALON *et al.*, 2013), gerando impacto negativo às espécies cultivadas, ao ambiente e à saúde humana e aumentando a seleção de plantas daninhas nas áreas agrícolas. O incremento de doses de herbicidas para controlar populações tolerantes, que tem sido observado em lavouras de diversas regiões do Brasil, reflete, provavelmente, a expressão de genes que conferem maior tolerância em biótipos.

Espécies dos gêneros *Borreria* (*Spermacoce*), *Galianthe* e *Richardia* da família Rubiaceae, apresentam grande importância na região Sudoeste do Paraná, especialmente em áreas cultivadas com a cultura da soja. *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. e *Richardia brasiliensis* Gomes são encontradas de forma generalizada na região e sua presença é mais comum em solos sem problemas de drenagem e ácidos (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010, KISSMANN; GROTH, 2000). A espécie *Galianthe chodatiana* (Stantl.) E.L. Cabral é encontrada de forma não endêmica, em algumas lavouras de soja da região Sudoeste do Paraná, ocorrendo principalmente em solos levemente úmidos (CABRAL, 2009). Baseando-se em informações empíricas de técnicos e agricultores, as três espécies citadas acima apresentam respostas distintas a características do ambiente. Embora sejam consideradas tolerantes ao herbicida glyphosate, há informações que algumas populações de *G. chodatiana* não são controladas mesmo com doses muito elevadas desse herbicida ou de sua associação com outros herbicidas como paraquat e 2,4-D.

A dificuldade de controle por meio do uso de herbicidas sinaliza a necessidade de adoção de práticas mais adequadas aos sistemas de produção, que sejam associadas ao controle químico, resultando em controle mais eficiente das populações. *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* apresentam reprodução por meio de sementes. As estratégias de manejo alternativas ao método químico devem ser direcionadas à resposta aos fatores do ambiente, como luz, temperatura, pH e disponibilidade hídrica durante as fases de germinação, emergência e

estabelecimento, pois estas são consideradas as mais importantes para a sobrevivência das plantas. O entendimento dos fatores ecológicos determinantes dessas fases e da sua influência é determinante para a escolha de estratégias de manejo mais adequadas para a redução de infestações das espécies tolerantes, como por exemplo a definição da época de semeadura, a correção da acidez e fertilidade dos solos, o uso de coberturas mortas e a redução do espaçamento entre linhas de culturas. A associação de sistemas alternativos de manejo com a alternativa química permitirá a manutenção das populações das espécies tolerantes sob níveis de infestação mais baixos, resultando em sistemas de controle mais sustentáveis, com menores prejuízos às espécies cultivadas, ao homem e ao meio ambiente.

Diante deste contexto, os objetivos deste trabalho foram ampliar as informações a respeito da biologia e do manejo das plantas daninhas erva-quente (*Borreria latifolia*), galianthe (*Galianthe chodatiana*) e poaia-branca (*Richardia brasiliensis*), estudando métodos de superação de dormência, a influência de fatores do ambiente no processo germinativo das espécies, a resposta das espécies/biótipos provenientes do estado do Paraná e Norte de Santa Catarina ao herbicida glyphosate e susceptibilidade a herbicidas pré e pós-emergentes.

2 SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA EM TRÊS ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS DE RUBIACEAE

2.1 RESUMO

Borreria latifolia (Aubl.) K.Schum e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (Família Rubiaceae) são importantes plantas que infestam culturas na região Sul do Brasil e apresentam tolerância ao herbicida glyphosate. O conhecimento do método de superação de dormência mais adequado auxilia na identificação do tipo de dormência, bem como na definição de estratégias de manejo que permitam o controle eficiente. O trabalho teve como objetivo avaliar métodos de superação da dormência em sementes de *B. latifolia* e *G. chodatiana*. Foram conduzidos sete experimentos no Laboratório de Fitotecnia da UTFPR – Câmpus Pato Branco, em caixas de gerbox, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. No primeiro experimento, as sementes de *B. latifolia* foram submetidas à escarificação mecânica, imersão em ácido sulfúrico, imersão em água quente e lavagem em água corrente. No segundo, os tratamentos foram: pré-esfriamento a 4°C durante 3 ou 24h; calor seco a 60°C durante 20 ou 30min. No terceiro, os tratamentos consistiram de soluções de ácido giberélico nas concentrações de 0; 50; 100; 200 e 400ppm. No quarto, os tratamentos foram: imersão em ácido acético durante 5 e 10min e imersão em nitrato de potássio 2% durante 3 ou 6h. No quinto experimento, as sementes de *B. latifolia* e *G. chodatiana* foram submetidas a três associações duplas dos três melhores tratamentos observados nos quatro primeiros experimentos. O sexto experimento consistiu de tratamentos de pré-embebição de sementes de *B. latifolia* em caixa de areia e em papel de germinação. E o sétimo experimento avaliou o processo de embebição de sementes de *B. latifolia* sem tratamentos de superação de dormência. As sementes foram submetidas ao teste de germinação em BOD a 25°C e fotoperíodo de 12h. Em todos os experimentos determinou-se a percentagem de germinação, índice de velocidade (IVG), tempo médio (TMG) e frequência relativa de germinação. Nos quatro primeiros experimentos, os tratamentos mais eficientes na superação da dormência das sementes de *B. latifolia* foram calor seco, ácido giberélico 200ppm e imersão das sementes em nitrato de potássio por 3h, sendo estes, em geral, também

responsáveis pelos maiores IVG's e TMG's. As associações de calor seco e nitrato de potássio e nitrato de potássio e ácido giberélico, incrementaram em torno de 25% a germinação em relação aos tratamentos isolados. A associação de tratamentos calor seco a 60°C por 30min. + ác. giberélico 400ppm foi a que promoveu a maior percentagem de germinação de sementes de *G. chodatiana*. A estratificação em caixa de areia apresentou germinação semelhante às associações, porém é um processo extremamente moroso. Constatou-se que 92% da absorção de água pelas sementes de *B. latifolia* ocorreu durante as primeiras 6h do processo de embebição.

2.2 ABSTRACT

Borreria latifolia (Aubl.) K.Schum. and *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (Rubiaceae family), are important weed species in southern Brazil and show tolerance to glyphosate. Knowledge of the most appropriate method of overcoming dormancy helps to identify the type of dormancy, and the establishment of management strategies that allow for more effective control. The study aimed to evaluate methods for overcoming seed dormancy in *B. latifolia* and *G. chodatiana*. Seven experiments were conducted at the Laboratory of Plant Science UTFPR - campus Pato Branco in gearboxes in a completely randomized design with four replications. In the first experiment, seeds of *B. latifolia* were subjected to mechanical scarification; sulfuric acid immersion; hot water immersion; and washing with water. In the second, the treatments were: pre-cooling at 4°C for 3 or 24h; and dry heat 60°C for 20 or 30min. In the third, the treatments consisted of gibberellic acid solutions at concentrations of 0; 50; 100; 200 and 400ppm. In the fourth, the treatments were: immersion in acetic acid for 5 or 10min; and immersion in potassium nitrate 2% for 3 or 6h. In the fifth experiment, the seeds of *B. latifolia* and *G. chodatiana* were subjected to three double associations of the three best treatments observed in the first four experiments. The sixth experiment consisted of pre-soaking of seeds of *B. latifolia* in the sandbox and on paper germination treatments. And the seventh experiment evaluated the process of soaking the seeds of *B. latifolia* without dormancy breaking treatments. The seeds were placed in growth chamber at 25°C and a photoperiod of 12h. For all experiments it was evaluated the percentage of germination, speed of seed germination (SSG), average

time of germination (ATG) and relative frequency of germination. In the first four experiments, the most effective treatments to overcome dormancy of *B. latifolia* seeds were dry heat, imbibitions in gibberellic acid at 200ppm and seed immersion in potassium nitrate for 3h, which are generally also responsible by higher SSG's and ATG's. The association of dry heat and potassium nitrate and gibberellic acid increased the germination by 25%, when compared to each factor isolated. The combination of dry heat at 60°C for 30min + gibberellic acid 400ppm was the one that promoted the highest percentage of germination of *G. chodatiana*. Stratification in the sandbox showed similar result as the association, however, it is an extremely time consuming process. It was found that 92% of the absorption of water by seeds of *B. latifolia* occurred during the first 6h of the soaking process.

2.3 INTRODUÇÃO

A germinação de sementes é um processo complexo, que depende de diversos fatores, como temperatura, luz, água, composição de gases na atmosfera e minerais na solução do solo (POPINIGIS, 1985). Ela é o resultado do balanço entre condições ambientais favoráveis e características intrínsecas das sementes compreendendo uma sequência ordenada de atividades metabólicas, que resulta na retomada do desenvolvimento do embrião, originando assim, uma plântula normal. As sementes viáveis e não dormentes germinam quando há disponibilidade de água, oxigênio e luz. A maior parte das sementes das plantas daninhas é ortodoxa e, portanto, pode ser quiescente se alguns destes fatores ambientais limitarem a germinação, ou pode estar em estado de dormência (MONQUERO, 2003).

Em condições de campo a dormência se torna um problema de difícil solução. Os métodos empregados para a superação de dormência em laboratório, em geral não são práticos e adequados em áreas agrícolas. As práticas culturais, como o preparo de solo, podem promover a dormência em algumas espécies e provocar a interrupção da dormência em outras (MONQUERO, 2003). Porém, o conhecimento dos fatores que afetam a germinação de sementes de uma determinada infestante auxilia na determinação do mecanismo envolvido e na definição de estratégias de manejo que permitam a adoção de medidas de controle mais eficientes. Por exemplo, o sistema plantio direto também é uma alternativa para

o manejo de sementes dormentes fotoblásticas positivas, pois sem o revolvimento do solo as mesmas se mantêm em estado de repouso fisiológico. Também, o preparo do solo à noite resulta em diminuição da germinação de sementes de plantas daninhas em comparação com preparo do solo durante o dia, devido a inexistência de estímulo luminoso, que pode desencadear o processo germinativo das sementes (BOTTO *et al.*, 1998). O conhecimento do mecanismo de liberação de dormência também é muito importante em trabalhos de pesquisa em que se quer elevada uniformidade no processo germinativo de sementes (PAZUCH *et al.*, 2015).

A dormência de sementes é classificada em primária e secundária. A dormência primária ocorre durante a maturação das sementes e impede que as sementes germinem quando ainda estão ligadas a planta mãe. A dormência secundária ocorre após a dispersão das sementes maduras e é induzida por fatores naturais ou artificiais (CHADOEUF-HANNEL, 1985).

A dormência é atribuída a vários mecanismos, dentre os quais estão a impermeabilidade do tegumento à água e aos gases, imaturidade do embrião, presença de inibidores ou ausência de promotores ou exigências especiais de luz ou temperatura (FERREIRA; BORGUETTI, 2004). A descontinuidade do processo de germinação de uma população de sementes determinada pela dormência permite a sobrevivência das infestantes presentes no banco de sementes ao longo do tempo e, também, a germinação em períodos em que as condições de ambiente lhes são mais favoráveis (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006).

Diversos métodos de quebra da dormência em sementes são relatados na literatura, sendo os principais a escarificação química e mecânica, estratificação, embebição em água e utilização de fitormônios. Porém, poucos foram padronizados e otimizados para espécies daninhas (VIVIAN *et al.*, 2008).

O Aumento significativo da infestação de rubiáceas, como *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. (sinonímia *Spermacoce latifolia* Aubl.) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L.Cabral (sinonímia *Borreria chodatiana* Standl.) tem ocorrido em lavouras brasileiras, em função da tolerância que as mesmas apresentam aos herbicidas (GALON *et al.*, 2013). São encontrados alguns trabalhos na literatura especializada sobre as condições de germinação e superação da dormência de espécies rubiáceas. A germinação das sementes de *B. latifolia* foi mínima (inferior a 5%) nas temperaturas de 15 e 20°C. As temperaturas de 30 e 35°C foram favoráveis, sendo que a temperatura ótima, com maior percentagem de germinação, foi de 25°C

(PARREIRA *et al.*, 2011). Algumas espécies do gênero *Borreria* apresentam elevada germinação mesmo sem a utilização de tratamentos para superação da dormência. Para a espécie *B. densiflora* var. *latifolia* E.L. Cabral & Martins foi constatada germinação próxima a 75% com alternância entre as temperaturas de 20 e 30°C e fotoperíodo de 12h (MARTINS *et al.*, 2010). Porém, as mesmas condições determinaram germinação de 55% para a espécie *B. verticilata* (L.) G. Mey. (FERREIRA e ROSA, 2009), o que demonstra a variabilidade de resposta das espécies quanto à germinação. *B. densiflora* var. *latifolia* foi classificada como fotoblástica positiva, pois em condições de ausência de luz a germinação foi inferior a 10% (MARTINS *et al.*, 2010).

No trabalho de Parreira *et al.* (2011), incrementos na germinação de sementes de *B. latifolia* em relação à testemunha da ordem de 23% e 45%, foram obtidos, respectivamente, após os tratamentos de escarificação com lixa por dois minutos e nitrato de potássio (KNO_3) por três e seis horas. A ação do nitrato de potássio pode ser tanto favorável na indução como na superação da dormência para muitas espécies. Sua ação está geralmente relacionada ao aumento na germinação, sobretudo para as espécies que possuem sementes sensíveis à luz (VIVIAN *et al.*, 2008).

Em áreas de lavoura da região Sudoeste do Paraná, algumas populações da espécie *G. chodatiana* não são controladas mesmo utilizando doses elevadas de glyphosate (1440 g ha^{-1} de e.a.) ou de sua associação com outros herbicidas dessecantes, como paraquat e 2,4-D. No entanto, não foram encontrados trabalhos que tenham investigado a dinâmica da germinação e dormência da espécie.

O presente estudo foi realizado com os objetivos de selecionar métodos eficazes de superação de dormência nas espécies *Borreria latifolia* e *Galianthe chodatiana* e determinar como os mesmos influenciam a cinética da germinação das sementes dessas espécies.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos de superação de dormência foram realizados no Laboratório de Fitotecnia da UTFPR – Câmpus Pato Branco, utilizando-se sementes de *B.*

latifolia e *G. chodatiana*. As sementes foram coletadas em lavouras de soja localizadas no município de São João e Renascença, ambos no Estado do Paraná. Os trabalhos foram conduzidos entre os meses de maio e outubro de 2013.

Foram efetuados seis experimentos para a espécie *B. latifolia* e um experimento para a espécie *G. chodatiana*, arranjados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições por tratamento. As unidades experimentais foram constituídas por caixas tipo gerbox contendo 20 sementes por repetição, contendo duas camadas de papel para germinação umedecidas com água destilada na proporção de três vezes o seu peso (exceto nos tratamentos com ácido giberélico onde o papel foi umedecido com a solução do regulador na instalação dos experimentos). As unidades experimentais foram alocadas em câmara de germinação tipo BOD, mantidas à temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12h, condições consideradas favoráveis para a germinação das espécies.

As sementes foram desinfestadas antes ou após a aplicação de cada tratamento, conforme a viabilidade, de acordo com a recomendação do INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (1976), utilizando hipoclorito de sódio 1%, por cinco minutos, e álcool 70%, por um minuto.

A seguir, serão descritos os grupos de tratamentos de superação de dormência utilizados em cada experimento. Apenas a associação de tratamentos de superação de dormência foi testada sobre sementes de *G. chodatiana*, em função da pequena quantidade de sementes disponíveis desta espécie. Os tratamentos foram agrupados dentro de cada experimento por semelhança de mecanismo de superação de dormência.

2.4.1 Experimento 1 - Escarificação e Lavagem (*Borreria latifolia*)

No experimento um foram agrupados os tratamentos com a finalidade de romper o tegumento das sementes de *B. latifolia*, mecânica ou quimicamente, ou retirar inibidores químicos: (a e b) Escarificação com lixa nº80 (Escarificador rotativo artesanal) durante cinco e dez minutos; (c e d) Imersão em solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 98% por 30s e um minuto (uma parte de semente para duas de ácido, em m/v), sob agitação constante e na sequência lavadas em água corrente; (e) Imersão em água quente (98°C) por 60min (não sendo feita a manutenção da

temperatura nesse período); (f) Lavagem em água corrente por dez minutos; (g) Testemunha, sem aplicação de tratamentos.

2.4.2 Experimento 2 - Tratamentos Térmicos (*Borreria latifolia*)

(a e b) Pré-esfriamento à temperatura de 4°C em refrigerador durante três ou 24h, sem hidratação; (c e d) Calor seco a 60°C em estufa de secagem com circulação de ar durante 20 ou 30min; (e) Testemunha sem aplicação de tratamentos.

2.4.3 Experimento 3 - Ácido Giberélico (*Borreria latifolia*)

As sementes foram distribuídas nas caixas gerbox, sobre o papel de germinação previamente umedecido com soluções de ácido giberélico + água destilada, nas concentrações de (a) 0; (b) 50; (c) 100; (d) 200 e (e) 400ppm. Após a instalação do experimento, houve reposição da umidade com água destilada.

2.4.4 Experimento 4 - Ácido Acético e KNO_3 (*Borreria latifolia*)

Neste experimento foram agrupados os tratamentos que não se enquadraram nos demais grupos e também por se desconhecer o real mecanismo de superação de dormência em sementes: (a e b) Imersão em ácido acético (Vinagre) durante cinco e dez minutos; (c e d) Imersão em nitrato de potássio (KNO_3) 2% durante três ou seis horas; (e) Testemunha, sem aplicação de tratamentos.

2.4.5 Experimento 5 - Associações dos Melhores Tratamentos (*Borreria latifolia* e *Galianthe chodatiana*)

Os três melhores tratamentos entre os descritos anteriormente foram selecionados e associados em pares formando os tratamentos que seguem: (a)

Calor seco a 60°C em estufa de secagem com circulação de ar durante 30min + imersão KNO₃ 2% por três horas; (b) Calor seco a 60°C em estufa de secagem com circulação de ar durante 30 min + ácido giberélico 400ppm (solução aplicada no gerbox); (c) Imersão em KNO₃ 2% por três horas + ácido giberélico 400ppm (solução aplicada no gerbox); (d) Testemunha sem aplicação de tratamentos.

Os procedimentos experimentais utilizados no experimento de associações de tratamentos para superação de dormência foram os mesmos empregados nos quatro experimentos com tratamentos individuais, descritos anteriormente.

2.4.6 Avaliações e Fórmulas

Para os experimentos de um a cinco, a germinação foi avaliada diariamente, durante 46 dias, considerando germinadas as sementes com comprimento de radícula superior a dois milímetros (AZANIA *et al.*, 2003). Os cálculos de porcentagem de germinação (G), tempo médio (\bar{t}) e frequência relativa de germinação (FRG) foram realizados conforme fórmulas descritas por Labouriau e Valadares (1976) e o índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado de acordo com Maguire (1962):

$$\text{Porcentagem de germinação: } G = (N/A).100$$

Em que:

G = porcentagem de germinação;

N = número de sementes germinadas;

A = número total de sementes colocadas para germinar;

$$\text{Tempo médio de germinação: } \bar{t} = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$$

Em que:

\bar{t} = tempo médio de germinação (em dias);

n_i = número de sementes germinadas por dia;

t_i = tempo de incubação em dias;

Frequência relativa de germinação: $Fr = n_i / \sum n_i$

Em que:

n_i = número de sementes germinadas por dia;

t_i = número total de sementes germinadas;

Índice de velocidade de germinação (IVG)

$$IVG = G_1/D_1 + G_2/D_2 + \dots + G_n/D_n$$

Em que:

G_1, G_2, G_n = número de sementes germinadas computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem.

N_1, N_2, N_n = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem.

A resposta das variáveis dependentes às concentrações de AG_3 foram ajustadas através do modelo polinomial quadrático e a concentração ótima de AG_3 para maximizar o valor das variáveis foi calculada com base na fórmula $y = -b/2c$.

2.4.7 Experimento 6 - Estratificação e Pré-embebição (*Borreria latifolia*)

Sementes de *B. latifolia* foram colocadas entre camadas de areia umedecida, dentro de caixas de madeira com dimensões de 20x10x10cm (CxAxL). Sementes desta espécie também foram colocadas entre folhas de papel de germinação (rolos) previamente umedecidos com água destilada. As caixas e os rolos de papel foram envolvidos em sacos plásticos e depositados em BOD com temperatura de 10°C no escuro. A umidade das caixas e dos rolos foi monitorada ao longo do tempo, sendo umedecidos quando necessário. Após 60 dias de incubação/embebição, as sementes foram retiradas do papel e das caixas. Procedeu-se a separação de semente e areia com auxílio de peneiras e lavagem com água. Foi determinada a percentagem de germinação 46 dias após a retirada da câmara de germinação.

2.4.8 Experimento 7 - Curva de Embebição (*Borreria latifolia*)

Sementes de *B. latifolia*, sem a aplicação de tratamento de superação

de dormência, foram dispostas sobre dupla camada de papel de germinação umedecido na proporção de três vezes seu peso seco, em placas de Petri. As placas foram acondicionadas em BOD ajustada para 25°C e fotoperíodo contínuo de 12h. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições contendo seis sementes por repetição.

A curva de embebição das sementes foi obtida pela pesagem em balança de precisão em intervalos de uma hora (iniciando pela hora zero, antes do início da embebição) até a sexta hora e, posteriormente, em intervalos de 24h durante sete dias.

2.4.9 Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Lilliefors para avaliar o pressuposto de normalidade. Aos dados que não tiveram distribuição normal foi aplicada a transformação $\arcsen\sqrt{x}/100$. Posteriormente foram submetidos à análise da variância e as hipóteses testadas pelo teste F ($p=0,05$). A complementação da análise para os tratamentos qualitativos foi efetuada pelo teste de Duncan com o auxílio do programa computacional Winstat (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2005). A elaboração dos gráficos e ajustes de regressão para os tratamentos quantitativos foi realizada com o auxílio do programa Sigmaplot 10.0.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 *Borreria latifolia*

Houve diferenças na germinação entre os tratamentos dos quatro primeiros experimentos de superação de dormência de sementes de *B. latifolia* (Figura 1).

No experimento 1, alguns tratamentos prejudicaram a germinação das sementes. Enquanto na testemunha se obteve apenas 20% de germinação, assemelhando-se à escarificação com lixa por cinco minutos e lavagem em água

corrente. O tratamento com água quente inibiu totalmente a germinação e o com H_2SO_4 a germinação foi reduzida para níveis entre 1 e 3% (Figura 1A).

Esses resultados corroboram com os obtidos por Parreira *et al.* (2011), com a mesma espécie, em que a imersão das sementes em H_2SO_4 concentrado por três minutos e ácido sulfúrico diluído (50%) por três minutos proporcionaram porcentagem de germinação inferior a 5% e 10% respectivamente. Porém, no trabalho dos mesmos autores, o tratamento mecânico com lixa abrasiva resultou em 64% de germinação, bem acima do verificado no presente trabalho. Isso pode ter sido ocasionado pela existência de diferenças metodológicas entre os dois experimentos, pois enquanto no presente trabalho as sementes foram escarificadas no interior de um tambor rotativo revestido com lixa por dez minutos, cuja eficiência não havia sido avaliada anteriormente, na pesquisa de Parreira *et al.* (2011) as sementes foram friccionadas manualmente entre duas lixas por dois min. O tempo de fricção com lixa superior pode ter danificado o embrião das sementes, resultando em menor germinação. A fricção com a lixa abrasiva reduz a espessura do tegumento tornando-o mais fácil de ser rompido, aumentando assim a absorção de água (FRANCO; FERREIRA, 2002). Porém, a eficiência no processo de escarificação mecânica é dependente do tempo de escarificação, intensidade da força aplicada sobre as sementes e homogeneidade da amostra. O atrito sobre sementes pequenas ou com tegumento menos lignificado pode provocar rachaduras prejudiciais ao embrião e sua germinação (PAZUCH, 2015).

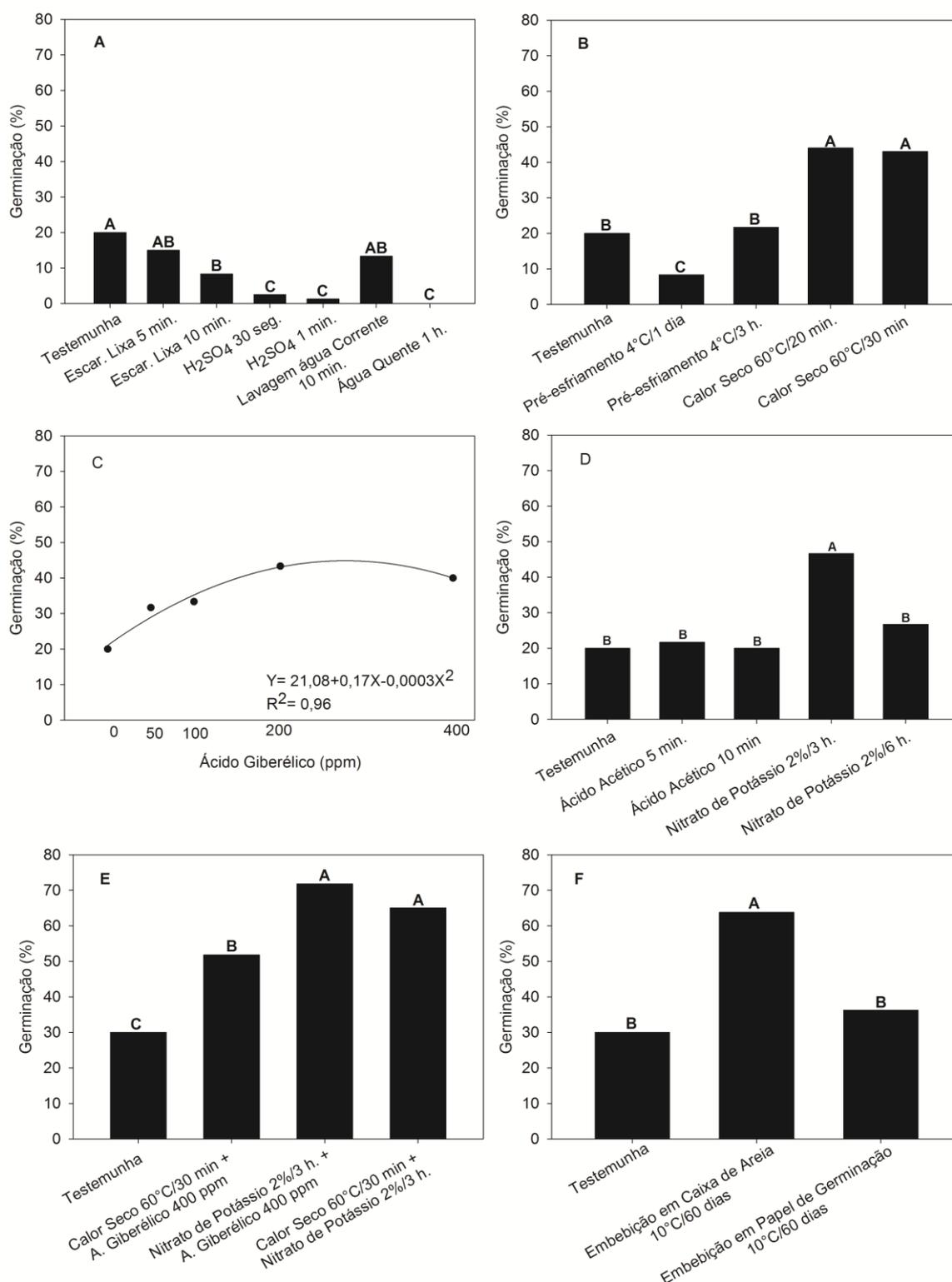


Figura 1 – Efeito de diferentes tratamentos de superação de dormência na germinação de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. Experimento 1(A), Experimento 2(B) Experimento 3(C), Experimento 4(D), Experimento 5(E) e Experimento 6(F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

No segundo experimento, os tratamentos com fornecimento de calor

seco a 60°C por 20 e 30min, promoveram a germinação de aproximadamente 45% das sementes de *B. latifolia* (Figura 1B), diferindo dos tratamentos com resfriamento a 4°C por três e 24h, que apresentaram germinação de 21 e 8% respectivamente. As baixas germinações registradas nos tratamentos com resfriamento podem ter ocorrido porque o metabolismo das sementes é reduzido em temperaturas baixas (AMARAL; PAULILO, 1992). Parreira *et al.* (2011) constataram 42% de germinação com apenas 15 minutos de fornecimento de calor seco a 60°C, demonstrando que não é necessário período demasiado de exposição ao calor para induzir a germinação das sementes de *B. latifolia*. O aumento na temperatura até certo limite promove germinação mais rápida e melhor, podendo esta variar de acordo com a espécie (POPINIGIS, 1985).

O terceiro experimento avaliou a utilização de doses crescentes de ácido giberélico. Houve aumento crescente da germinação das sementes até a concentração de 200ppm de AG₃, que atingiu 43% de germinação (Figura 1C). A concentração ótima de AG₃ foi de 283ppm e resultou na germinação de 45% das sementes. Germinação máxima de 35% foi obtida em sementes da espécie *Richardia brasiliensis* (também da família Rubiaceae), tratadas com 144ppm de AG₃, sob temperatura de 25°C (PERBONI *et al.*, 2010).

Para o grupo de tratamentos com ácido acético e KNO₃, destacou-se a imersão das sementes em KNO₃ 2% por 3h, que resultou em 47% de germinação final de *B. latifolia* (Figura 1D). Todos os demais tratamentos não influenciaram a germinação das sementes de *B. latifolia* e se assemelharam à testemunha, com valores próximos a 20%. No trabalho de Parreira *et al.* (2011), com a mesma espécie, o emprego de KNO₃ 2% por 3h resultou em 51% de germinação, porém o mesmo tratamento com imersão das sementes durante 6h atingiu 55% (Parreira *et al.*, 2011), diferindo do presente experimento, em que a exposição por mais tempo ao KNO₃ 2% não influenciou na germinação. O KNO₃ é um poderoso oxidante e acceptor de elétrons que estimula a via pentose fosfato e, assim, neutraliza ou reduz a dormência das sementes (ROBERTS, 1972; ELLIS *et al.*, 1983). A utilização de KNO₃ em tratamentos de superação de dormência é amplamente recomendada, sendo que aproximadamente 20% das espécies listadas nas REGRAS DE ANÁLISE DE SEMENTES (BRASIL, 2009) têm a dormência quebrada com sua utilização.

Considerando os quatro primeiros experimentos, os tratamentos mais eficientes em incrementar a germinação de *B. latifolia* foram os COM fornecimento

de calor seco, AG₃ 400ppm e de imersão das sementes em KNO₃ por 3h, que atingiram em média 45% de germinação. Esses tratamentos foram selecionados para a realização do quinto experimento. Comparativamente aos tratamentos isolados, todas as associações para superação de dormência de *B. latifolia* (Figura 1E) apresentaram incrementos nos níveis de germinação. As combinações de KNO₃ + AG₃ 400ppm e calor seco + KNO₃ resultaram em 71 e 66% de germinação, respectivamente, não diferindo entre si, resultando em aumento entre 20 a 25% na germinação em relação aos tratamentos aplicados individualmente.

A pré-umbebição em papel de germinação não se mostrou eficiente em superar a dormência das sementes, assemelhando-se à testemunha. Além disso, no momento da retirada das sementes para realização dos testes, grande parte das mesmas apresentava contaminação por patógenos, devido principalmente ao microambiente de alta umidade formado dentro do saco plástico. A umbebição em caixa de areia resultou em 64% de germinação, assemelhando-se aos melhores tratamentos de superação de dormência descritos anteriormente. Porém, deve-se considerar a morosidade do processo, pois há necessidade de mais de 100 dias desde a implantação até o fim do teste de germinação.

De maneira geral, os tratamentos que apresentaram os maiores IVG's (Figura 2) foram os mesmos que se destacaram na avaliação da germinação, dentre eles os com calor seco (ambos), os de maiores concentrações de ácido giberélico (200 e 400 ppm) e a imersão em KNO₃ (ambos).

Dentro do grupo 1 (Figura 2A), assim como para a germinação, ou assemelharam-se à testemunha ou foram inferiores a ela. No grupo 2 (Figura 2B), o pré-esfriamento, bem como a testemunha, foram os que apresentaram os menores IVG's. Para o grupo 3 (Figura 2C), a concentração ótima, que proporcionou o maior IVG, de 0,43, foi de 282ppm, quase idêntica a concentração ótima para a germinação que foi de 28 ppm. Para o grupo 4 (Figura 2D), todos os tratamentos foram superiores à testemunha, porém, com destaque para o KNO₃ 2% por 3 e 6h, com índices acima de 0,35. Nas associações de tratamentos (Figura 2E) destacou-se a associação calor seco + KNO₃, com IVG de 0,75. E na estratificação/umbebição (Figura 2F), obteve-se o maior índice entre todos os tratamentos, 1,1 com a estratificação em caixa de areia.

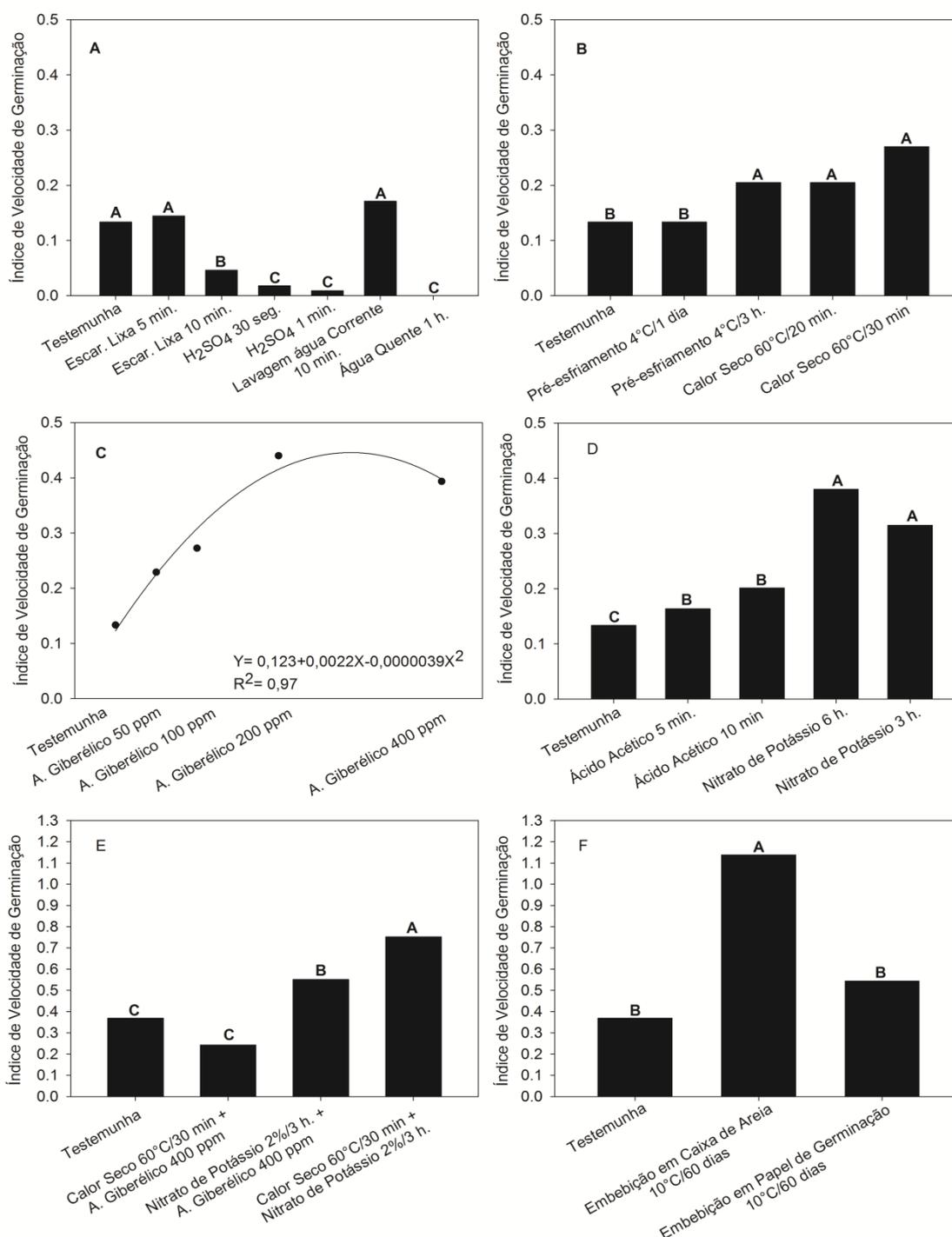


Figura 2 - Efeito de diferentes tratamentos de superação de dormência sobre o Índice de Velocidade de Germinação de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. Experimento 1(A), Experimento 2(B) Experimento 3(C), Experimento 4(D), Experimento 5(E) e Experimento 6(F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Em relação ao tempo médio de germinação (TMG) não foram observadas grandes diferenças entre os tratamentos de cada grupo. No grupo 1 (Figura 3A), os tratamentos que apresentaram os menores tempos de germinação foram H₂SO₄ 30 e 60s e água quente 60min, com TMG's abaixo de cinco dias.

Porém deve-se considerar que foram os que apresentaram os menores valores de germinação final (Figura 1A) pois a avaliação da velocidade ocorre para a maior parcela das sementes que germina. Os demais tratamentos assemelharam-se a testemunha, com um TMG em torno de 30 dias.

Os tratamentos do grupo 2 (Figura 3B) não apresentaram diferenças quanto ao TMG, levando em média 25 dias para a germinação. Para os tratamentos do grupo 3 (Figura 3C) os TMG variaram de 25 a 30 dias, sendo que o menor tempo de germinação foi de 25,8 dias na concentração de 229ppm, um pouco abaixo da dose ótima para a germinação que foi de 283ppm. Nos tratamentos do grupo 4 (Figura 1D) destacaram-se os tratamentos com KNO_3 2% por seis horas, com 25 dias, sendo o mais rápido e o tratamento com ácido acético dez minutos, com 33 dias, destacando-se pelo maior TMG.

Assim como nos resultados de germinação, as associações KNO_3 + AG_3 400 ppm e calor seco + KNO_3 destacaram-se pelo menor TMG, entre 26 e 30 dias, respectivamente, assemelhando-se à testemunha (Figura 1E). No experimento de estratificação e pré-embebição, os tratamentos não diferiram entre si, com valores de TMG próximos a 25 dias.

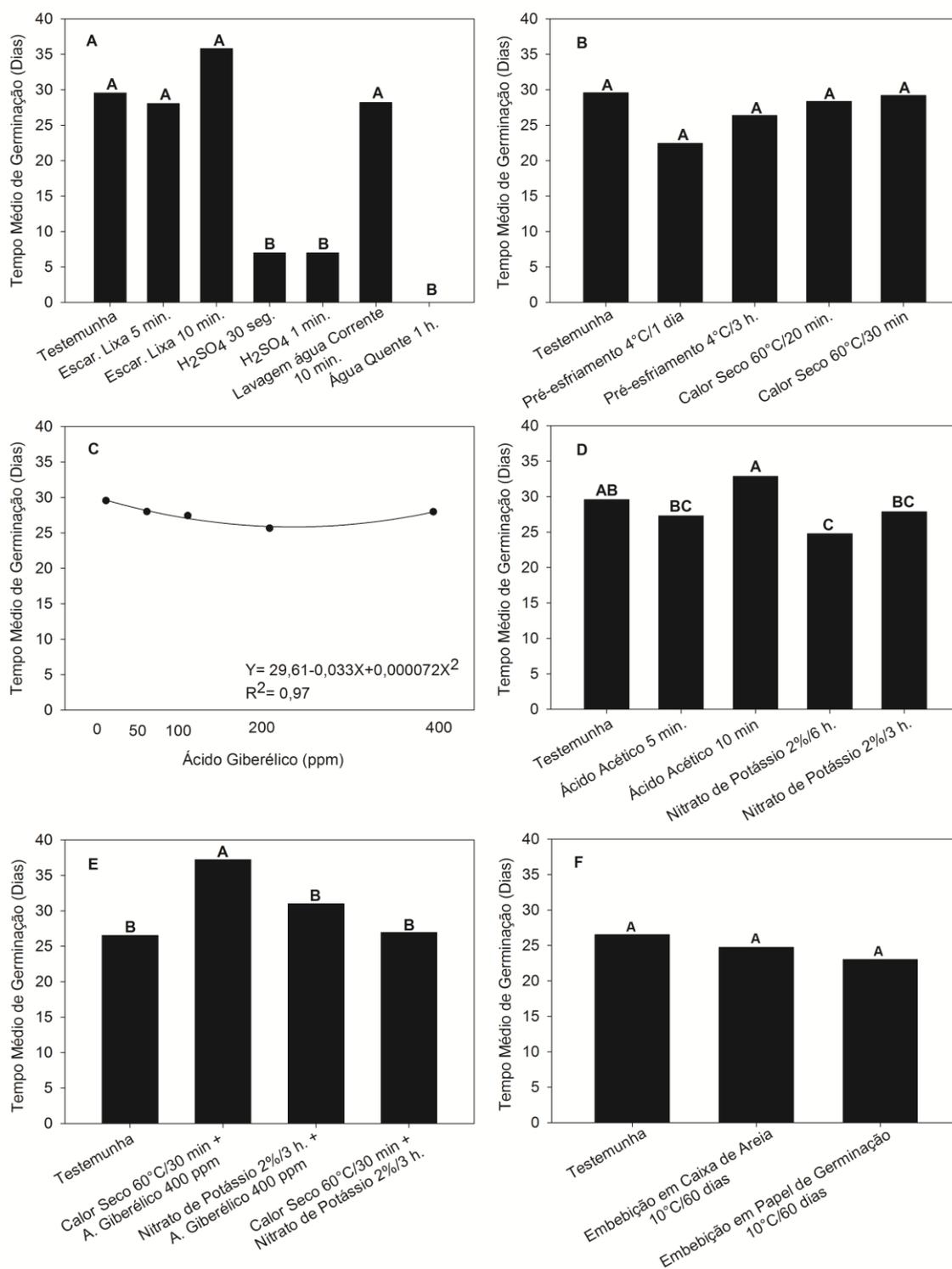


Figura 3 – Efeito de diferentes tratamentos na superação de dormência sobre Tempo médio de Germinação de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. Experimento 1(A), Experimento 2(B) Experimento 3(C), Experimento 4(D), Experimento 5(E) e Experimento 6(F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Em relação à frequência relativa de germinação (Figura 4), observam-se diferenças dentro de cada grupo e também entre grupos de tratamentos. Para o

experimento 1 (Figura 4A), em que os tratamentos apresentaram germinação semelhante ou inferior a testemunha, os valores de FRG's foram similares aos da testemunha, bem distribuídos ao longo do período de avaliação. Para os mesmos, observa-se uma curva de distribuição platicúrtica, em que o sincronismo de germinação é baixo, em relação aos tratamentos de superação de dormência mais responsivos (FERREIRA; BORGUETTI, 2004).

No segundo experimento (Figura 4B), nos tratamentos com calor seco, a germinação é mais concentrada em um período, concentrando-se entre o 20º e o 25º dia, demonstrando um padrão de germinação leptocúrtico, que acontece quando grande parte das sementes germina de forma concentrada em curto espaço de tempo. Esse tipo de curva sugere que a germinação não ocorre ao acaso, mas sim respondendo a algum estímulo ou mecanismo, que resulta na sincronização do processo (FERREIRA; BORGUETTI, 2004).

No experimento 3 (Figura 4C), em geral os tratamentos apresentaram maior sincronização da germinação em relação à testemunha, com destaque para o tratamento com AG₃ 100ppm (Figura 4C).

No quarto experimento (Figura 4D), o maior pico de germinação ocorreu no tratamento com ácido acético 10min, por volta dos 33 dias, atingindo 40% da germinação em relação a germinação total avaliada. Os tratamentos com ácido acético 5min e KNO₃ 6h foram os que se destacaram pela germinação concentrada em um curto período de tempo, demonstrando um padrão leptocúrtica.

Para as associações dos melhores tratamentos e pré-embebição (Figura 5E e 5F), observa-se a separação da germinação em dois períodos distintos, com uma pausa de aproximadamente 10 dias, que não havia sido observado nos primeiros quatro ensaios. Essa diferença no padrão de germinação pode estar associada à alteração no período de armazenamento de sementes, visto que os dois últimos experimentos foram instalados aproximadamente dois meses após a instalação dos quatro primeiros ensaios. De acordo com Mendonça & Dias (2000), o armazenamento é um fator importante para as sementes que apresentam dormência e, as variações nas condições como a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente afetam a longevidade das sementes ao longo do tempo.

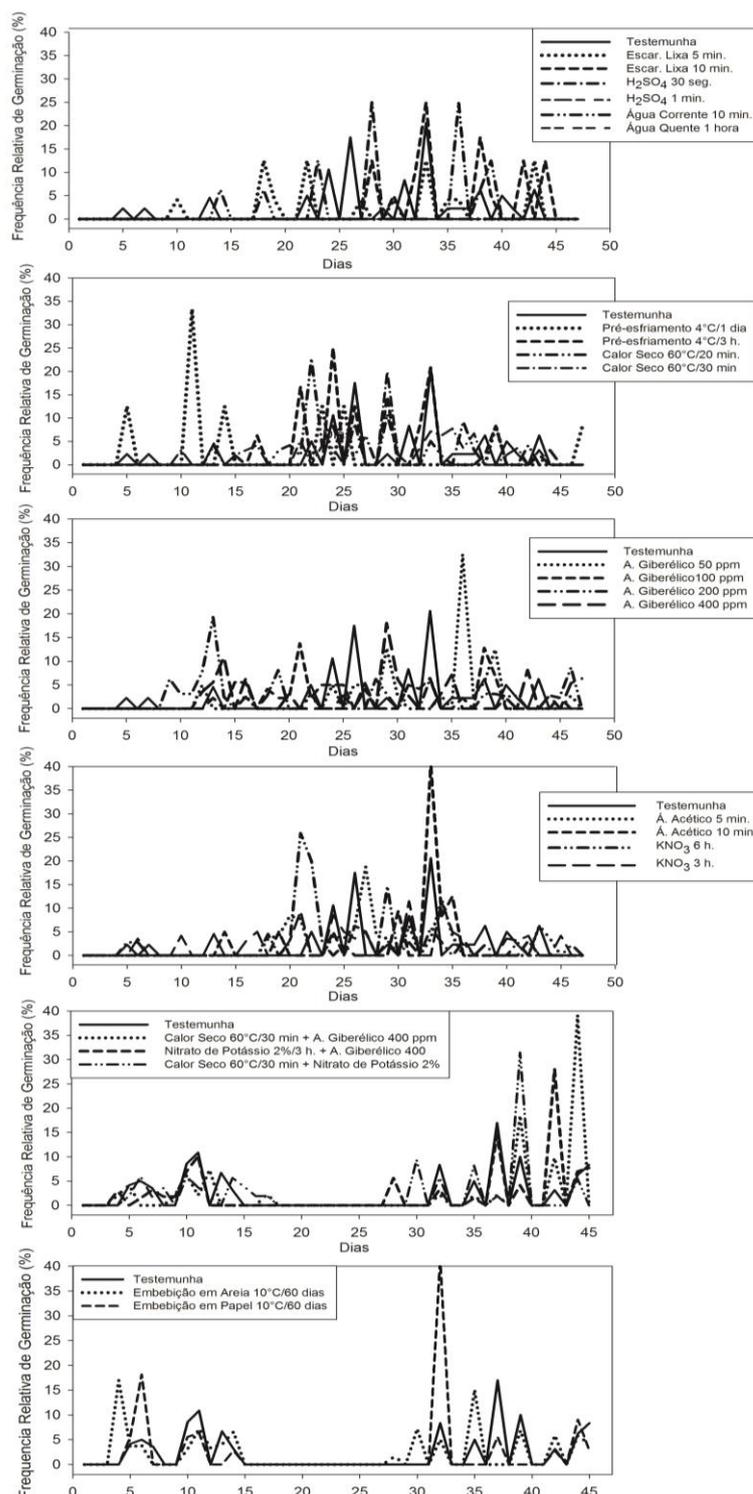


Figura 4 - Influência de diferentes tratamentos de superação de dormência sobre a frequência relativa de germinação de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. Experimento 1(A), Experimento 2(B) Experimento 3(C), Experimento 4(D), Experimento 5(E) e Experimento 6(F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

O intervalo de germinação pode também estar relacionado à distribuição da mesma ao longo do tempo, característica marcante da grande maioria das

plantas daninhas, que visa garantir a sobrevivência e perpetuação da espécie (MONQUERO; SILVA, 2005). As associações dos melhores tratamentos de superação de dormência (Figura 4E) deslocaram boa parte da germinação para o segundo período descrito anteriormente, enquanto a testemunha tem sua germinação distribuída ao longo dos dois períodos, apresentando, assim como os tratamentos, um período de pausa na germinação.

Os dois tratamentos de embebição apresentaram um pico de germinação inicial de aproximadamente 15% do total em torno do quinto dia (Figura 4F). No entanto, o tratamento com embebição em papel apresentou o maior pico de germinação aproximadamente no 32º dia após a implantação, no segundo ciclo de germinação das sementes. Apesar de apresentarem germinação superior a testemunha, observou-se que a distribuição da germinação foi semelhante ao longo do período de avaliação. A ideia do tratamento com estratificação em areia era simular a situação real, na qual as sementes são depositadas no solo e permanecem em um ambiente úmido, mas com temperaturas mais baixas (período invernal), o que inibe a germinação. Assim como na situação de campo, quando as sementes do ensaio foram expostas a uma faixa de temperatura ideal, iniciaram o processo de germinação, sendo este ainda regido pela dormência, promovendo a distribuição ao longo do tempo, o que aumenta as chances de sobrevivência da espécie.

2.5.1.2 Curva de embebição

De acordo com a curva de embebição (Figura 5), 92% da quantidade de água embebida pelas sementes até às 168h (7 dias), foi absorvida durante as seis primeiras horas. Este dado indica que a dormência das sementes de *B. latifolia* não é causada por impermeabilidade do tegumento.

Porém, a rápida absorção de água pelas sementes pode ser prejudicial à germinação das mesmas, por ocasionar danos por embebição rápida, como rompimento de membranas celulares. Na fase de embebição, a diferença de potencial hídrico entre o interior da semente e o meio no qual ela se encontra, pode variar muito, entre -1MPa a -400MPa (CASTRO; VIEIRA, 2001), o que pode levar à entrada de água ao interior da semente em grande quantidade e rapidez. Segundo

Peske (2011), o dano à semente pode ocorrer quando a mesma estiver muito seca e existir grande disponibilidade de água no substrato. O dano é manifestado pelo aumento de lixiviação de solutos da semente, pela redução em vigor ou, inclusive, pela morte da mesma.

A curva de embebição é um procedimento técnico importante, que auxilia na identificação do mecanismo de dormência apresentado pela semente, sobretudo associado à dureza e impermeabilidade do tegumento. A rapidez na absorção de água, a reidratação dos tecidos, a intensificação da respiração e outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia para a retomada do crescimento, por parte do eixo embrionário, estão na dependência de fatores como a espécie, disponibilidade de água, área de contato e temperatura (MACIEL *et al.*, 2004).

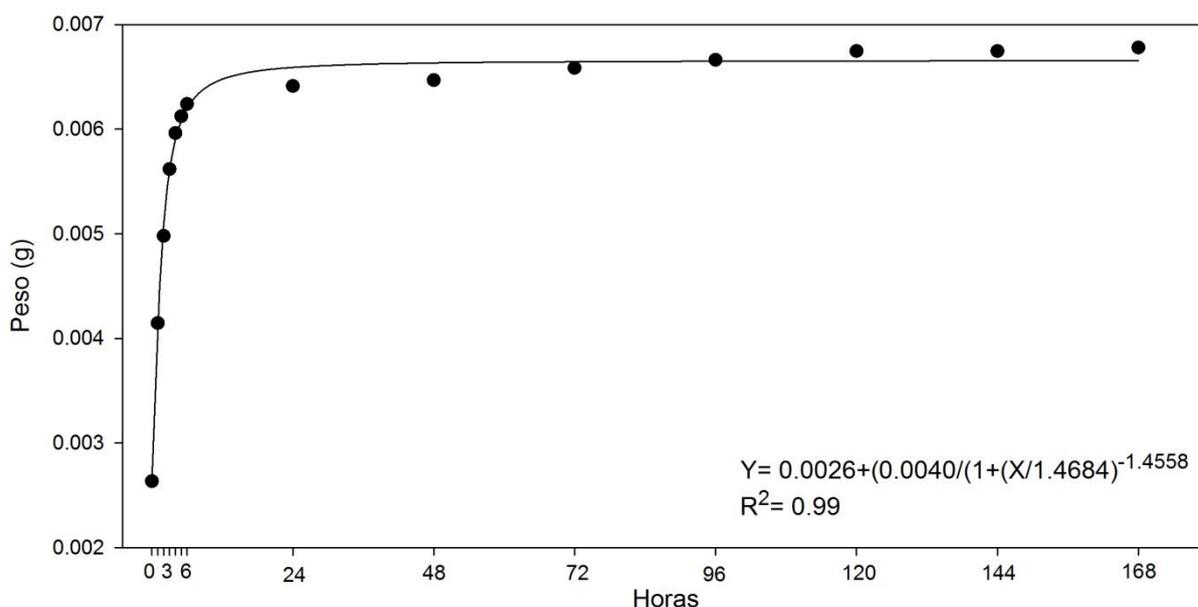


Figura 5 - Curva de embebição de água em sementes de *Borreria latifolia*. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

De maneira geral, é possível afirmar que os mais efetivos na superação da dormência em sementes de *B. latifolia* foram os de fornecimento de calor seco 60°C/30 min, AG₃ 400ppm e de imersão das sementes em KNO₃ por 3h, atingindo em média 45% de germinação. No entanto, as associações com KNO₃ 2%/3h + AG₃ 400ppm e calor seco 60°C/30 min+ KNO₃ 2%/3h promoveram o aumento médio de 25% da germinação das sementes de *B. latifolia* em relação aos tratamentos isolados.

Os resultados obtidos para *B. latifolia* indicam que a dormência presente nas sementes apresenta um mecanismo morfológico, sendo que esta, dificilmente ocorre de forma individualizada, estando associada, normalmente, a outras causas de dormência (VIVIAN *et al.*, 2008), o que pode explicar os melhores resultados encontrados nos tratamentos com as associações, que indicam que mais de um mecanismo de dormência esteja presente nas sementes da espécie. Hipotetiza-se que a dormência morfológica ocorre em espécies que apresentam embrião rudimentar ou imaturo, ou seja, sementes em que o embrião não completou o seu crescimento ou desenvolvimento final. Para essas espécies, o embrião pode se encontrar indiferenciado, representado por uma massa homogênea de células. A sua superação é proporcionada, geralmente, por condições favoráveis de umidade e temperatura, podendo ocorrer, ainda, a exigência de luz e escuro específicos. O AG₃ também pode ser utilizado para superação deste e dos demais mecanismos de dormência (VIVIAN *et al.*, 2008). Conforme Nikolaeva (1969), a dormência pode ser subdividida conceitualmente em seis mecanismos diferentes, entretanto, a sobreposição dos seus efeitos pode confundir na afirmação dos resultados e na conclusão dos estudos.

Cabe lembrar que a maioria dos ensaios para superação de dormência é conduzida em laboratório. Isso resulta, muitas vezes, em insucesso do método como ferramenta para compreensão do mecanismo de dormência, tendo em vista a associação de fatores e a dinâmica dos mecanismos envolvidos.

2.5.2 *Galianthe chodatiana*

Para a espécie *G. chodatiana*, a associação de calor seco 60°C/30 min. + AG₃ 400ppm foi a que promoveu a maior percentagem de germinação das sementes (Figura 6A), diferentemente do constatado para *B. latifolia*, em que essa associação de tratamentos foi superior somente à testemunha. Essa associação também foi a que promoveu o maior IVG, entre os tratamentos. A utilização de KNO₃ associado a outros tratamentos não resultou em incremento da germinação dessa espécie. Porém o AG₃ 400ppm foi eficiente em incrementar o IVG (Figura 6B).

Quanto ao TMG (Figuras 6C) não foram observadas diferenças entre os tratamentos testados. As sementes levaram em média 8 dias para germinar.

O estudo da FRG detectou a existência de um intervalo de aproximadamente 10 dias entre dois períodos distintos de germinação, para todas as associações de tratamentos de superação de dormência e, também, da testemunha (Figura 6D), efeito que já havia sido demonstrado para a espécie *B. latifolia*. A germinação da testemunha e do tratamento calor seco 60°C/30 min + AG₃ 400ppm esteve concentrada no primeiro período, até 15 dias, enquanto nos demais tratamentos para superação de dormência a germinação esteve mais concentrada no segundo período, entre 40 e 45 dias.

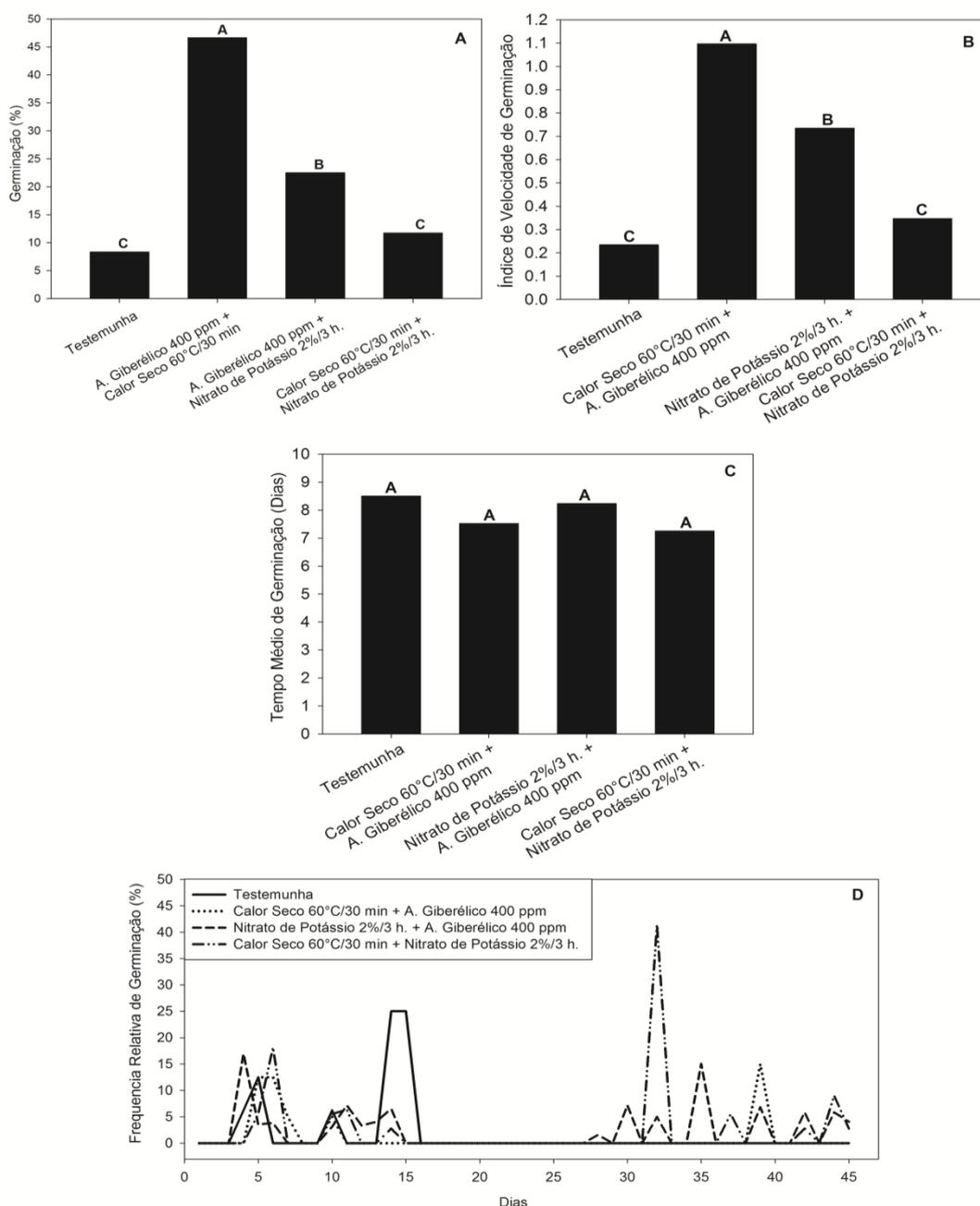


Figura 6 - Efeito da associação de tratamentos de superação de dormência sobre a germinação (A), índice de velocidade de germinação (B), tempo médio de germinação (C), velocidade média de germinação (D) e frequência relativa de germinação (E) de *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

2.6 CONCLUSÕES

- Calor seco 60°C/30 min, ácido giberélico 400ppm e de imersão das sementes em nitrato de potássio por 3h foram mais eficientes em superar a dormência de *B. latifolia*, atingindo em média 45% de germinação.

- As associações com nitrato de potássio 2%/3h + ácido giberélico 400ppm e calor seco 60°C/30min+ nitrato de potássio 2%/3h promoveram o aumento médio de 25% da germinação em relação aos tratamentos isolados.

- A estratificação em caixa de areia promoveu germinação semelhante às associações, porém, é um método extremamente demorado.

- Em geral, os tratamentos que apresentaram as maiores percentagens de germinação foram os que germinaram mais rápido.

- A associação de tratamentos calor seco 60°C/30min. + ácido giberélico 400ppm foi a que promoveu a maior percentagem de germinação de sementes de *G. chodatiana*.

3 AÇÃO DE FATORES DO AMBIENTE SOBRE O PROCESSO GERMINATIVO E CRESCIMENTO INICIAL DAS ESPÉCIES *Borreria latifolia*, *Galianthe chodatiana* E *Richardia brasiliensis*

3.1 RESUMO

O conhecimento dos fatores que influenciam o processo germinativo e suas interações possibilita avaliar o desenvolvimento inicial de uma espécie em determinado ambiente e otimizar as decisões no manejo de plantas daninhas. Os objetivos deste trabalho foram, avaliar o efeito da temperatura, da irradiância, do pH, do alumínio e da salinidade na germinação e no crescimento inicial das espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes. Foram conduzidos cinco ensaios em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Cada um dos experimentos foi repetido duas vezes; na primeira utilizaram-se dez sementes por repetição e, na seguinte, 20 sementes. Os ensaios foram conduzidos em placas de petri, em câmara de crescimento. O primeiro ensaio foi conduzido em esquema fatorial 3X6 e se avaliou-se o efeito de temperaturas (15, 20, 25, 30, 35°C e da alternância de temperaturas 30/20°C a cada 12h). O segundo ensaio foi conduzido em fatorial 3X2 e estudou-se o efeito da condição de irradiância: [claro (fotoperíodo 12h) ou escuro]. O terceiro, quarto e quinto ensaios foram conduzidos em câmara de crescimento a 25°C e 12h de fotoperíodo, em esquema fatorial 3X5. O terceiro ensaio investigou os efeitos das concentrações de alumínio (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0mEq/100mL de $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O)$). O quarto ensaio avaliou os efeitos da salinidade (NaCl) nas concentrações de 0; 25; 75; 150 e 300mM/100mL. O quinto ensaio investigou a influência dos pH's 3,0; 5,0; 7,0; 9,0 e 11,0. A germinação foi avaliada diariamente durante 21 dias após a instalação. Foram determinados a germinação final, tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), frequência relativa de germinação (FRG) e o comprimento da radícula e do epicótilo aos 21 dias. Temperaturas entre 20 e 30°C maximizaram a germinação, o TMG e o IVG das três espécies. *Borreria latifolia* apresentou baixa germinação com temperatura de 15°C. *Galianthe chodatiana* e *R. brasiliensis* não germinaram satisfatoriamente em temperaturas mais elevadas, entre 30 e 35°C. *Borreria latifolia* e *R. brasiliensis*

apresentaram germinação inexpressiva na condição de escuro, evidenciando seu fotoblastismo positivo, enquanto *G. chodatiana* demonstra indiferença ao fotoperíodo. Sementes de *B. latifolia* e *G. chodatiana* foram mais tolerantes à presença de alumínio na germinação do que as de *R. brasiliensis*. Somente as plântulas de *G. chodatiana* foram tolerantes à presença de alumínio no seu crescimento inicial. Baixa salinidade (75 mM/100mL) foi suficiente para inibir a germinação das sementes das três espécies; porém *B. latifolia* apresentou-se mais suscetível que as demais, enquanto *G. chodatiana* suportou melhor a salinidade do meio. As sementes de *B. latifolia* apresentaram germinação e crescimento elevado com pH 3, enquanto as demais espécies preferiram pH's entre 5 e 7. O TMG e o IVG foram semelhantes para cada espécie em todos os experimentos. Em geral, *R. brasiliensis* apresentou o maior TMG e *B. latifolia* o menor. Há tendência de redução dos TMG's com pH próximos a 7 e de aumento com a elevação das concentrações de NaCl.

3.2 ABSTRACT

Knowledge of factors that influence the germination process and their interactions allows to estimate the initial development of a species in a particular environment and optimize the weed management decisions. The objectives of this study were to evaluate the effect of temperature, irradiance, pH, aluminum and salinity on the germination and the initial development of the weed species *Borreria latifolia* Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral and *Richardia brasiliensis* Gomes. Five trials were conducted using a completely random experimental design, with five repetitions. Each experiment was repeated twice, but on the first run, ten seeds were used per repetition, whereas 20 seeds were used on the second. The tests were conducted in petri dishes in a growth chamber. The first trial was conducted in factorial design 3x6 and assessed the effect of temperature (15, 20, 25, 30, 35°C and alternate temperatures 30/20°C every 12h). The second trial was conducted in factorial 3X2 and evaluated the effect of irradiance condition: [light (photoperiod 12h) or dark]. The third, fourth and fifth experiments were carried out in growth chambers at 25°C and 12h photoperiod in a factorial 3X5. The third trial investigated the effect of aluminium concentrations (0.0; 0.5; 1.0; 1.5 and

2.0mEq/100ml of $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O)$). The fourth trial evaluated the effects salinity (NaCl) in concentrations of 0, 25, 75, 150 and 300mM/100 ml. The fifth trial investigated the influence of pH 3.0, 5.0, 7.0, 9.0 and 11.0. The germination was assessed daily for 21 days after installation. Were evaluated the final germination, mean germination time (MGT), germination speed index (GSI), relative frequency of germination (FRG) and the length of radicle and epicotyl at 21 days. Temperatures between 20 and 30°C maximized final germination, the MGT and the GSI of the three species. Seeds from *B. latifolia* showed low germination with 15°C temperature. Seeds from *G. chodatiana* and *R. brasiliensis* not germinate well at higher temperatures, between 30 and 35°C. Seeds from *B. latifolia* and *R. brasiliensis* did not germinate in the dark condition showing its positive photoblastism, whereas from *G. chodatiana* were indifferent to photoperiod. Seeds from *B. latifolia* and *G. Chodatiana* were more tolerant to aluminum's presence in the germination than *R. brasiliensis*. Only seedlings of *G. chodatiana* were tolerant to the presence of aluminum in early growth. Low salinity (75mM/100 mL) inhibit the seed germination of the three species; but *B. latifolia* showed up more susceptible than others, whereas *G. chodatiana* supported more effectively the salinity. The seeds of *B. latifolia* showed higher germination and growth at pH 3, whereas the other species prefer pH's between 5 and 7. Overall experiments, the GMT and the GSI were similar within each species. In general, *R. brasiliensis* showed the highest GMT and *B. latifolia* the lowest. There is a trend to reduce TMG's with pH near 7 and increase with the increase in NaCl concentrations.

3.3 INTRODUÇÃO

A germinação depende de fatores internos e externos à semente, sendo a água, a temperatura e o oxigênio os mais importantes (CHACHALIS; REDDY, 2000). As sementes dormentes de plantas daninhas não são afetadas (controladas) pela maioria dos métodos de controle, mas quando em processo de germinação, tornam-se vulneráveis a esses métodos (DIAS FILHO, 1996).

O conhecimento dos fatores que influenciam os processos de germinação e dormência e de suas interações auxilia na compreensão da dinâmica populacional de uma espécie numa determinada lavoura (ÁQUILA; FERREIRA,

1984). Esse conhecimento possibilita o desenvolvimento de modelos para previsão de emergência das sementes permitindo estimar o sucesso no crescimento inicial das plântulas em determinado ambiente. Com isso pode-se otimizar as decisões de manejo de plantas daninhas, não só a respeito da tática a ser empregada (controle mecânico ou químico, tipo de herbicida, dentre outros), como também do momento para implementá-la (BULLIED *et al.*, 2003; MYERS *et al.*, 2004).

Alguns trabalhos demonstram os efeitos da concentração de oxigênio, luz, potencial osmótico, da profundidade e flutuação da umidade do solo (BOYD; VAN ACKER, 2004), do revolvimento do solo (MYERS *et al.*, 2004) e da temperatura (EKELEME *et al.*, 2005) sobre a emergência de plantas daninhas. O sistema de cultivo sem revolvimento do solo e com cobertura morta pode alterar a temperatura, umidade e incidência de radiação solar no solo (VIDAL *et al.*, 2007), modificando a germinação e a periodicidade de emergência das plantas daninhas em relação ao sistema de semeadura convencional.

Borreria latifolia (Aubl.) K.Schum. (sinonímia de *Spermacoce latifolia* Aubl., conhecida vulgarmente como erva-quente) e *Richardia brasiliensis* Gomes (poaia-branca), apresentam ciclo anual e reprodução por sementes (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010). Já, *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral é perene e pode se reproduzir vegetativamente por meio de caules estoloníferos e também por sementes. As três espécies pertencem à mesma família, Rubiaceae, porém o grau de exigência de fatores ambientais varia de acordo com cada espécie.

Borreria latifolia é uma espécie herbácea, que se desenvolve praticamente em todo Brasil, vegetando em áreas ocupadas por lavouras anuais e/ou perenes e nos cultivos de batata e cebola. Instala-se também em áreas destinadas à fruticultura e terrenos baldios (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010). Apresenta certo grau de tolerância ao sombreamento e desenvolve-se durante o ciclo das culturas anuais, podendo interferir na colheita (KISSMANN; GROTH, 2000).

A germinação das sementes de *B. latifolia* foi mínima (inferior a 5%) nas temperaturas de 15 e 20°C e as temperaturas de 30 e 35°C foram favoráveis à mesma (PARREIRA *et al.*, 2011), sendo que a temperatura ótima para a germinação das sementes dessa espécie foi de 25°C, resultando também em maior IVG (PARREIRA *et al.*, 2011). A alternância de temperaturas na faixa entre 20 e 30°C favorece a germinação de outra espécie do gênero *Borreria*, *B. densiflora*, que, no entanto, é considerada fotoblástica positiva (MARTINS *et al.*, 2010).

Borreria latifolia apresenta comportamento indiferente em relação aos fatores físico-químicos dos solos e em relação à luminosidade (MOREIRA e BRAGANÇA, 2010). Mas essa informação é contrastante à apresentada por Kissmann e Groth (2000), segundo os quais a espécie tolera solos pobres e ácidos, embora apresente melhor desenvolvimento em solos férteis. A introdução do cultivo do solo seguida da correção da acidez e da correção dos níveis de fertilidade geralmente reduzem a infestação desta espécie (LORENZI, 2000). Porém, o trabalho de Santos (2008) não detectou influência da calagem sobre a infestação de *B. latifolia*, contrastando com as informações de Lorenzi (2000). A ausência de cobertura morta sobre o solo antecipa a emergência de *B. latifolia* em, aproximadamente, 30 dias e pode estar relacionado à maior passagem da radiação solar e da maior variação térmica na superfície do solo descoberto (SANTOS, 2008).

Richardia brasiliensis é uma planta daninha nativa da América do Sul, sendo encontrada desde a Cordilheira dos Andes até a Costa Atlântica. No Brasil, tem vasta distribuição geográfica, com maior ocorrência em regiões agrícolas do Centro-Oeste, Norte, Sudeste e Sul (LORENZI, 2000). Esta espécie é mais comum em solos medianos a leves, com boa umidade, mas não encharcados. Seu desenvolvimento é estimulado em locais bem iluminados e com vegetação menos densa, onde é mais agressiva (LORENZI, 2000). Esta planta daninha infesta pastagens, pomares e lavouras, nas quais promove forte interferência, especialmente no início do ciclo de culturas de verão (KISSMANN e GROTH, 2000). Em sistema de integração lavoura-pecuária, a espécie *R. brasiliensis* é uma das mais importantes (CONCENÇO *et al.*, 2011).

Indivíduos de *R. brasiliensis* têm sido selecionados pelo sistema de plantio direto na região Sul do Brasil (PITELLI, 1991). Sementes dessa espécie podem ser encontradas principalmente entre 5 a 15 cm de profundidade (CONCENÇO *et al.*, 2011). A germinação possui maior intensidade na primavera, com encerramento do ciclo no verão, infestando pastagens, áreas desocupadas e lavouras (KISSMANN; GROTH, 2000).

Para estimular a germinação e o rompimento da dormência das sementes de *R. brasiliensis* pode-se fazer uso do fogo, enquanto que o nitrato de cálcio reduz a emergência das plântulas (SKORA NETO; CAMPOS, 2011). Faria *et al.* (2011) observaram que a ação do fogo não prejudicou o desenvolvimento da *R. brasiliensis*.

Galianthe chodatiana não é uma espécie endêmica, sendo encontrada no Paraguai e no Brasil, nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e Santa Catarina (CABRAL; SALAS, 2012; CABRAL, 2009). Esta espécie desenvolve-se em solos secos ou levemente úmidos, em altitudes de 700 a 900 m, floresce em outubro e frutifica em janeiro e fevereiro (CABRAL, 2009). No entanto, são escassas as informações sobre sua resposta às condições de ambiente e de manejo.

A luz é reconhecida como um requerimento para a germinação de sementes de muitas espécies de plantas daninhas (BLACK, 1969). Sua atuação está ligada à ativação do sistema de fitocromos, o qual está relacionado ao funcionamento das membranas celulares, podendo alterar o fluxo de inúmeras substâncias nas células e a permeabilidade das membranas, contribuindo para superar a dormência (HILHORST; KARSSSEN, 1988). A sensibilidade da semente ao efeito da luz varia de acordo com a qualidade, a intensidade luminosa e o tempo de irradiação, bem como com o período e a temperatura de embebição. Além disso, o efeito provocado pela luz pode variar entre espécies e até em uma mesma espécie e/ou mesma planta (MARCOS FILHO, 2005).

Para que ocorra a germinação, algumas espécies necessitam ser expostas por períodos prolongados à luz, mesmo que a temperatura esteja dentro de uma amplitude subótima. Para outras, a breve exposição à luz é suficiente para desencadear o processo germinativo, embora necessitem de diversos ciclos de flutuação térmica para que este ocorra (ZHOU *et al.*, 2005).

Em relação à influência da composição física e química do solo sobre a germinação, estudos já demonstraram influência direta sobre a germinação das sementes e sobre o desenvolvimento e metabolismo das plantas. Dessa forma, a condição química do solo, como o nível de acidez, a presença de alumínio tóxico e a salinidade, podem interferir e até mesmo limitar o desenvolvimento vegetativo das plantas (NOVAIS *et al.*, 2007).

A elevação da acidez do solo libera alguns minerais para a solução do solo, podendo torná-los disponíveis para absorção pelas plantas. Um exemplo disso é o alumínio que é solubilizado em pH baixo e pode provocar fitointoxicação (EPSTEIN; BLOOM, 2006). O cátion de alumínio altera as características das membranas celulares, aumentando a sua permeabilidade e facilitando a perda de solutos (MENDONÇA *et al.*, 2003; VITORELLO *et al.*, 2005). Esse elemento pode favorecer a degradação de proteínas das membranas, que tem influência direta nas

trocas iônicas, vindo a comprometer o estado nutricional da planta (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Danos morfofisiológicos são facilmente observados em plantas expostas ao alumínio (KOCHIAN, 2004). Como consequência desses processos, entre outros, a divisão e o alongamento celular nas raízes das plantas é prejudicado (EPSTEIN; BLOOM, 2006; KOCHIAN, 2004; NOVAIS *et al.*, 2007).

O pH do solo é de grande importância para o desenvolvimento das plantas, devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes, especialmente de micronutrientes (HANDRECK; BLACK, 1999). Entretanto, a influência do pH sobre a germinação das sementes tem recebido pouca atenção. Valores de pH menores que 3,0 e superiores a 8,0 tem sido descritos como inibidores do processo germinativo (WAGNER JUNIOR *et al.*, 2007).

As sementes também sofrem influência significativa da condição de salinidade dos solos. O alto teor de sais, especialmente de cloreto de sódio (NaCl), pode inibir a germinação por reduzir o potencial osmótico (LIMA *et al.*, 2005). Contudo, apesar do efeito benéfico do ponto de vista agrônomo quanto à inibição da germinação de plantas daninhas, em várias regiões do país e do mundo, em especial nas áreas áridas e semiáridas, o excesso de sais no solo tem prejudicado a produção agrícola. A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas. A ocorrência e a intensidade dos efeitos da salinidade dependem de diversos fatores como espécie e cultivar utilizados, estágio fenológico das mesmas, do tipo de sal presente na área, período e intensidade do estresse salino, manejo, irrigação e das condições climáticas (TESTER; DAVÉNPORT, 2003).

A capacidade de germinação sob condições de estresse de umidade ou sob elevado teor de sal dos solos pode permitir que plantas de uma espécie daninha tirem vantagens das condições que limitam o crescimento de outras espécies (CHAUHAN; JOHNSON, 2008).

Na revisão de literatura, não foram encontrados trabalhos de laboratório que analisassem o efeito de fatores abióticos (temperatura, radiação, pH) sobre a germinação da espécie *G. chodatiana*. Algumas informações sobre fatores de ambiente determinantes da germinação de *B. latifolia* e de *R. brasiliensis* foram relatadas. Os objetivos deste trabalho foram analisar o efeito de temperaturas, da irradiância, do pH, do alumínio e da salinidade no processo germinativo de

sementes e no crescimento inicial de plântulas das espécies *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis*.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Fitotecnia da UTFPR – Câmpus Pato Branco, utilizando-se sementes de *B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana* coletadas em lavouras de soja localizadas no município de Canoinhas/SC, Alvorada do Sul/PR e Renascença/PR, respectivamente. Os trabalhos foram conduzidos entre os meses de abril e julho de 2014.

Foram conduzidos cinco ensaios utilizando-se delineamento inteiramente casualizado arranjados em esquema fatorial, com cinco repetições. Cada um dos experimentos foi repetido duas vezes (a repetição foi realizada 30 dias após a instalação dos experimentos iniciais), sendo que na primeira vez utilizaram-se dez sementes por repetição e na seguinte, 20 sementes.

As sementes foram dispostas em placas de Petri, sobre camada dupla de papel para germinação embebido com a solução utilizada em cada experimento na quantidade (em mL) de 2,5 vezes seu peso seco, sendo posteriormente vedadas com filme plástico, não sendo feita reposição da solução durante o experimento.

Para a espécie *B. latifolia* foi realizada a superação da dormência das sementes por meio de aquecimento das mesmas a 60°C por 30min e posterior imersão durante 3h em solução de KNO₃ a 2%. As sementes de *G. chodatiana*, inicialmente, foram aquecidas a 60°C por 30min e, posteriormente, foram adicionadas à solução com ácido giberélico a 400ppm, colocada diretamente nas placas. As sementes da espécie *R. brasiliensis* não necessitaram de superação de dormência, pois apresentavam elevada germinação sem aplicação de nenhum tratamento

Os ensaios que avaliaram o efeito da temperatura foram conduzidos em esquema fatorial 3 x 6, em que o fator A foi constituído por cada uma das espécies (*B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana*); o fator B pelas temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e 20/30°C, sendo esta última condição caracterizada por 12h a 30°C e 12 h a 20°C a cada ciclo de 24h). As placas contendo as sementes de cada espécie foram acondicionadas em câmaras de crescimento tipo BOD com controle

automático de temperatura, conforme a necessidade do tratamento. No momento das avaliações, as placas foram mantidas pelo menor tempo possível fora da câmara, para diminuir a influência da variação de temperatura nos tratamentos.

Para todos os demais ensaios as placas foram acondicionadas em câmara de crescimento mantida à temperatura de 25°C.

Os ensaios que investigaram o efeito da irradiância foram conduzidos em esquema fatorial 3 x 2, em que o fator A foi composto pelas espécies (*B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana*) e o fator B pela condição de irradiância (com e sem). A ausência de irradiância foi obtida por meio do envolvimento das placas de petri com duas lâminas de alumínio flexível. As avaliações das unidades experimentais mantidas sob escuro contínuo, foram efetuadas em um local totalmente livre de luminosidade e as sementes foram visualizadas por meio de luz verde de segurança (lanterna de LED envolvida por cinco camadas de papel celofane verde), sendo que durante as avaliações, as placas ficavam expostas por no máximo 15s.

Os trabalhos que investigaram a influência do pH foram conduzidos em esquema fatorial 3 x 6, em que o fator A foi constituído pelas espécies *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis*; e, o fator B, pelos níveis de pH 3,0; 5,0; 7,0; 9,0 e 11,0. Para a obtenção desses valores foram preparadas soluções de água destilada com o acréscimo de hidróxido de sódio (NaOH) ou ácido clorídrico (HCl), em quantidades suficientes para elevar ou diminuir o pH, sendo a aferição realizada por potenciômetro.

Dois ensaios avaliaram os efeitos da salinidade, em esquema fatorial 3 x 5, em que o fator A foi constituído das espécies *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* e o fator B de soluções aquosas de NaCl (P.M. = 58,44) 0; 25; 75; 150 e 300mM.

Na investigação dos efeitos do alumínio, foram conduzidos dois experimentos em esquema fatorial 3 x 5, em que o fator A constou das espécies *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* e o fator B de soluções aquosas de sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) (P.M. = 666) 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0mEq/100mL.

A germinação foi avaliada diariamente, durante 21 dias, considerando-se como germinadas as sementes com comprimento de radícula superior a 2mm (AZANIA *et al.*, 2003). Ao final do período de avaliação foram determinadas de modo aleatório três plântulas de cada repetição para aferir o comprimento da parte aérea e radicular, sendo que nos tratamentos em que não houve germinação foi atribuído o

valor zero para esta avaliação. Em cada ensaio determinou-se a germinação ao final do período de avaliação (21 dias), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG) e frequência relativa de germinação (FRG), conforme metodologias propostas por Labouriau e Valadares (1976) e Maguire (1962).

Os dados dos ensaios foram submetidos à análise da variância conjunta e as hipóteses testadas pelo teste F ($p=0,05$). Posteriormente foi efetuado teste de comparação de médias ou regressão, conforme os fatores eram qualitativos ou quantitativos. Os programas computacionais utilizados nas análises foram o Winstat para o teste F e de médias (Duncan) (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2005) e Sigmaplot 10.0, nas construções das regressões.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito de época (repetição do experimento) para quase nenhuma das variáveis analisadas. Ocorreu interação tripla (repetição x espécie x fatores) apenas para a variável IVG nos experimentos que testou-se diferentes temperaturas. Para todos os demais, observou-se interação entre espécie e níveis de fatores do ambiente.

3.5.1 Temperatura e Condição de Irradiância

Todas as temperaturas utilizadas, exceto a de 15°C, favoreceram a germinação de *B. latifolia*, sendo a média dos tratamentos superior a 90% (Figura 7A). A germinação de *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* foi favorecida com temperaturas de 15, 20 e 25°C e a alternância 20/30°C, atingindo valores superiores a 80%, sem diferir entre si. As temperaturas mais elevadas (30 e 35°C) foram desfavoráveis à germinação de *G. chodatiana* e *R. brasiliensis*, proporcionando valor máximo de 50%. É possível que as sementes de *B. latifolia* apresentem maior germinação com temperaturas elevadas, enquanto a germinação de *R. brasiliensis* e *G. chodatiana* ocorre com temperaturas mais baixas. Há indícios, portanto, de que no início da primavera as sementes das últimas duas espécies possam apresentar

germinação mais precoce a campo. Alternativamente, as sementes de *B. latifolia* podem continuar a germinar em períodos em que a temperatura do solo está mais elevada, no final da primavera.

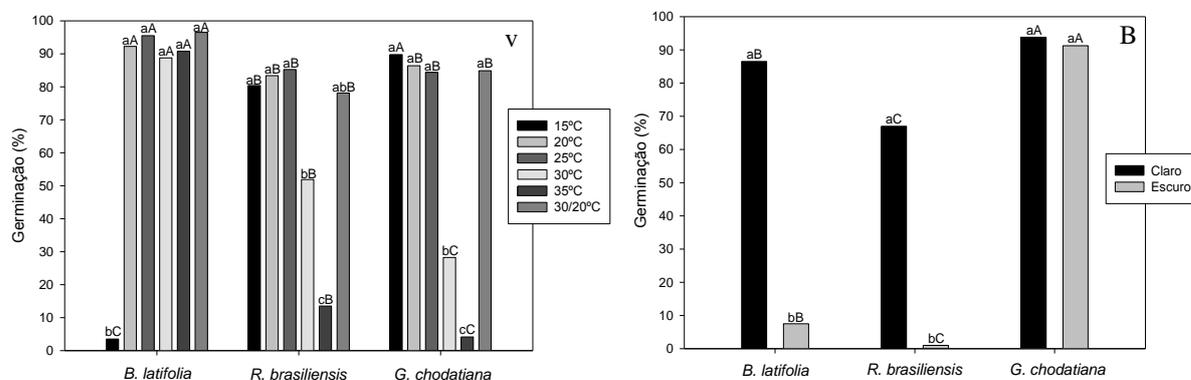


Figura 7 - Germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 20/30°C) (A); e a condição de irradiância (claro e escuro) (B). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), minúsculas comparam tratamentos dentro de cada espécie e maiúsculas comparam o tratamento entre as três espécies.

Em relação à condição de irradiância (Figura 7B), os resultados evidenciam o fotoblastismo positivo das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, pois na presença de luz apresentaram germinações de 70 e 85%, respectivamente. E, na condição de ausência de luz apresentaram germinação abaixo de 5%. No entanto, a espécie *G. chodatiana* demonstrou germinação acima de 90% em ambas as condições, sendo fotoblástica neutra.

Em trabalho de Parreira *et al.* (2011) observaram que a germinação das sementes de *B. latifolia* foi mínima (inferior a 5%) nas temperaturas de 15 e 20°C, sendo que a temperatura ótima, com maior percentagem de germinação foi de 25°C. Alternância de temperaturas na faixa entre 20 e 30°C favoreceu também a germinação de *Borreria densiflora* var. *latifolia* E.L. Cabral & Martins, que, corroborando com os resultados do presente trabalho, também é considerada fotoblástica positiva (MARTINS *et al.*, 2010). O mesmo trabalho evidenciou ainda que *B. densiflora* é bem adaptada a temperaturas mais elevadas, entre 30 e 35°C em detrimento às temperaturas mais baixas.

A germinação de *R. brasiliensis* é maior em sementes expostas à temperatura de 25°C, tratadas com ácido giberélico na concentração de 144ppm e na presença de luz., sendo que a redução da temperatura para 15°C ou elevação para

35°C não estimulam a germinação da espécie, enquanto a ausência de luz ocasiona efeito inibitório à germinação (PERBONI *et al.*, 2010).

No presente trabalho, a alternância de temperatura 20/30°C favoreceu a germinação de todas as espécies avaliadas (Figura 7). A condição de alternância de temperatura se aproxima mais das condições de campo, onde dificilmente se encontram temperaturas constantes (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007) tendo-se variações térmicas diárias de maneira frequente. Para as espécies que necessitam de temperaturas alternadas para a germinação das sementes, a amplitude de variação da temperatura, aparentemente, é mais importante do que os valores absolutos (MURDOCH *et al.*, 1989).

O estímulo à germinação na presença de luz é comum em espécies de sementes pequenas (BEWLEY; BLACK, 2004), associadas a ambientes abertos (FERREIRA *et al.*, 2001) e antropizados (ACOSTA-PERCÁSTEGUI; RODRIGUEZ-TREJO, 2005) como ocorre para muitas espécies de plantas daninhas. O conhecimento do padrão de germinação em diferentes condições podem auxiliar as estratégias para o manejo das espécies. Essa informação é importante, por exemplo, para o manejo químico em pré-emergência, auxiliando na escolha da dose correta de herbicida para atingir o efeito residual necessário (MARTINS *et al.*, 2010).

Para as três espécies estudadas destacam-se os maiores valores de tempo médio de germinação (TMG) com a temperatura de 15°C (Figura 8A), que foi superior ao TMG das demais temperaturas, com exceção apenas da espécie *R. brasiliensis*, em que 15°C e 35°C apresentaram superioridade e valores de TMG similares. Em média, as sementes de *B. latifolia* demoram seis dias para germinar, sendo o menor tempo entre as espécies, enquanto *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* levaram em torno de nove dias nas temperaturas mais adequadas.

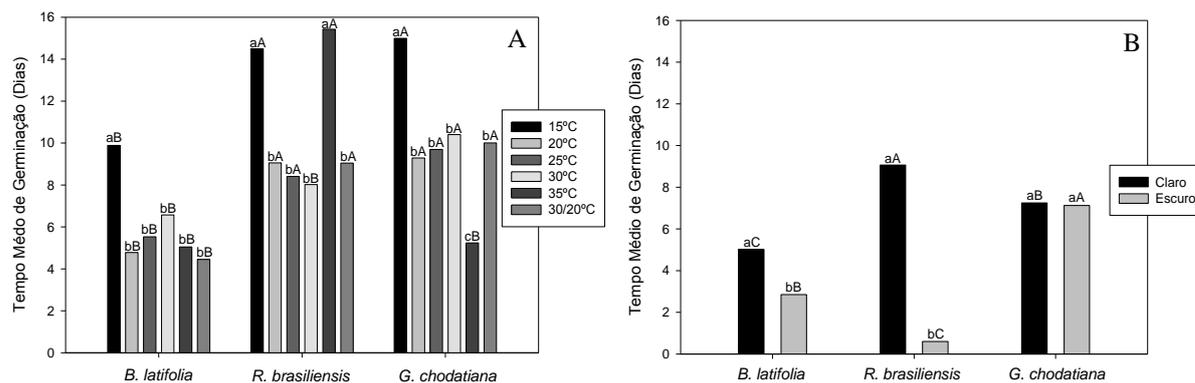


Figura 8 - Tempo médio de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 30/20°C)(A) e a condição de irradiância (Claro e Escuro)(B). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), minúsculas comparam tratamentos dentro de cada espécie e maiúsculas comparam o tratamento entre as três espécies.

O fato da temperatura de 15°C ter proporcionado maior tempo para germinação das sementes das três espécies e menor germinação das de *B. latifolia* pode ser atribuído ao fato de que, sob temperatura baixa, a embebição pode ocorrer, mas poderá não ser seguida pelo crescimento do embrião. Similarmente, temperaturas muito altas podem permitir a embebição, mas impedir o crescimento normal do embrião ou o estabelecimento da plântula (BRADBEER, 1988), o que poderia explicar o maior tempo para germinação da espécie *R. brasiliensis* sob 35°C.

Os resultados de TMG dos experimentos de irradiância (Figura 8B) estão positivamente relacionados aos de germinação (Figura 7B). Para as espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, a luminosidade resultou nos maiores TMG's comparativamente à sua ausência. Para *G. chodatiana*, não houve diferença entre os dois tratamentos.

O Índice de velocidade de germinação (IVG) dos experimentos de temperatura foi a única variável que apresentou interação tripla (época X espécie X tratamento) (Figura 9A). Em geral, quando os experimentos foram repetidos (época 2) apresentaram IVG's superiores à primeira execução (época 1), para todas as espécies e tratamentos analisados.

Para as sementes de *B. latifolia*, a resposta do IVG à temperatura apresentou algumas modificações entre as épocas de experimentos 1 e 2. Na época 1 se destacaram positivamente as temperaturas de 20°C e a alternância 20/30°C enquanto na época 2, além dos tratamentos já citados, também se destacou a

temperatura de 25°C. Isso demonstra a importância de se estudar as outras variáveis, pois apenas com o teste de germinação não é possível detectar diferenças importantes que ocorrem durante o processo germinativo.

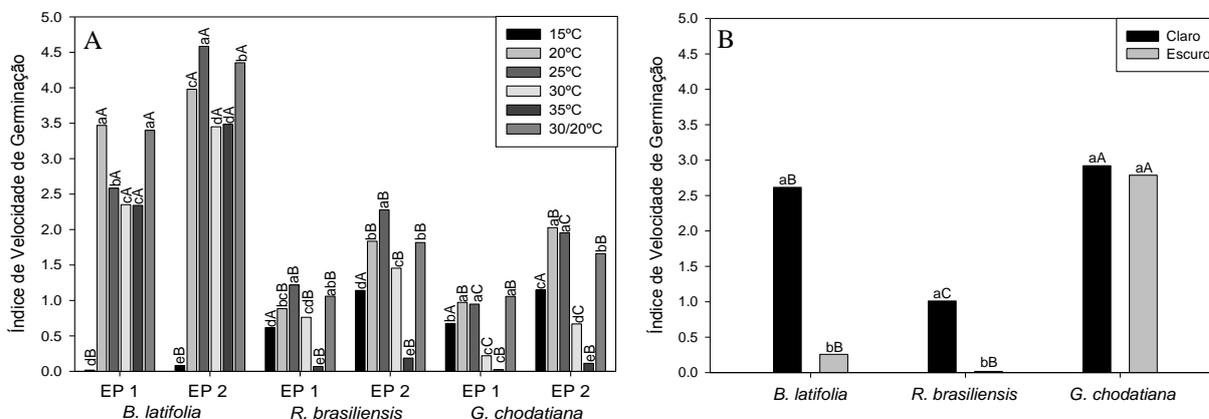


Figura 9 - Índice de velocidade de germinação de sementes das espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 30/20°C)(A) e a condição de irradiância (Claro e Escuro)(B). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), minúsculas comparam tratamentos dentro de cada espécie e maiúsculas comparam o tratamento entre as três espécies.

Fica claro que, para atingir elevado IVG de sementes de *B. latifolia* são necessárias temperaturas entre 20 e 25°C ou a alternância de temperaturas, situação comum, que ocorre nas lavouras. Essa espécie apresentou IVG entre 2,4 e 4,5, sobressaindo-se em relação à *R. brasiliensis* e *G. chodatiana*, corroborando os resultados obtidos com o TMG.

Galianthe chodatiana e *R. brasiliensis* e apresentaram respostas dos IVG's aos tratamentos similares entre si, ambas com respostas semelhantes entre grupos de tratamentos (épocas). Para ambas as espécies, os maiores IVG's foram atingidos com as temperaturas de 20 e 25°C, seguidas pela alternância 20/30°C. As duas espécies também demonstraram preferência de germinação das sementes sob temperaturas mais amenas, fato já demonstrado na avaliação da germinação, mas não detectado pelo TMG.

A resposta de IVG das três espécies à condição de irradiância (Figura 9B) se assemelha à da germinação, demonstrando o fotoblastismo positivo em *B. latifolia* e *R. brasiliensis* e o fotoblastismo neutro em *G. chodatiana*.

Borreria densiflora var *latifolia* atingiu valores de IVG próximos de três nas temperaturas de 30, 35 e 20/30°C (MARTINS *et al.*, 2010), que se assemelham, no presente trabalho, aos valores obtidos com a alternância de temperaturas.

Índices semelhantes foram obtidos por Parreira *et al.*, (2011), que observaram IVG's elevados nas temperaturas de 25, 30 e 35°C para *B. latifolia*.

A frequência relativa de germinação (FRG) reflete em porcentagem, quanto cada tratamento proporcionou de germinação diária ou intervalo de tempo utilizado (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Para *B. latifolia* (Figura 10A), observou-se que os tratamentos que proporcionaram os maiores percentuais de germinação, entre o 3º e 5º dia há uma concentração de picos acima de 30% até o 8º dia há porcentagens de germinação em torno de 10%, contrastando com o tratamento de 15°C, em que o primeiro pico acontece, aproximadamente no 11º dia, e estende-se até o 20º dia o que corrobora com os dados de TMG. Em relação às FRG's do experimento de irradiância (Figura 10B) constatou-se que, apesar da germinação na condição de escuro ter sido muito baixa, as poucas sementes que germinaram apresentaram padrão de germinação semelhante às sementes que receberam radiação.

Em *R. brasiliensis* (Figura 10C), os picos de germinação encontraram-se distribuídos mais uniformemente ao longo do tempo quando comparadas com *B. latifolia*. As temperaturas de 20, 25, 30 e alternância 20/30°C, proporcionaram o início da germinação no 3º dia, com picos de, aproximadamente, 15% do total. A germinação dos tratamentos com temperaturas de 15 e 35°C iniciaram no 8º e 12º dia, respectivamente, quando o acúmulo das frequências dos melhores tratamentos era de, aproximadamente, 5%. As FRG's do experimento de irradiância (Figura 10D), mostraram que não houve germinação para o tratamento escuro e no tratamento claro a FRG apresentou comportamento semelhante ao observado para temperatura de 25°C (Figura 10C).

Galianthe chodatiana apresentou FRG's mais concentradas em relação às demais (Figura 10E), com a germinação iniciando no 5º e se estendendo até o 17º dia, com exceção da temperatura de 15°C, cuja germinação iniciou posteriormente e se estendeu até o 21º dia. Para esta espécie também não foram constatadas diferenças significativas de FRG's entre os tratamentos claro e escuro (Figura 10F), corroborando os resultados das demais variáveis analisadas.

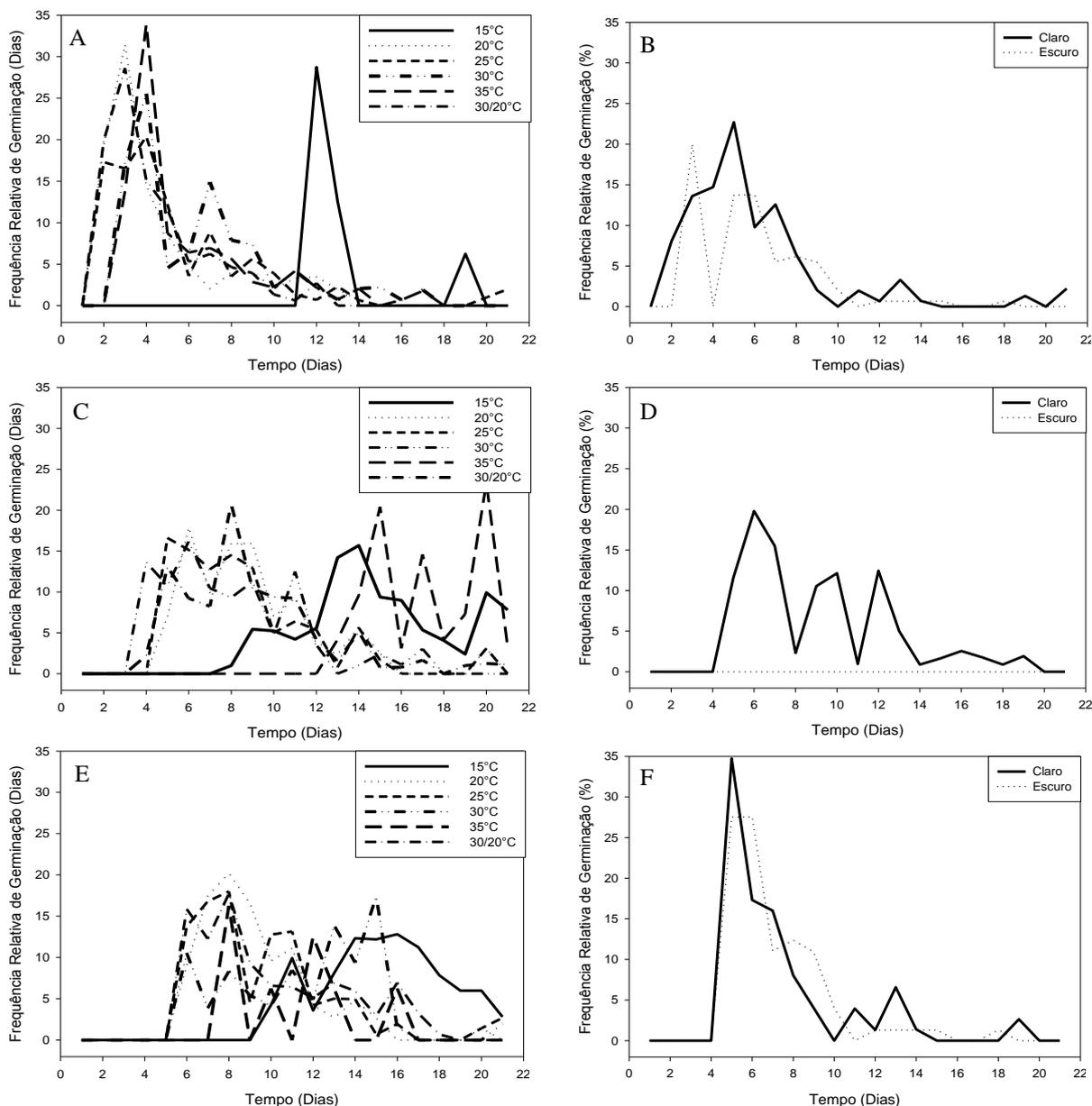


Figura 10 - Frequência relativa de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., (A e B), *Richardia brasiliensis* Gomes (C e D) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (E e F) em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 30/20) (A, C, E) e a condição de irradiância (claro e escuro) (B, D, F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

O crescimento inicial das plântulas representa o resultado final do processo germinativo e reflete o potencial de adaptabilidade e capacidade competitiva intra e interespecífica das mesmas. O tratamento com alternância de temperaturas foi o que promoveu o maior crescimento do epicótilo para as três espécies (Figura 11B), no entanto não diferiu das temperaturas de 15, 20 e 25°C para a *R. brasiliensis*. Assim como para a germinação, as temperaturas de 30 e 35°C prejudicam o crescimento inicial do epicótilo de *G. chodatiana* e *R. brasiliensis*.

As temperaturas de 15 e 35°C, foram as mais prejudiciais ao crescimento radicular inicial de *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* (Figura 11B). A temperatura de 20°C foi a que proporcionou o melhor crescimento da radícula das três espécies, assemelhando-se, no entanto, às temperaturas de 25 e 30/30°C para *G. chodatiana*.

O crescimento da radícula e do epicótilo da *G. chodatiana* foi maior no tratamento com ausência de luminosidade quando comparado ao com claridade (Figuras 11C e 11D). Este maior crescimento provavelmente se deve ao estiolamento, um mecanismo conhecido de escape à condição de baixa radiação que permite às plantas buscarem luz e iniciar o mecanismo fotossintético. Para as outras duas espécies, o tratamento com presença de luminosidade promoveu um crescimento maior, quando comparado à ausência de luz, devido ao fato da baixa germinação observada nos tratamentos sem luminosidade.

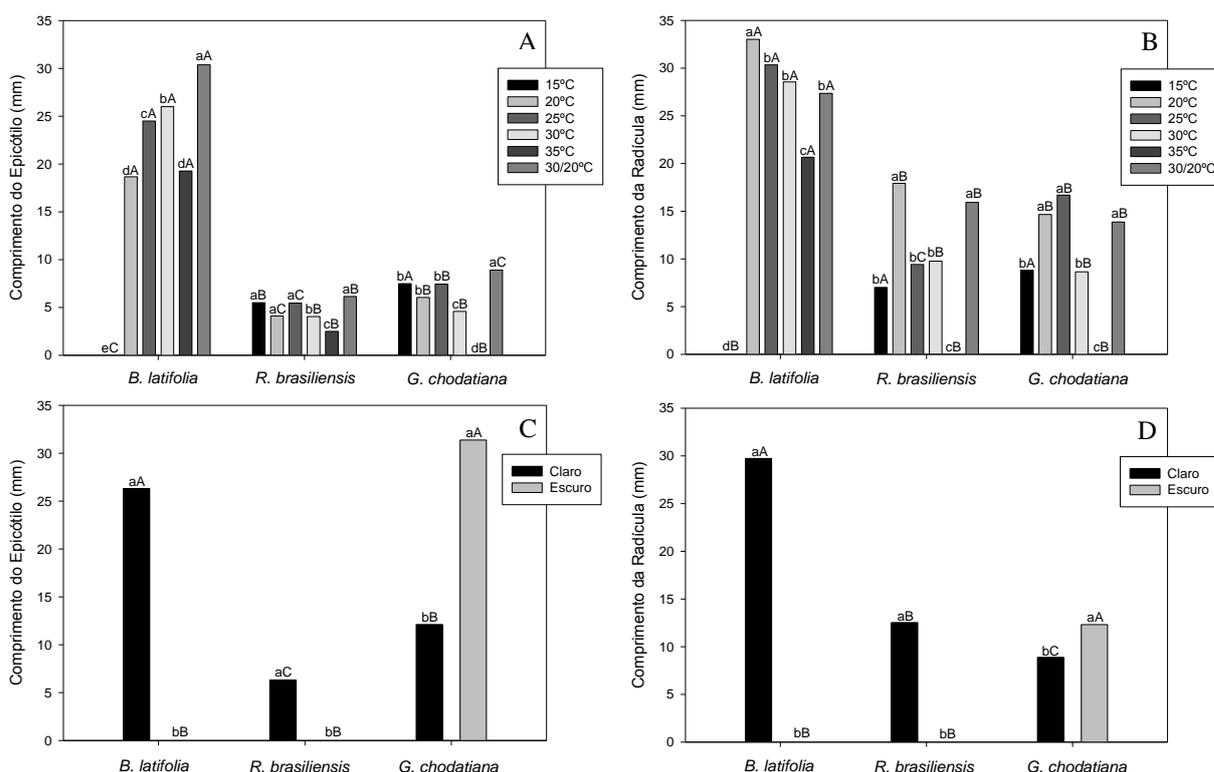


Figura 11 - Crescimento inicial do epicótilo e da radícula de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e alternância 30/20)(A e C) e a condição de irradiância (Claro e Escuro)(B e D). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), minúsculas comparam tratamentos dentro de cada espécie e maiúsculas comparam o tratamento entre as três espécies.

3.5.2 Alumínio, Salinidade e pH

O aumento das concentrações de sulfato de alumínio reduziu linearmente a germinação das três espécies avaliadas (Figura 12A). *Borreria latifolia* e *G. chodatiana* apresentaram comportamento similar entre si, com redução de aproximadamente 11% da germinação na maior concentração de alumínio (2mEq de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) se comparada com a testemunha. Em relação às demais espécies, *R. brasiliensis* demonstrou maior sensibilidade à elevação das concentrações de alumínio, com redução superior a 50% de germinação na maior concentração. Como o alumínio afeta processos do metabolismo celular, como a síntese proteica, permeabilidade à água, mobilização de lipídios, divisão celular e síntese da parede celular (ROY *et al.*, 1988), explica-se o porque esse íon afeta a germinação das sementes. Yamashita e Guimarães (2011) observaram redução de 24% na germinação das sementes de *Conyza canadensis* e 30% de *C. bonariensis* na concentração a partir de $1,5\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, em relação à testemunha (sem alumínio). Na maior concentração estudada ($2,0\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) o efeito foi mais pronunciado, chegando a 35 e 60% de redução da germinação de sementes de *C. canadensis* e *C. bonariensis*, respectivamente

Em relação à salinidade (Figura 12B), o percentual de germinação das três espécies se ajustou ao modelo sigmoidal, com pouco impacto na germinação sob concentrações reduzidas de sal. Porém, com inibição total na concentração mais elevada de NaCl. *Borreria latifolia* demonstrou ser mais sensível aos efeitos da salinidade, apresentando cerca de 50% de redução da germinação com 75mM e, germinação inferior a 5%, com 150mM de NaCl. O estudo realizado por Chauhan e Johnson (2008) com *Borreria ocymoides* (Burm.f.) DC revelou redução linear da germinação com o aumento das concentrações de NaCl, inibindo totalmente essa variável com 200mM de NaCl

A manifestação dos efeitos deletérios do sal na germinação tem sido atribuída aos efeitos osmóticos do NaCl, limitando a hidratação das sementes, e aos efeitos tóxicos no embrião ou nas células da membrana do endosperma (BLISS *et al.*, 1986). A salinidade pode ainda comprometer a germinação, facilitando a entrada de íons em níveis tóxicos (AYRES, 1952). Os mecanismos responsáveis pela sensibilidade e tolerância à salinidade são complexos e parecem envolver fatores genéticos e metabólitos. Ao estudar o comportamento germinativo de 26 espécies

em meio salino, Guerrier (1983), verificou que plantas bastante tolerantes possuem elevados níveis de K^+ ou Ca^{++} em suas reservas e que as espécies pouco tolerantes têm baixos teores destes elementos. Porém, em algumas espécies como o *Melilotus*, foi observado maior tolerância à salinidade em sementes que apresentavam dimensões mais elevadas (MARANON *et al.*, 1989).

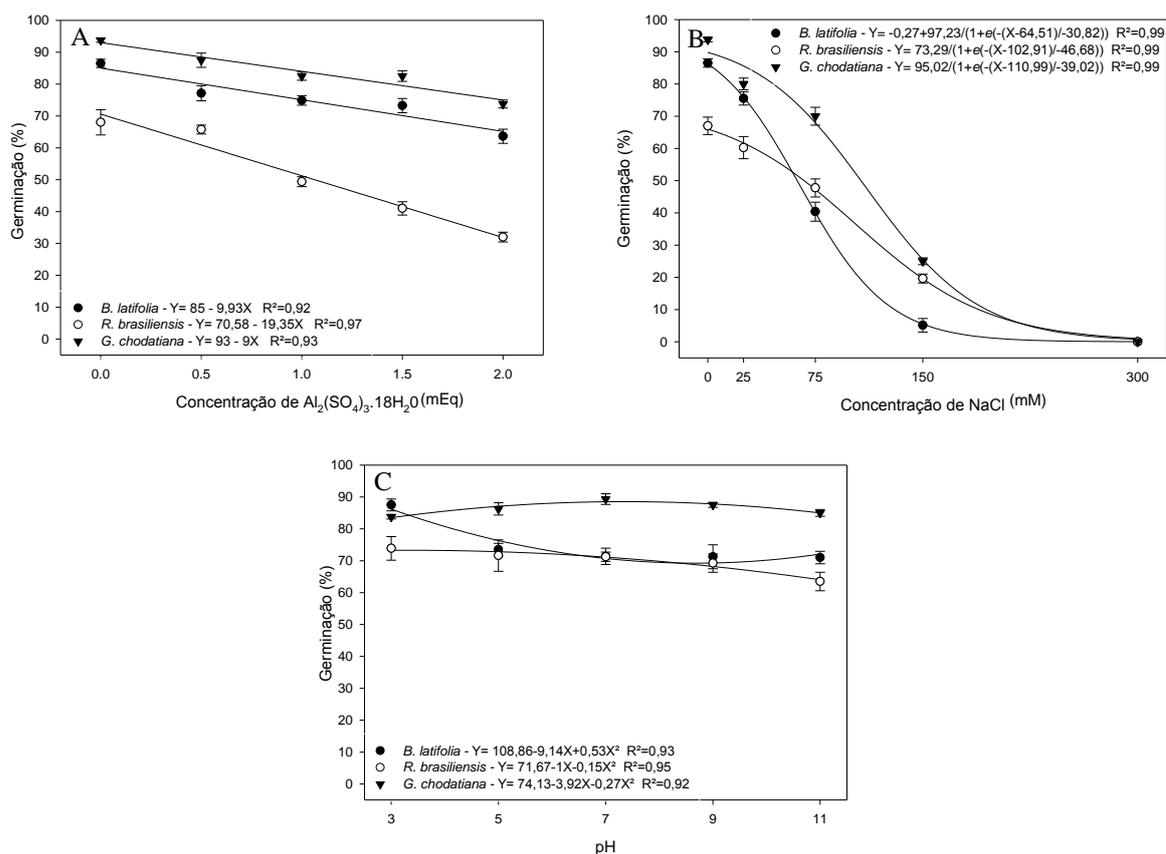


Figura 12 - Percentuais de germinação de sementes das espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a concentrações de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)(A), cloreto de sódio (NaCl)(B) e pH's (C). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média ($p < 0,05$).

De maneira geral, foram detectadas pequenas modificações nos percentuais de germinação das três espécies com a variação do pH. *Borreria latifolia* apresentou germinação superior com soluções de pH 3 (Figura 12C) e resposta quadrática negativa nos pH's 5, 7 e 9. Para as outras espécies, a curva de germinação também apresentou comportamento quadrático. As sementes de *R. brasiliensis* apresentaram menores percentuais de germinação com os pH's de 9 e 11, em comparação as demais espécies. *Galianthe chodatiana* demonstrou germinação mais elevada em pH próximo a 7,0, com pequeno decréscimo sob os

demais pH's.

A germinação das sementes de *B. ocyroides* não foi influenciada pelo pH das soluções testadas, e foi superior a 86% ao longo do intervalo de pH de 5 a 9 (CHAUHAN; JOHNSON, 2008), o que pode ser explicado porque, embora algumas espécies de plantas daninhas exijam pH ideal durante a germinação e crescimento, muitas são excepcionalmente tolerantes a níveis de pH extremos (EVETTS; BURNSIDE, 1972). As plantas podem tolerar variações do pH no meio onde se desenvolvem no intervalo de 4,0 a 8,0. Nas condições ambientais em que o pH esteja acima ou abaixo desses extremos, altas concentrações de H^+ e OH^- podem ser diretamente tóxicas para as plantas (ARNON; JOHNSON, 1942). Segundo Moreira e Bragança (2010), *B. latifolia* comporta-se como planta indiferente em relação aos fatores físico-químicos dos solos e em relação à luminosidade, informação contrastante à apresentada por Kissmann e Groth (2000); segundo os quais, a espécie tolera solos pobres e ácidos. A introdução do cultivo do solo seguida da correção da acidez e da correção dos níveis de fertilidade geralmente reduzem a infestação desta espécie (LORENZI, 2000); porém, isso não foi observado no experimento de Santos (2008), em que a variação de pH foi de apenas 0,7 (entre 4,0 e 4,7).

Em geral, considerando-se os fatores alumínio, salinidade e pH, *G. chodatiana* apresentou as menores variações de germinação em relação a *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, mostrando-se mais tolerante às possíveis condições adversas impostas pelo ambiente.

Para as três espécies avaliadas, a relação entre o tempo médio de germinação (TMG) e os níveis dos fatores alumínio, salinidade e pH se ajustou ao modelo polinomial quadrático (Figura 13). Independente do fator avaliado, *R. brasiliensis* foi a espécie com germinação mais lenta e *B. latifolia* a espécie com germinação mais rápida (Figura 13).

De forma similar a germinação, o TMG da espécie *R. brasiliensis* foi o mais afetado pelo aumento das concentrações de alumínio (Figura 13A). As sementes no tratamento testemunha (sem alumínio) levaram, em média, nove dias para germinar, mas nos demais (com alumínio) houve um atraso de até cinco dias na germinação da espécie. *Borreria latifolia* apresentou TMG pouco afetado pela presença do alumínio levando, em média, sete dias para germinar enquanto que *G. chodatiana*, teve a germinação acelerada na presença do mesmo, com redução de 2

dias na concentração de 1mEq de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, em relação à testemunha.

Galianthe chodatiana e *R. brasiliensis* demonstraram comportamento semelhante frente ao aumento das concentrações de cloreto de sódio (Figura 13B), com cerca de 30% de aumento do TMG até a concentração de 150mM de NaCl. A germinação das sementes de *B. latifolia*, no entanto, foi acelerada pelo aumento da salinidade do meio. A concentração de 300mM de NaCl apresentou TMG de zero dias, porque inibiu totalmente a germinação das espécies.

Houve tendência de germinação em menor tempo das sementes de *R. brasiliensis* e *G. chodatiana* sob soluções de pH próximo a 7 (Figura 13C), enquanto o pH 3 resultou em menor velocidade de germinação de *B. latifolia*. Sob pH 11 houve atraso médio de 1 dia na germinação, para todas as espécies, quando comparado ao menor TMG observado.

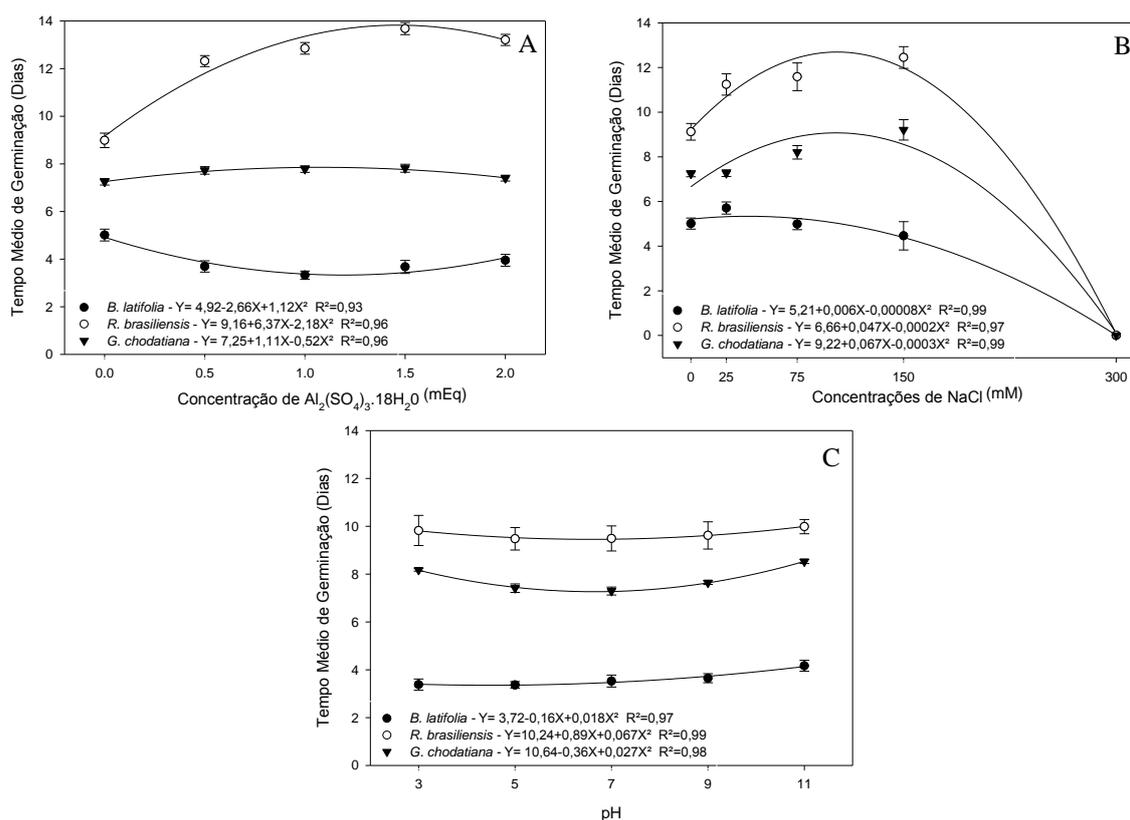


Figura 13 - Tempo médio de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes concentrações de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)(A), cloreto de sódio (NaCl)(B) e pH's da solução (C). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média ($p < 0,05$).

O índice de velocidade de germinação (IVG) alumínio das espécies *G.*

chodatiana e *R. brasiliensis* foi afetado negativamente com o aumento das concentrações de sulfato de (Figura 14A). Isso reflete o que já havia se observado no TMG. À medida que a concentração aumentou, houve decréscimo no IVG. Fato que demonstra que o alumínio, mesmo em baixa concentração, foi responsável pela diminuição da velocidade de germinação. Resultados semelhantes foram observados em *Cucumis sativus* L. e *Eugenia brasiliensis* Lam., quando (KOSZO, 2006) e em *C. canadensis* em comparação às de *C. bonariensis* dispostas para germinar em substrato umedecido com sulfato de alumínio (YAMASHITA; GUIMARÃES, 2011).

Para *B. latifolia*, no entanto, somente a maior concentração de sulfato de alumínio testada reduziu o IVG. Os IVG's dos ensaios de salinidade (Figura 14B)

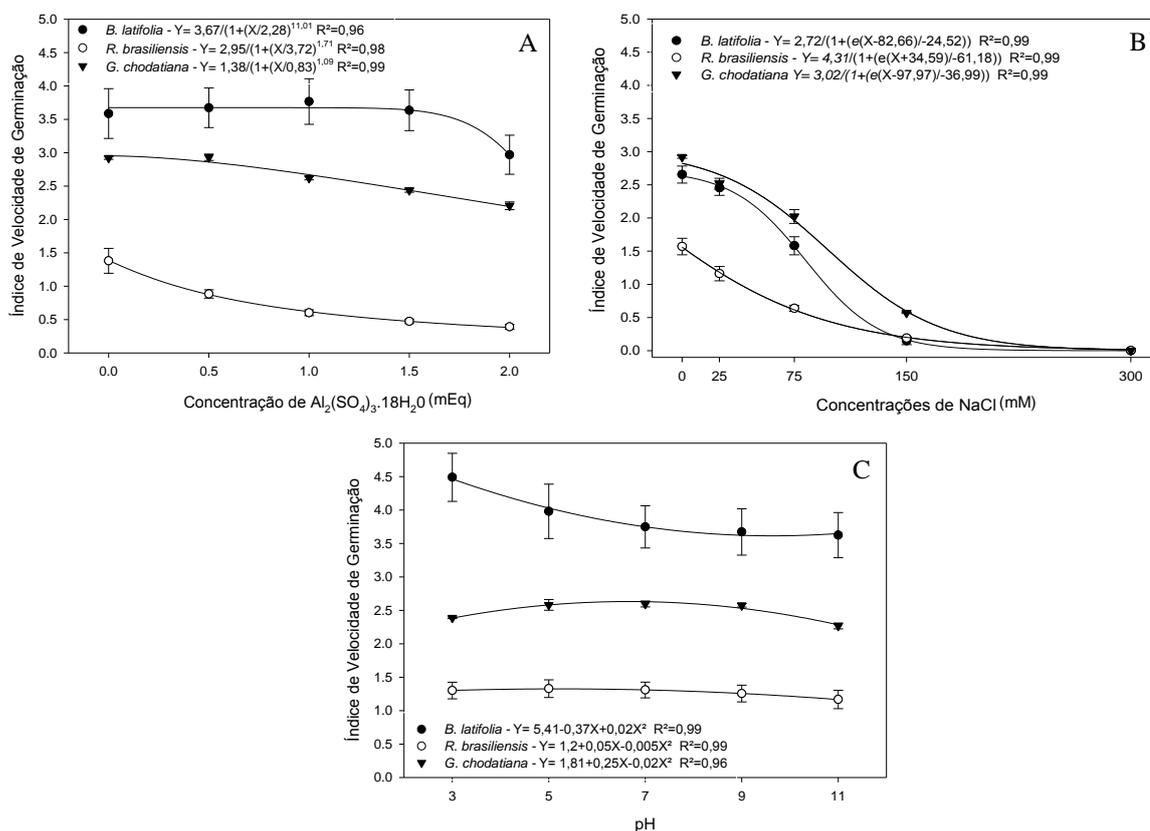


Figura 14 - Índice de velocidade de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes concentrações de sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)(A), cloreto de sódio (NaCl)(B) e pH's da solução (C). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média ($p < 0,05$).

e pH (Figura 14C), também refletiram de forma muito semelhante o que se verificou no TMG e na germinação para as três espécies. O aumento das concentrações de

cloreto de sódio reduz o IVG, com destaque para a espécie *B. latifolia*, que apresenta queda mais acentuada dessa variável, quando comparada às demais espécies. Os dados para a mesma espécie para o IVG resultante do ensaio de pH (Figura 14C) ilustram que além de uma germinação mais elevada, o IVG também é maior em pH 3. Para *R. brasiliensis* ocorre redução da germinação em pH 11 e há uma redução na velocidade de germinação. No geral, também se observa a preferência das sementes da espécie *G. chodatiana* a germinarem em pH's próximos da neutralidade.

A frequência relativa de germinação é pouco afetada e não varia substancialmente entre as concentrações de alumínio nas espécies *B. latifolia* (Figura 15A) e *G. chodatiana* (Figura 15B). Entretanto, observou-se que na

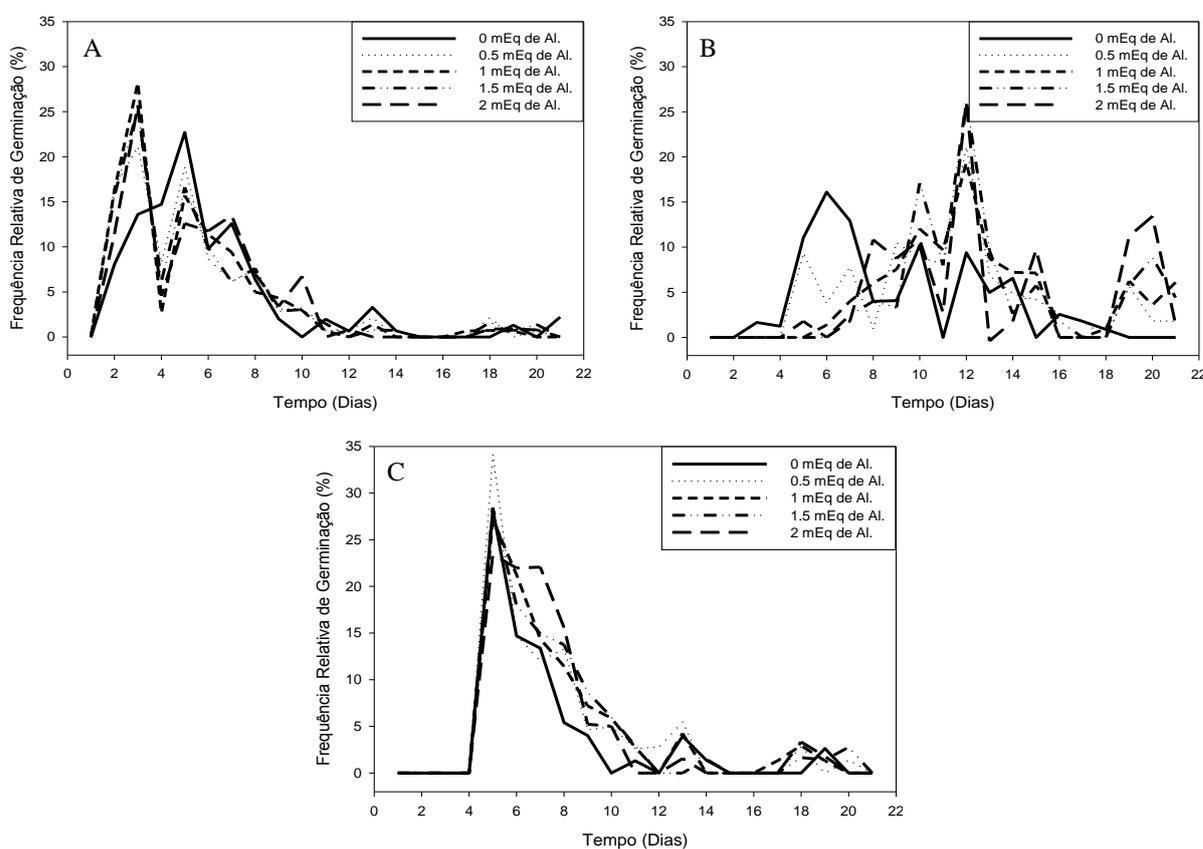


Figura 15 - Frequência relativa de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum.,(A), *Richardia brasiliensis* Gomes (B) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (C) em resposta a diferentes concentrações de sulfato de alumínio (Al₂(SO₄)₃·18H₂O). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

testemunha (sem alumínio), *B. latifolia* apresenta o primeiro grande pico de germinação das sementes em torno de dois dias após os demais tratamentos. Essa informação também foi observada no TMG, corroborando com a indicação de que o

alumínio estimulou, ao menos em parte, à germinação da espécie. A germinação da espécie *G. chodatiana* foi mais concentrada que a das outras espécies, com picos de germinação acima de 5% entre o 5° e o 10° dia, para todas as concentrações.

Em espécie *R. brasiliensis* observou-se uma influência negativa acentuada nos tratamentos com alumínio, pois o tratamento que se destacou nos primeiros dias foi a testemunha. A germinação, em geral, varia consideravelmente desde o 4° até o 21° dia, com destaque para o 12° dia, em que ocorrem os maiores picos nas diferentes concentrações de alumínio.

Nos experimentos com soluções salinas ocorreu germinação expressiva de *B. latifolia* e *G. chodatiana* até o 11° dia, enquanto que *R. brasiliensis* apresentou germinação elevada durante todo o período de avaliação (Figuras 16A e

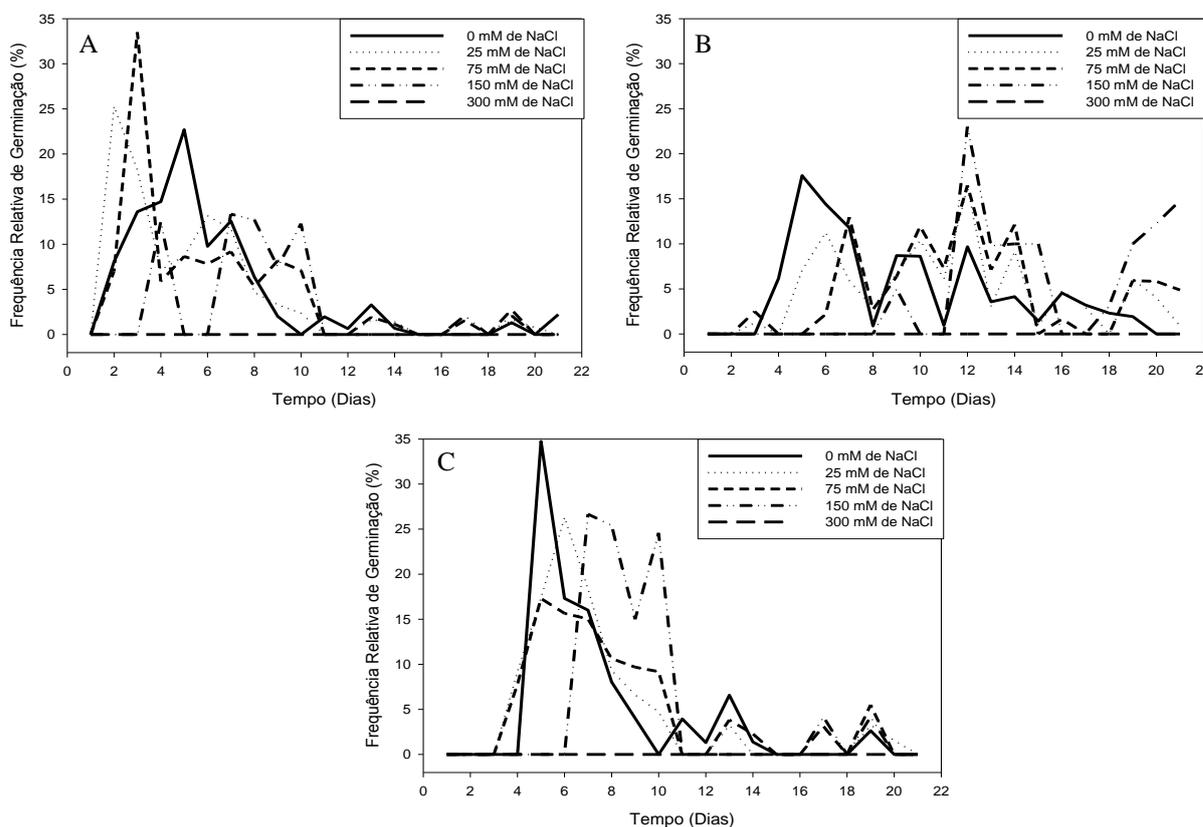


Figura 16 - Frequência relativa de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum.,(A), *Richardia brasiliensis* Gomes (B) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (C) em resposta a diferentes concentrações de cloreto de sódio (NaCl). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

16B). Os tratamentos a desencadear a germinação de *B. latifolia* foram 25 e 75mM de NaCl, no segundo e terceiro dias, com 25 e 35% da germinação total, respectivamente (Figura 16A). Na testemunha, sem NaCl, a germinação também

iniciou no segundo dia, porém com percentuais menores. Em *G. chodatiana* e *R. brasiliensis*, a testemunha apresentou maior frequência de germinação no início do período de avaliação, evidenciando a influência negativa da salinidade nessas espécies. Para *G. chodatiana*, a germinação se concentrou entre o quinto, com pico de 35%, e o 11° dia.

Com relação às FRG's dos experimentos de pH (Figura 17) não foram observadas diferenças expressivas entre os tratamentos dentro de cada espécie. Em linhas gerais, novamente observou-se picos de germinação já nos primeiros dias de avaliação para a espécie *B. latifolia* (Figura 17A), uma distribuição da germinação ao longo de quase todo período de avaliação para *R. brasiliensis* (Figura 17B) e a concentração da germinação de *G. chodatiana* em poucos dias (Figura 17C).

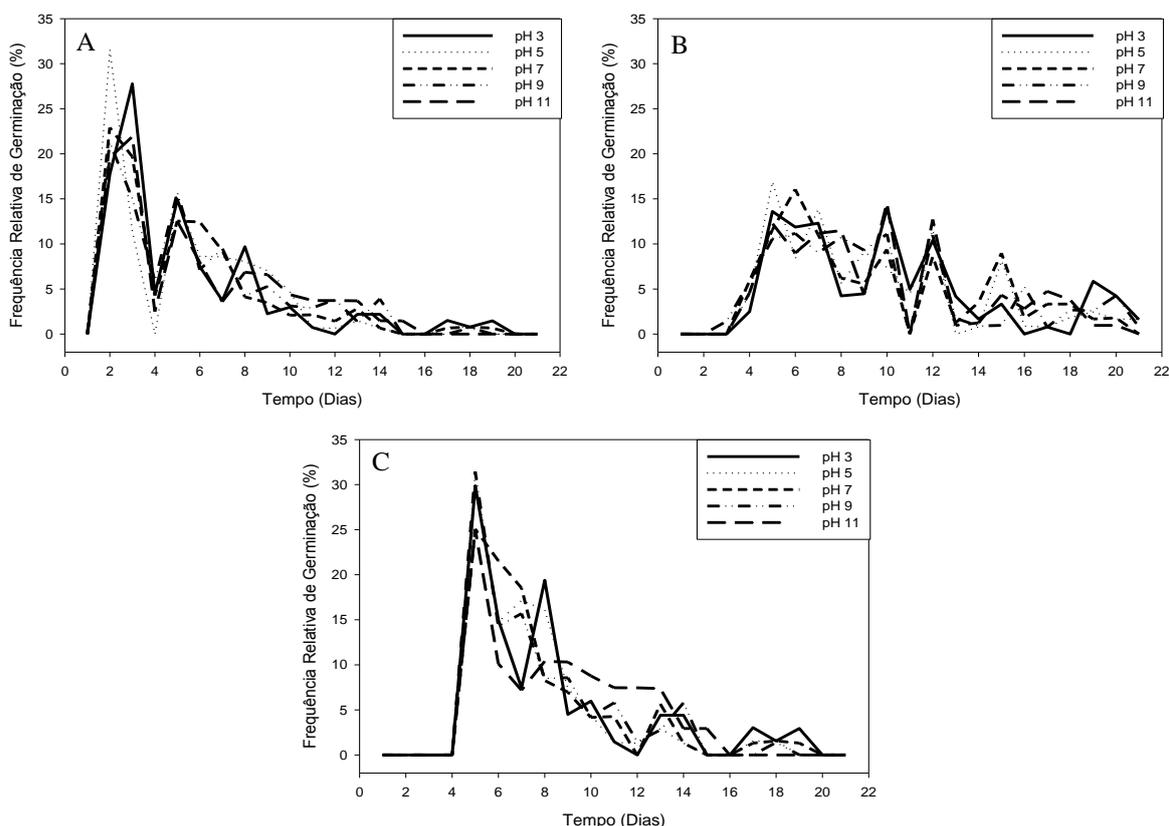


Figura 17 - Frequência relativa de germinação de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum.,(A), *Richardia brasiliensis* Gomes (B) e *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (C) em resposta a diferentes pH's. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

As soluções de sulfato de alumínio, mesmo nas menores concentrações, reduziram o crescimento inicial das espécies. Além disso, as raízes se encontravam com necrose em sua extremidade que, em alguns casos, evoluíram

para a morte da plântula em poucos dias. Apesar de apresentar redução de apenas 10% na germinação das espécies *B. latifolia* e *G. chodatiana*, a presença do alumínio reduziu significativamente o comprimento de radícula das três espécies (Figura 18B). Em relação à testemunha, *G. chodatiana* apresentou menor redução dos comprimentos da radícula e do epicótilo (Figura 18A e 18B), corroborando com os dados de germinação, em que demonstrou ser mais tolerante à presença do alumínio. A radícula desenvolveu, em média, apenas 4mm, sendo o crescimento inibido logo após a germinação. O crescimento do epicótilo de *R. brasiliensis* foi totalmente inibido com 1mEq de sulfato de alumínio e o de *B. latifolia* com 1,5mEq.

Resultados semelhantes foram obtidos por Yamashita e Guimarães (2011), que trabalharam com as mesmas concentrações de sulfato de alumínio sobre as espécies *C. canadensis* e *C. bonariensis*. Os mesmos autores observaram que nas menores concentrações do composto químico houve redução no desenvolvimento das raízes das plântulas originadas das sementes consideradas germinadas, em relação à testemunha e que as raízes se encontravam necrosadas com evolução para morte das plântulas. A possível explicação para esse fato pode ser dada pelos relatos de CUSTÓDIO *et al.* (2002), ao relatarem que o alumínio reage com cadeias de ácido poligalacturônico das paredes das células jovens, formando compostos pécticos inapropriados (substituição ou deslocamento de Ca) para a elasticidade celular. Nessa condição, a região meristemática da extremidade da raiz teria uma grande quantidade de células com dois núcleos, indicando a paralisação no processo de divisão celular.

O efeito da salinidade no crescimento inicial das espécies foi significativo, porém menos prejudicial, comparativamente ao alumínio. A inibição do crescimento do epicótilo das três espécies avaliadas foi maior do que o da radícula, com inibição completa na concentração de 150mM de NaCl (Figura 18C). Novamente observou-se tolerância maior de *G. chodatiana* em comparação às demais espécies, com aproximadamente 30% de redução no crescimento do epicótilo na concentração 75mM em relação à testemunha, enquanto em *B. latifolia*, a redução para o mesmo tratamento foi de mais de 55%. O crescimento da radícula de *G. chodatiana* também demonstrou maior tolerância ao NaCl (Figura 18D).

O efeito da salinidade sobre o estabelecimento das plântulas é mais comprometedor do que sobre a germinação (PRISCO, 1987) e isto ocorre devido ao retardamento na mobilização das reservas (GOMES FILHO *et al.* 1983) e distúrbio

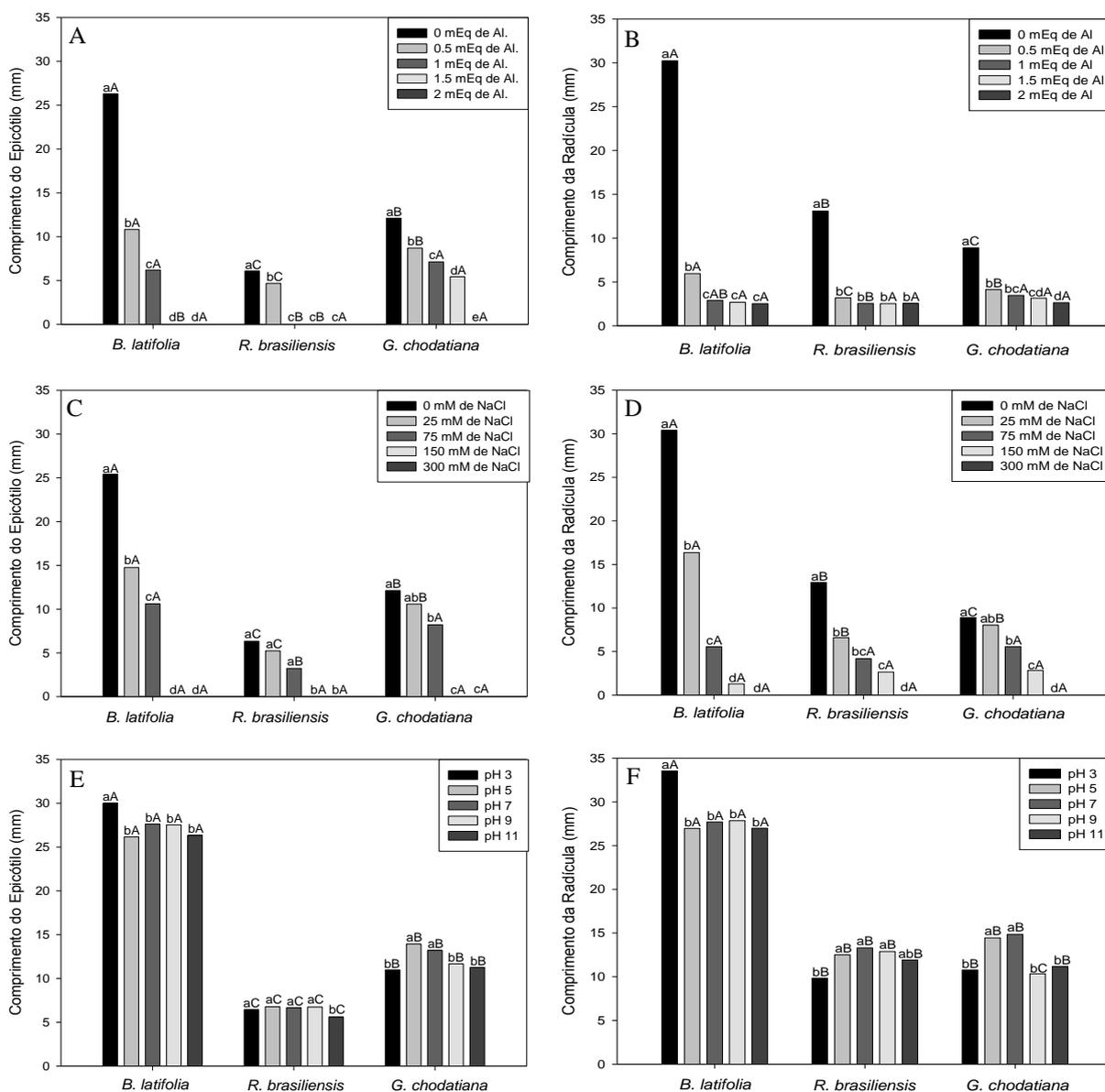


Figura 18 - Crescimento inicial do epicótilo e da radícula de sementes das espécies *Borreira latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes em resposta a diferentes concentrações de sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) (A e B), cloreto de sódio (NaCl) (C e D) e pH's da solução (E e F). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p=0,05$), minúsculas comparam tratamentos dentro de cada espécie e maiúsculas comparam o tratamento entre as três espécies.

nas membranas celulares, que eleva a perda de substâncias de reserva. Apesar de ocorrer mobilização de reservas dos tecidos das sementes durante a embebição inicial, a maior parte é mobilizada depois da emergência da radícula (BEWLEY; BLACK, 1984). Chauhan e Johnson (2008) observaram que embora uma quantidade significativa de sementes de *B. ocymoides* germinou em concentrações entre 200 e 250mM de NaCl, as radículas das mesmas eram descoloridas e muitas vezes menores do que as de sementes incubadas a níveis mais baixos de NaCl.

A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas. Seus efeitos dependem ainda de outros fatores, como, cultivar, estágio fenológico, tipos de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER; DAVÉNPORT, 2003). As informações sobre tolerância a salinidade em plantas daninhas é importante para fazer previsões sobre a adaptabilidade das mesmas em vários ambientes e também para fazer análise comparativa das mesmas frente a espécies cultivadas, já que ambas podem apresentar graus de tolerância diferenciados em relação à salinidade.

Assim, como ocorreu para germinação, TMG e IVG, os melhores valores de comprimento de epicótilo (Figura 18E) e radícula (Figura 18F) para *B. latifolia* foram observados quando as sementes foram embebidas com soluções de pH 3. Os demais tratamentos não diferiram entre si para a mesma espécie, comprovando a preferência dessa por ambientes mais ácidos. A elevação do pH desfavorece a germinação e crescimento de *B. latifolia*, porém não inibe o seu estabelecimento. Portanto, a prática de calagem nas áreas de lavoura para impedir a germinação e estabelecimento, pode apresentar alguma redução na infestação, mesmo que pequena, e pode, assim, ser incluída numa proposta de manejo integrado da planta daninha.

Os resultados para *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* e (Figuras 18F e 18E) também contribuem com a tendência observada para germinação, TMG e IVG dos experimentos de pH. *R. brasiliensis* apresenta redução do crescimento em soluções de pH 3 e pH 11, principalmente no que se refere a comprimento de radícula. Já *G. chodatiana* evidencia sua preferência por pH's entre 5 e 7, que promoveram valores significativamente superiores para as duas variáveis analisadas. Esses resultados demonstram que as duas espécies, assim como a maioria das espécies cultivadas, preferem pH's na faixa entre 5 e 7 que, entre outros benefícios, promove a maior disponibilidade de nutrientes que podem beneficiar tanto as culturas quanto as plantas daninhas.

A avaliação do crescimento inicial das raízes e parte aérea evidenciou que *B. latifolia* se expande mais vigorosamente, dando-lhe uma vantagem competitiva frente à outras espécies. Essa característica indica que os métodos de controle de *B. latifolia* devem ser mais precoces, quando comparado às outras duas, pois provavelmente o período anterior à interferência será menor.

3.6 CONCLUSÕES

- Temperaturas entre 20 e 30°C são as ideais para germinação *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis*, tanto para porcentagem final quanto para tempo médio de germinação.

- *Borreria latifolia* possui dificuldade para germinar em temperaturas mais baixas, próximas a 15°C. Já as espécies *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* apresentam limitações para germinar em temperaturas mais elevadas, entre 30 e 35°C.

- *Borreria latifolia* e *R. brasiliensis* são fotoblásticas positivas, enquanto que *G. chodatiana* não responde ao fotoperíodo.

- *Borreria latifolia* apresenta germinação e crescimento inicial mais elevado em pH 3, enquanto *R. brasiliensis* e *G. chodatiana* preferem pH entre 5 e 7.

- *Galianthe chodatiana* e *B. latifolia* são mais tolerantes à presença do alumínio durante o processo germinativo do que *R. brasiliensis*; porém, somente a primeira é tolerante à presença de alumínio no seu crescimento inicial.

- Baixos índices salinos são suficientes para inibir boa parte da germinação das sementes de *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis*; contudo, para este fator, *B. latifolia* apresentou maior suscetibilidade que as demais, enquanto *G. chodatiana* tolerou melhor a salinidade do meio.

4 RESPOSTA DE BIÓTIPOS DE *Borreria latifolia*, *Galianthe chodatiana* E *Richardia brasiliensis* AO GLYPHOSATE POR MEIO DA ANÁLISE DE VARIÁVEIS CONVENCIONAIS E DE IMAGENS

4.1 RESUMO

O uso intensivo de glyphosate em áreas cultivadas tem exercido pressão de seleção, favorecendo o surgimento de espécies daninhas com elevado grau de tolerância e/ou resistência a este herbicida. Assim sendo, objetivou-se com o trabalho avaliar os níveis de tolerância em biótipos das espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes (Rubiaceae) por meio de curvas de dose-resposta e comparar dois métodos de avaliação de controle pelo herbicida glyphosate. Foram conduzidos quatro experimentos em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. No ensaio preliminar foram utilizados biótipos das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, com a finalidade de definir as doses de glyphosate a serem empregadas no ensaio definitivo. Os tratamentos consistiram de doses crescentes de glyphosate (0, 43, 73, 124, 211, 360, 612, 1040 e 1768 g ha⁻¹ de e.a.), aplicadas em plantas com seis a oito folhas totalmente expandidas. A eficácia do herbicida foi avaliada por meio do controle aos 14 e 28 dias após a aplicação (DAA), e da massa seca da parte aérea (MSPA) aos 28 DAA. Nos três ensaios subsequentes foram utilizados 14 biótipos de *B. latifolia*, 11 biótipos de *R. brasiliensis* e 1 biótipo de *G. chodatiana* coletados em lavouras de soja do Paraná e Santa Catarina. Para estes experimentos as doses de glyphosate utilizadas foram de 0, 74, 163, 360, 792 e 1742 g ha⁻¹ de e.a., aplicadas quando as plantas estavam com 6 a 8 folhas totalmente expandidas. A eficácia do herbicida e variáveis foram avaliadas do mesmo modo que no ensaio preliminar. Realizou-se também o registro de imagem de cada unidade experimental, que foram posteriormente processadas com o software "ImageJ". Os resultados indicam variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos coletados. Os biótipos 277, 283 e 300 de *B. latifolia* e os biótipos 285, Papanduva e 283 de *R. brasiliensis* não foram controlados com dose superior à usualmente utilizada nas lavouras (720 g ha⁻¹ de e.a.), evidenciando seleção pelo uso repetitivo do herbicida. O biótipo de *G. chodatiana* apresentou

elevado nível de tolerância ao herbicida glyphosate, não sendo controlado eficientemente pela maior dose empregada. Foram constatados elevados coeficientes de correlação entre os métodos de avaliação por controle visual e contagem do número de pixels. A análise de controle por redução do número de pixels demonstrou grande potencial de utilização, por reduzir a subjetividade inerente às avaliações de controle visual.

4.2 ABSTRACT

The intensive use of glyphosate in cultivated areas has exerted strong selection pressure favoring the appearance of weeds with a high degree of tolerance/resistance to this herbicide. Thus, the aim of this study was to evaluate the tolerance levels in biotypes of the Rubiaceae species *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral and *Richardia brasiliensis* Gomes (Rubiaceae) through dose-response curves and compare two methods of herbicidal control evaluation by glyphosate herbicide. Four experiments were conducted in a greenhouse, in a completely randomized design with four replications. In preliminary assays, was used one biotype of each species *B. latifolia* and *R. brasiliensis*, with the purpose to adjust rates of glyphosate to be used in the definitive experiment. Treatments consisted of increasing rates of glyphosate (0, 43, 73, 124, 211, 360, 612, 1040 and 1768 g ha⁻¹) applied in plants with six to eight fully expanded leaves. The performance of the herbicide was evaluated through the visual control at 14 and 28 days after application (DAA), and shoot dry mass (SDM) at 28 DAA. In the three subsequent tests were used 14 biotypes of *B. latifolia*, 11 biotypes of *R. brasiliensis* and one biotype of *G. chodatiana* collected in soybean crops of Paraná state and Santa Catarina state. For these experiments the rates of glyphosate were 0, 74, 163, 360, 792 and 1742 g ha⁻¹ applied when plants had six-eight fully expanded leaves. The performance of the herbicide and variables were evaluated in the same manner as in the preliminary test. Was also performed the image record of each experimental unit, which were processed using the "ImageJ" software. The results indicate variability response to glyphosate between the collected biotypes. Biotypes 277, 283 and 300 of *B. latifolia* and biotypes 285, Papanduva and 283 of *R. brasiliensis* were not controlled above the commonly dose used on crops (720 g ha⁻¹), showing

selection by the repetitive use of the herbicide. The biotype of *G. chodatiana* showed high tolerance level to glyphosate, not being efficiently controlled with the highest dose used. There were high correlation coefficient between the evaluation methods for visual control and counting of the number of pixels. The control analysis by reducing the number of pixels shown to have great potential for use, because reduce the subjectivity inherent to the visual control assessments.

4.3 INTRODUÇÃO

Em populações de plantas podem existir indivíduos que expressam diferentes reações de tolerância ou de resistência a um determinado herbicida. A planta tolerante apresenta capacidade inata de sobreviver e se reproduzir após a aplicação de herbicida, mesmo sofrendo injúrias. A tolerância é uma característica existente na planta mesmo antes de ser tratada com herbicida em uma área, que leva à seleção natural das plantas que são pouco afetadas pelo uso do produto (CHRISTOFFOLETI; OVEJERO, 2008; VARGAS *et al.*, 2009). A resistência é a capacidade inerente e herdável de alguns biótipos, dentro de uma determinada população, de sobreviver e de se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida, que normalmente seria letal à uma população suscetível da mesma espécie (CHRISTOFFOLETI; OVEJERO, 2008). A presença de um biótipo suscetível com pronunciada diferença de C_{50} (dose necessária para proporcionar 50% de controle) em relação a outros biótipos indica que a hipótese de resistência deve ser investigada.

A pressão de seleção exercida por um determinado herbicida sobre uma comunidade de plantas daninhas pode ocasionar o aumento da proporção de uma espécie sobre as demais, em função da tolerância ao herbicida (CHRISTOFFOLETTI *et al.*, 2008). Em áreas com uso frequente de glyphosate, como em soja geneticamente modificada (RR), áreas de cafezais e de pomares, têm ocorrido seleção de espécies tolerantes a este produto.

O glyphosate é o defensivo agrícola mais utilizado no mundo, em função do baixo preço, facilidade de controle de plantas daninhas em diferentes estádios, elevada eficiência e da ampla e rápida adoção pelos produtores de culturas geneticamente modificadas (CGM) com resistência ao mesmo. O desenvolvimento

de CGM resistentes ao glyphosate acabou diminuindo o interesse da indústria pela busca de novos mecanismos de ação, principalmente devido ao baixo custo desse produto. Além disso, a retirada de herbicidas mais antigos por ações de autoridades reguladoras e das próprias empresas fabricantes limitou a gama de produtos disponíveis para os agricultores e gerou crescente dependência de uma gama restrita de herbicidas que atuam em poucos locais de ação. Deste modo, atualmente, o mais alto risco na adoção de CGM deve-se à seleção de plantas daninhas com resistência e tolerância a herbicidas (CERDEIRA *et al.*, 2010).

Modificações na composição de populações de espécies daninhas emergidas e no banco de sementes em função da utilização intensiva de glyphosate tem sido documentada em vários países. No Brasil, a intensificação do uso desse produto tem resultado em seleção interespecífica de algumas espécies de plantas daninhas (DURIGAN *et al.*, 1988, MONQUERO, 2003; SANTOS *et al.*, 2001), como a trapoeraba (*Commelina* spp), corda-de-viola (*Ipomoea* spp), poaia-branca (*Richardia brasiliensis* Gomes) e erva-quente (*Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. cuja sinonímia é *Spermacoce latifolia* Aubl.). Nos Estados Unidos, as espécies *Ambrosia artemisiifolia* L. (KAPUSTA *et al.*, 1994) e *Sesbania exaltata* (Raf.) Cory (JORDAN *et al.*, 1997), e na Argentina, as espécies *Ipomoea* spp., *Parietaria debilis* G. Forst., *Petunia axillaris* (Lam.) Britton, Sterns & Poggenb., *Verbena litoralis* Kunth., *Verbena bonariensis* L., *Hybanthus parviflorus* (L.f.) Baill., *Iresine difusa* Humb. & Bonpl. ex Willd. e *Commelina erecta* L. (PAPA *et al.*, 2002) tem sido referidas como tolerantes ao glyphosate. Entretanto, a razão para essa tolerância diferencial entre espécies não está totalmente elucidada.

Espécies dos gêneros *Borreria* (*Spermacoce*), *Galianthe* e *Richardia*, da família Rubiaceae, apresentam grande importância na região Sudoeste do Paraná, especialmente em áreas cultivadas com a soja. *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. e *Richardia brasiliensis* Gomes são encontradas de forma generalizada na região. *Galianthe chodatiana* (Stantl.) E.L. Cabral é encontrada de forma não endêmica, em algumas lavouras de soja da região Sudoeste do Paraná.

A resposta de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* ao herbicida glyphosate é bem documentada na literatura. Estas espécies são referidas como tolerantes ao glyphosate (DURIGAN *et al.*, 1998; SHARMA; SINGH, 2001; MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2003; LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004; MONQUERO *et al.*,

2005; PROCÓPIO *et al.*, 2007; VARGAS; GAZZIERO, 2008; CERDEIRA *et al.*, 2010).

Entretanto, existe uma grande variabilidade em relação aos efeitos de controle pelo glyphosate nos trabalhos encontrados na literatura. Lacerda e Victoria Filho (2004), afirma que os biótipos podem apresentar níveis diversos de resistência e isso pode explicar em parte tal variabilidade. A variabilidade quanto à tolerância a um herbicida pode existir entre espécies e populações da mesma espécie daninha, e também dentro de um único biótipo, em função do estágio de desenvolvimento das plantas. Doses acima de 720 g ha⁻¹ de i.a. são necessárias para obtenção de controle próximo a 90% em *Digitaria insularis* L. e *B. latifolia*, indicando que essas espécies apresentaram sensibilidade intermediária às doses de glyphosate, pois com a dose de 1.440 g ha⁻¹ de i.a. houve uma redução de crescimento expressiva (LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004). Aplicações de 960 g ha⁻¹ de e.a. de glyphosate em plântulas de *B. latifolia* com uma a três e quatro a seis folhas resultaram em níveis de controle de 81,25 e 100%, respectivamente (RAMIRES *et al.*, 2011). No trabalho realizado por Zarpellon *et al.* (2012), o controle de *B. latifolia* atingiu 66% com dose de 2880 g ha⁻¹ de i.a. aos 21 DAA, sendo que os autores ainda relatam que ocorreu rebrote a partir desta avaliação.

A obtenção de 87,5% de controle com aplicação de 1080 g ha⁻¹ de i.a. de glyphosate sobre plântulas de *Borreria densiflora* com três pares de folhas foi relatado por Martins (2008). Observações preliminares de aplicações pós-emergentes evidenciaram que a planta daninha se torna tolerante quando apresenta quatro a cinco pares de folhas, levando ao insucesso no controle com uso de herbicidas. Isso provavelmente pode ser extrapolado para outros trabalhos que avaliam a resposta a doses de glyphosate para esta espécie.

Há uma grande variabilidade de controle de *R. brasiliensis* com glyphosate nos diversos estudos efetuados com a espécie, pois enquanto muitos trabalhos sinalizam a dificuldade de controle da planta daninha com este herbicida, alguns indicam níveis de controle satisfatório. O uso isolado de glyphosate (sem associações e adjuvantes) na dose 770 g ha⁻¹ de e.a., para o controle de *R. brasiliensis* apresenta baixa eficiência, atingindo 14% de controle (SHARMA; SINGH, 2001). Resultados semelhantes foram observados por Cechin *et al.* (2012), que obtiveram controle de 17% aos 21 DAA, com 2880 g ha⁻¹ de i.a. de glyphosate.

Em um experimento com doses crescentes de glyphosate, Correia e Durigan (2010) não observaram controle satisfatório para as plantas daninhas avaliadas, dentre elas, *R. brasiliensis* sendo consideradas como “escapes”. O glyphosate utilizado isoladamente resultou em 60% de controle de *R. brasiliensis* aos 7 DAA e 90% aos 14 DAA (MONQUERO *et al.*, 2001). Em outro estudo, Monquero *et al.* (2005) relatou que os biótipos dessa mesma espécie não foram controlados, mesmo com as doses de 2160 g ha⁻¹ de e.a., atingindo controle próximo a 75% aos 28 DAA. Porém, nível de controle de 99,5% aos 28 DAA com 720 g ha⁻¹ de i.a. de glyphosate foi relatado por Vitorino *et al.* (2012), sendo superior aos demais herbicidas alternativos testados. Em trabalho com *Richardia scabra*, Reddy e Singh (1992), obtiveram níveis de controle superiores 94% com 500 e 1000 g ha⁻¹ de i.a.

Não foram encontrados na literatura, trabalhos investigaram a resposta da espécie *G. chodatiana* ao glyphosate. Em áreas de lavoura da região Sudoeste do Paraná, algumas populações desta espécie não são controladas mesmo com aplicações de doses muito elevadas de glyphosate (1440 g ha⁻¹ de e.a.) ou de sua associação com outros herbicidas, como o paraquat e o 2,4-D.

Para confirmar a ocorrência da resistência ou tolerância diferencial, é recomendada a realização de curvas de dose - resposta, as quais determinam a dose necessária para promover o controle de 50% a população (C₅₀) e a dose necessária para reduzir em 50% a produção de massa seca da população (GR₅₀) (GAZZIERO *et al.*, 2009). O conhecimento destas variáveis permite o cálculo do fator de resistência ou do fator de tolerância (FR ou FT), que se refere ao número de vezes que a dose é necessária para o controle da população resistente ou tolerante é maior do que a dose que causa o mesmo efeito na suscetível (HALL *et al.*, 1998).

A utilização de imagens digitais para avaliação de controle de plantas daninhas por herbicidas é ainda incipiente. São quase inexistentes na literatura trabalhos que relatem ou comparem a avaliação por meio dessa metodologia com o método empírico de avaliação visual de controle. A acuidade visual é proporcional ao logaritmo do estímulo, o que limita a capacidade do olho humano de diferenciar com precisão variações nas densidades de plantas ou sintomas de danos causados por herbicidas (COSTA *et al.*, 2012).

O uso de imagens digitais para avaliações de cobertura de solo, espectro de gotas de pulverização, estimativa de área foliar, entre outros, tem sido

ampliado nos últimos anos. Utilizando-se de imagens digitais e diferentes *softwares*, diversos autores realizaram estudos em variadas culturas, como por exemplo, café – *software* SIARCS (TAVARES JÚNIOR *et al.*, 2002), nastúrcio - *software* SIGMA SCAN PRO (LOPES *et al.*, 2007), soja - *software* SPRING (ADAMI *et al.*, 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os níveis de tolerância ao glyphosate de biótipos de *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. brasiliensis* por meio de curvas de dose-resposta e comparar dois métodos de avaliação de controle pelo herbicida.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Experimentos Preliminares

Dois experimentos preliminares foram realizados em casa de vegetação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, utilizando apenas um biótipo das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis* para investigar a amplitude de doses de glyphosate a ser utilizada no experimento definitivo. Os biótipos utilizados de ambas as espécies foram coletados em lavouras de soja localizadas na cidade de Renascença/PR. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

As sementes de *B. latifolia* foram submetidas à superação de dormência com aquecimento a 60°C por 30min e posterior imersão em KNO₃ 2% por 3h. Já *R. brasiliensis* não necessita de superação de dormência. As sementes foram postas para germinar em caixas gerbox com dupla camada de papel de germinação umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes seu peso seco. Foram preparados vasos de polietileno com capacidade de 5dm³ de solo do tipo Latossolo Vermelho distróferrico previamente peneirado, coletado na área experimental da UTFPR, livre de propágulos de espécies Rubiaceae. Aproximadamente 15 dias após a germinação foram transplantadas duas plântulas de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* para o experimento 1 e 2, respectivamente, e após 20 dias realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma plântula por vaso.

Quando as plantas estavam com seis a oito folhas totalmente expandidas, realizou-se a aplicação dos tratamentos nas doses de 0, 43, 73, 124,

211, 360, 612, 1040 e 1768 g ha⁻¹ de e.a. de glyphosate. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado por CO₂ a 43 lbf/pol², mantido à pressão constante, com pontas tipo leque 110.02, distanciados entre si de 0,50m em barra com 1,5m de largura, totalizando volume de calda de 200L ha⁻¹.

Aos 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foram realizadas avaliações de controle visual baseadas na escala proposta por Frans *et al.* (1986) onde 0 representa efeito nulo de sintomas de herbicidas sobre as plantas e 100% representa morte das plantas. Após a última avaliação, realizou-se a coleta das plantas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), com posterior secagem das mesmas em estufa com circulação de ar forçada a 60°C, até atingir massa constante.

Os dados coletados foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro com o auxílio do programa Winstat (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2005). A relação entre níveis de fator quantitativo e variáveis resposta foi ajustada por regressão não linear com o auxílio do programa Sigmaplot 10.0.

4.4.2 Experimentos Definitivos

Três experimentos definitivos foram realizados em casa de vegetação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, entre os meses de janeiro e abril de 2014. Em cada experimento implantou-se uma espécie daninha, *B. latifolia*, *G. chodatiana* ou *R. brasiliensis*. Os biótipos utilizados de cada uma das espécies e seus respectivos locais de coleta estão listados na Tabela 01. Os mesmos foram coletados em lavouras de soja, com histórico de utilização do herbicida glyphosate e que apresentavam alta infestação das espécies. O biótipo considerado sensível de *R. brasiliensis* foi coletado em uma área sem histórico de utilização do herbicida glyphosate. O biótipo sensível de *B. latifolia* foi adquirido junto à empresa Cosmos Agrícola Ltda., de São Paulo/SP. Já para *G. chodatiana* não foi utilizado um biótipo sensível por ter sido encontrada e utilizada somente uma população da espécie.

Tabela 1- Identificação dos biótipos de *B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana* utilizados nos experimentos com seus respectivos locais de coleta. UTFPR, Pato Branco - PR, 2013.

Espécie	Identificação do Biótipo	Local da Coleta
<i>Borreria latifolia</i>	263	São João/PR
	277	Renascença/PR
	280	Renascença/PR
	283	Pato Branco/PR
	284	Pato Branco/PR
	285	Itapejara D' oeste/PR
	287	Itapejara D' oeste/PR
	296	Rio Bonito do Iguaçu/PR
	300	Mariópolis/PR
	302	Pato Branco/PR
		Donato
	Major Oliveira	Major Oliveira/SC
	Papanduva	Papanduva/SC
	São Paulo*	São Paulo – Cosmos Agrícola
<i>Richardia brasiliensis</i>	271*	São João/PR
	277	Renascença/PR
	283	Pato Branco/PR
	285	Itapejara D' oeste/PR
	291	Nova Prata do Iguaçu/PR
	295	Rio Bonito do Iguaçu/PR
	Alvorada 2	Alvorada do Sul/PR
	Embrapa	Londrina/PR
	Major Oliveira	Major Oliveira/SC
	Papanduva	Papanduva/SC
	São Paulo – Cosmos	São Paulo/SP
<i>Galianthe chodatiana</i>	Galianthe	Renascença/PR

* Biótipo considerado como sensível ao herbicida glyphosate

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Para *B. latifolia*, o experimento foi arranjado em esquema fatorial 14 X 6 em que o primeiro fator foi representado pelos biótipos utilizados (Tabela 1) e o segundo fator pelas doses do herbicida glyphosate (0, 74, 163, 360, 792 e 1742 g e.a. ha⁻¹). Para *R. brasiliensis*, o experimento foi arranjado em esquema fatorial 11 X 6, em que o primeiro fator foi representado pelos biótipos utilizados (Tabela 1) e o segundo pelas mesmas doses de glyphosate referidas acima. Para *G. chodatiana*, avaliou-se a resposta do único biótipo coletado às mesmas doses de glyphosate utilizadas para as outras duas espécies.

As sementes de *B. latifolia* foram submetidas à superação de dormência com aquecimento a 60°C por 30min e posterior imersão em nitrato de potássio 2% por 3h. Já as sementes de *G. chodatiana* foram submetidas à superação de dormência com aquecimento a 60°C por 30min com posterior

aplicação de solução de ácido giberélico 400ppm aplicado no papel de germinação do gerbox. *R. brasiliensis* não necessita de superação de dormência. As sementes então foram postas para germinar em caixas gerbox com dupla camada de papel de germinação umedecido com água destilada (exceto para *G. chodatiana*, que recebeu a solução de ácido giberélico). Aproximadamente 15 dias após a germinação foram transplantadas duas plântulas de *B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana* para os experimentos 1, 2 e 3, respectivamente, em vasos de polietileno com capacidade de 5dm³ de solo do tipo Latossolo Vermelho distróferrico previamente peneirado, coletado na área experimental da UTFPR, livre de propágulos de espécies Rubiaceae. Após 20 dias realizou-se o desbaste, deixando apenas uma plântula por vaso.

Quando as plantas estavam com seis a oito folhas totalmente expandidas aplicou-se o glyphosate. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado por CO₂ a 43 lbf/pol² acoplado a esse uma barra de 1m de largura, com pontas do tipo leque 110.02, distanciados entre si de 0,50m, em barra com 1,5m de largura, totalizando volume de calda de 200L ha⁻¹.

As condições meteorológicas no início e final das aplicações foram as seguintes: temperatura do ar (T°C): 24 e 21,8; umidade relativa do ar (UR%): 84 e 88,6.

Aos 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos foram realizadas avaliações de controle visual baseadas na escala proposta por Frans *et al.* (1986) onde 0 representa efeito nulo de sintomas de herbicidas sobre as plantas e 100% representa morte das plantas. Logo após as avaliações efetuou-se o registro da imagem de cada unidade experimental, por meio de câmera digital Canon, modelo PowerShot SX50 HS, fixada em um tripé fotográfico adaptado, com o objetivo de padronizar a distância focal entre a câmera e a unidade experimental. Entre a câmera e o local onde os vasos foram posicionados, foi fixado no tripé um quadrado metálico de 25 cm de lado, forrado com um tecido preto. No centro deste, realizou-se um corte em formato de círculo de mesmo diâmetro do bocal dos vasos, para delimitar a área de interesse e assim, evitar imagens que abrangessem algo além das plantas em estudo. Posteriormente, as imagens foram processadas com o software "ImageJ". No programa, realizou-se a separação dos canais de cores no padrão RGB (Red, Green and Blue). Selecionou-se o canal verde e realizou-se a transformação dos pixels verdes de cada imagem em pixels brancos ajustando o valor do limiar

ótimo “t” (threshold). Por meio deste limiar, foi classificada e obtida uma nova imagem binarizada (área vegetal anteriormente da cor verde transformada na cor branca e fundo na cor preta). A partir de então, por meio do histograma de pixels, foi registrado o número de pixels brancos.

Após a última avaliação (28 DAA) realizou-se a coleta da parte aérea das plantas, com posterior secagem das mesmas em estufa com circulação de ar forçada a 60°C, até atingir massa constante e a quantificação da massa seca da parte aérea (MSPA).

Os dados de controle visual foram transformados para 100-% de controle e para os pixels foi atribuído 100 para testemunha (Dose 0) e os demais tratamentos foram calculados como percentagem em relação à testemunha. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância dos resultados pelo teste F a 5% de probabilidade de erro com o auxílio do programa Winstat (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2005). A relação entre níveis de fator quantitativo e variáveis resposta foi ajustada por regressão não linear, com o auxílio do programa Sigmaplot 10.0. Por meio dos modelos ajustados foram calculados os valores de C_{50} (dose necessária para atingir 50% de controle) e GR_{50} (Dose necessária para reduzir em 50% a MSPA) para cada espécie.

A partir dos valores de GR_{50} e C_{50} estimados pelo programa obtiveram-se os fatores de tolerância (FT) para cada biótipo. Calculou-se o FT por meio do quociente do GR_{50} ou do C_{50} de cada biótipo pelo GR_{50} ou C_{50} do biótipo considerado como suscetível ao herbicida. Esse fator representa um índice comparativo do biótipo de maior tolerância, em relação ao biótipo de menor tolerância (HALL *et al.*, 1998; DIAS *et al.*, 2003). Pelas equações ajustadas foram calculadas também o C_{50} ou GR_{50} e o C_{80} ou GR_{80} , com o auxílio da planilha eletrônica Excel[®]. Realizou-se também a análise da correlação de Pearson entre os dados de reduções de controle, do número de pixels e da MSPA com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Curvas Dose-Resposta Preliminares

Houve interação significativa entre biótipo e doses nas duas avaliações, tanto para *B. latifolia* quanto para *R. brasiliensis*. O glyphosate controlou eficientemente *B. latifolia* (Figura 19A) e *R. brasiliensis* (Figura 19C) aos 14 DAA. No entanto, a dose necessária para se obter controle satisfatório (acima de 80%) foi distinta entre as duas espécies. Para *B. latifolia*, controle acima de 80% foi obtido com aproximadamente 612 g ha⁻¹ de e.a., enquanto que para *R. brasiliensis* foi necessário em torno de 1040 g ha⁻¹ de e.a para nível de controle semelhante.

Aos 28 DAA observou-se um nível de controle satisfatório com 360 g ha⁻¹ de e.a para *B. latifolia*. Porém, para se obter controle total foram necessárias, aproximadamente 1040 g ha⁻¹ de e.a. (Figura 19B). Para *R. brasiliensis* somente foi obtido controle total com a maior dose utilizada (1768 g ha⁻¹ de e.a.); contudo já se observa um controle satisfatório com 612 g ha⁻¹ de e.a. (Figura 19D) que está próxima à dose recomendada comercialmente e mais utilizada pelos agricultores para o controle da espécie.

Com o objetivo de verificar o efeito da associação de diferentes herbicidas com glyphosate para o controle de *Commelina benghalensis* e *B. latifolia*, Ramires *et al.* (2011) observaram que a aplicação isolada de duas doses de glyphosate atingiram 100% de controle aos 7 DAA para *B. latifolia*, não apresentando diferença em relação aos resultados apresentados pelas misturas.

Dados contraditórios aos encontrados neste estudo para *R. brasiliensis* foram obtidos por Sharma e Singh (2001), que observaram que o uso isolado de glyphosate na dose 770 g ha⁻¹ de i.a para o controle de *R. brasiliensis* apresentou baixa eficiência, tendo atingido no máximo 14% de controle, quando o mesmo foi aplicado isoladamente. Da mesma forma, Cechin *et al.* (2012), observaram controle de apenas 17% aos 21 DAA, com 2880 g ha⁻¹ de i.a de glyphosate.

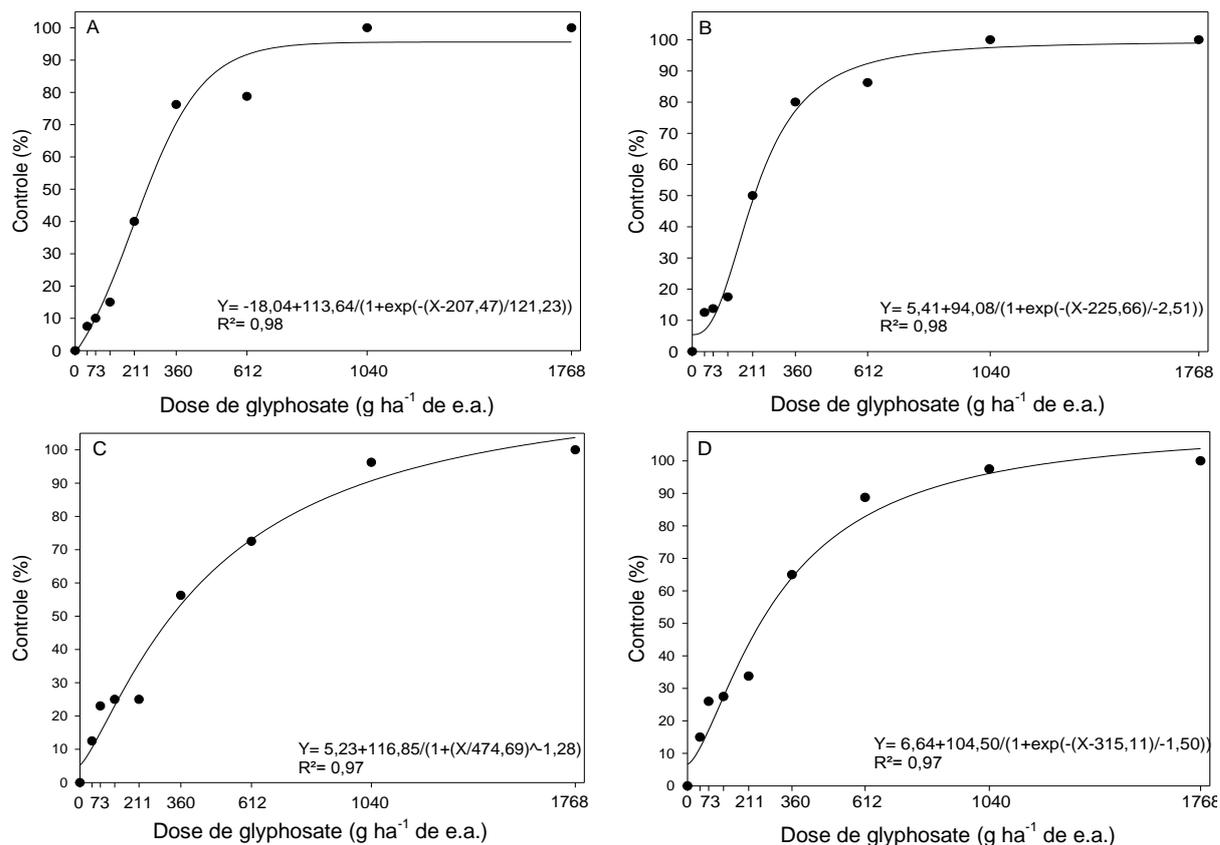


Figura 19- Controle de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 (A) e 28 DAA (B) e *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 (C) e 28 DAA (D) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

As diferenças de controle observados nas duas espécies foram refletidas na avaliação da MSPA. Para a espécie *B. latifolia* observou-se 90% de redução da MSPA com 612 g ha⁻¹ de e.a. (Figura 20A), enquanto que para *R. brasiliensis*, foram necessárias 1040 g ha⁻¹ de e.a. para atingir o mesmo percentual de redução.

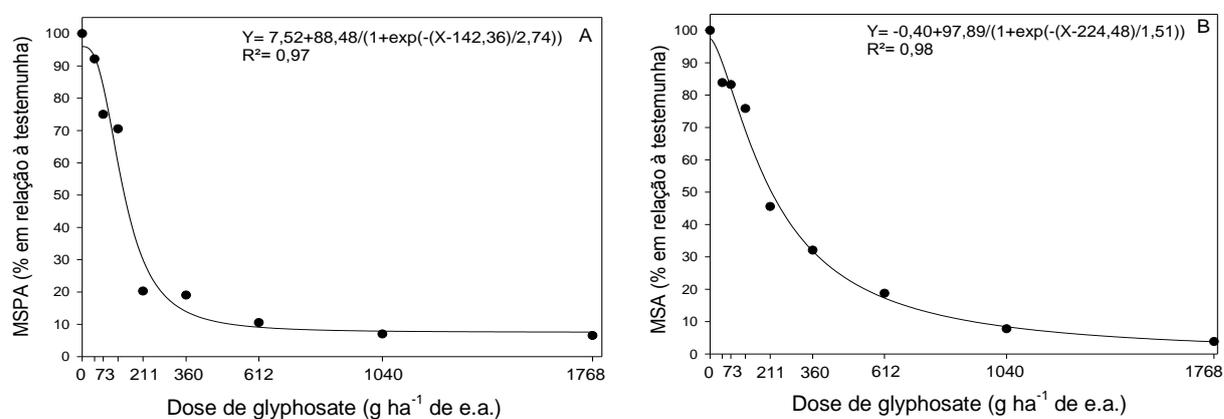


Figura 20 - Redução da massa seca da parte aérea de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. (A) e *Richardia brasiliensis* Gomes (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Deste modo, fica evidente a existência de variabilidade na resposta ao glyphosate entre as duas espécies utilizadas no estudo. Também foi possível definir a amplitude de doses que seriam utilizadas em experimentos posteriores.

4.5.2 Curvas Dose-Resposta Definitivas

4.5.2.1 Controle de *Borreria latifolia*

A interação biótipos e dose foi significativa ($p < 0,05$) para todas as variáveis avaliadas em *B. latifolia*. Aos 14 DAA houve grande variabilidade de resposta dos biótipos frente às doses de glyphosate utilizadas (Figura 21A). No entanto, os níveis de controle com 792 g ha⁻¹ de e.a. (dose superior à usualmente utilizada nas lavouras, de 720 g ha⁻¹ de e.a.) dos biótipos 287, 277 e 300 foram os mais baixos, atingindo apenas 42 e 74%, respectivamente. As menores doses utilizadas (74 e 163 g ha⁻¹ de e.a.) proporcionaram baixos níveis de controle para todos os biótipos testados, atingindo no máximo 45%. Já a dose de 360 g ha⁻¹ de e.a. de glyphosate foi discriminadora da resposta dos biótipos. Nesta dose, o biótipo São Paulo apresentou 100% de controle, enquanto que os níveis de controle dos biótipos 283, 277 e 300 se situaram entre 15 e 25%.

Houve considerável incremento no controle dos biótipos testados aos 28 DAA (Figura 21B). O biótipo 287 foi o que atingiu os menores níveis de controle nas doses de 792 e 1742 g ha⁻¹ de e.a., de 74 e 95%, respectivamente e a dose de 360 g ha⁻¹ de e.a. foi diferencial entre todos os testados. Os biótipos 287, 283, 285 e 300 destacaram-se pela maior tolerância ao glyphosate.

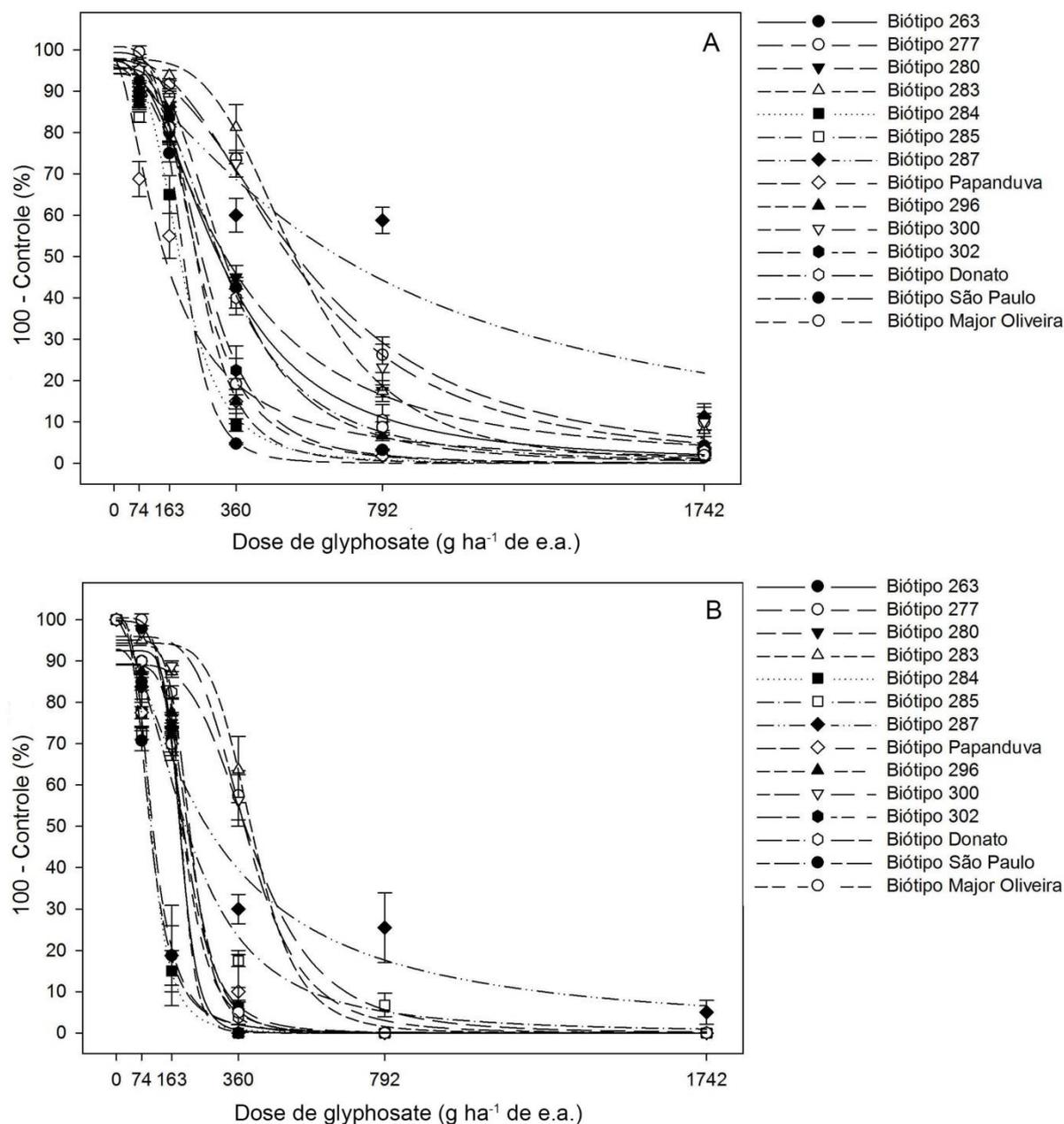


Figura 21 - Controle (100 – controle) de biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

A correlação entre os métodos distintos de cálculo do C_{50} aos 14 DAA foi alta (0,99) (Tabela 2). Os biótipos que apresentaram os maiores valores de C_{50} , estimados pelo programa Excel foram o 277, 283, 287 e 300; cujos valores foram superiores a 500 g ha^{-1} de e.a. Para C_{80} , os mesmos biótipos se destacaram; contudo o biótipo 287 apresentou um valor de C_{80} superior à maior dose testada, diferenciando-se dos demais. Os biótipos que apresentaram os menores valores,

tanto de C_{50} como de C_{80} , foram o 284, Papanduva e São Paulo, com valores inferiores a 200 e 350 g ha⁻¹ de e.a., respectivamente.

Tabela 2 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para o controle dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50} **	C_{80} **
	A	B	$X0(C_{50})^*$	R ²		
263	97,28	2,23	316,24	0,99	308	579
277	95,69	2,38	560,87	0,99	540	981
280	97,52	1,87	336,48	0,99	327	694
283	97,68	3,76	540,45	0,99	533	775
284	95,87	3,40	198,54	0,99	193	293
285	94,20	2,76	326,18	0,98	311	524
287	96,40	1,35	702,31	0,92	664	>1742
Papanduva	97,84	1,65	153,89	0,98	149	350
296	94,32	4,37	249,45	0,98	242	336
300	97,82	2,48	527,80	0,99	518	912
302	97,40	3,51	262,71	0,99	258	386
Donato	99,29	3,00	326,06	0,99	324	516
São Paulo ²	95,32	5,20	208,79	0,99	204	269
M. Oliveira	100,73	3,46	243,34	0,99	244	364

¹Equação logística de três parâmetros. ²Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona 50% de controle, C_{80} = Dose que proporciona 80% de controle. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel[®].

A correlação entre os métodos distintos de cálculo do C_{50} aos 28 DAA foi alta (0,99) (Tabela 3). Os biótipos que apresentaram os maiores valores de C_{50} , estimados por meio do programa Excel foram o 277, 283, 287 e 300, com valores superiores a 500 g ha⁻¹ de e.a. Para C_{80} , os mesmos biótipos se destacaram, porém o biótipo 287 apresentou C_{80} superior a maior dose testada. Novamente, destaca-se o biótipo 287, que foi o único que necessitou a dose usualmente utilizada nas lavouras (720 g ha⁻¹ de e.a.) para obtenção de 80% de controle, o que indica que a utilização dessa dose não resultaria no controle total da planta daninha. Por outro lado, os biótipos São Paulo, Papanduva e 284 necessitaram de apenas 100 g ha⁻¹ de e.a. para atingir 50% de controle.

Os fatores de tolerância (FT) dos biótipos 277, 283 e 300, calculados com base no C_{50} , (Tabela 3) situaram-se próximos a 4,0, significando que esses biótipos necessitaram de quatro vezes a dose do biótipo suscetível (São Paulo) necessária para se atingir 50% de controle das plantas. Os demais biótipos, excluindo-se o 263, Papanduva, 284 e 296, apresentaram um FT superior a 2,0.

Tabela 3 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} , C_{80} e Fator de tolerância (FT) para o controle dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50}^{**}	C_{80}^{**}	FT
	A	B	$X0(C_{50})^{**}$	R^2			
263	92,55	7,68	190,65	0,99	186	225	1,9
277	89,27	4,02	403,73	0,96	380	549	4,1
280	89,03	5,51	219,58	0,97	209	274	2,2
283	94,34	6,13	405,16	0,99	397	501	4,1
284	99,98	3,78	102,75	0,99	102	148	1,0
285	92,84	2,21	219,60	0,96	204	394	2,2
287	100,05	1,42	267,09	0,97	267	709	2,7
Papanduva	100,43	3,19	106,76	0,99	107	165	1,1
296	93,76	9,29	192,82	0,99	190	221	1,9
300	95,93	4,76	384,80	0,99	378	509	3,9
302	99,65	4,43	197,80	0,99	197	270	2,0
Donato	95,09	6,35	218,91	0,99	215	269	2,2
São Paulo ²	99,92	3,03	99,41	0,99	99	157	1
M. Oliveira	100,47	4,80	193,90	0,99	193	259	2,0

¹Equação logística de três parâmetros. ²Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona 50% de controle, C_{80} = Dose que proporciona 80% de controle. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel[®].

Os resultados observados para massa seca da parte aérea (MSPA) reforçam os dados apresentado para o controle visual, com elevada variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos de *B. latifolia*. Houve redução expressiva da MSPA com o incremento das doses de glyphosate (Figura 22). No entanto, os biótipos 277, 283 e 300 destacaram-se pelas menores reduções de MSPA, de 79, 79 e 81%, respectivamente, com a maior dose utilizada. Por outro lado, observa-se que os biótipos São Paulo e 285, apresentaram 90% de redução da MSPA com apenas 163 g ha⁻¹ de e.a., evidenciando sua suscetibilidade ao glyphosate.

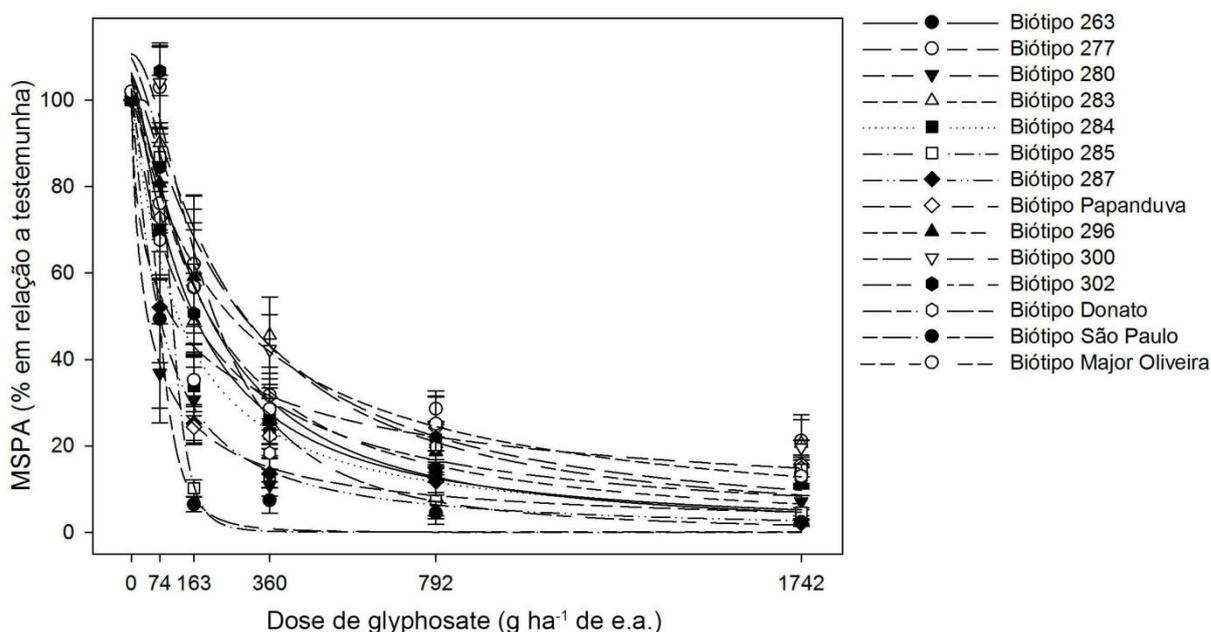


Figura 22 - Redução da massa seca da parte aérea de biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta às doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

O coeficiente de correlação entre os valores de GR_{50} calculados pelos dois métodos distintos foi elevado (0,99). Os valores estimados de GR_{50} variaram entre 42 e 294 g e.a. ha^{-1} e os de GR_{80} entre 115 e 1033 g ha^{-1} de e.a. (Tabela 4). Os biótipos mais sensíveis e que apresentaram os menores GR_{50} e GR_{80} foram o 280, São Paulo e 287. Por outro lado, os biótipos 277, 300, Papanduva e 283 necessitaram das maiores doses para redução de 80% da MSPA (GR_{80}), com doses acima de 800 g ha^{-1} de e.a., superiores às usualmente utilizadas em lavouras comerciais. Cabe destacar que o biótipo Papanduva, apesar de apresentar um GR_{50} baixo (103 g ha^{-1} de e.a.), necessita de 954 g ha^{-1} de e.a. para se ter 80% de redução da MSPA, ou seja, é necessário um incremento de 900% da dose para um aumento de 60% na redução da MSPA.

A correlação entre os FT's calculados por meio do controle visual aos 28 DAA e MSPA foi de 0,70. Os FT's calculados por meio da MSPA foram ligeiramente inferiores aos calculados pela variável controle, mas os FT's obtidos por de ambas as variáveis permitiram a identificação dos biótipos mais tolerantes. Nenhum biótipo apresentou FT menor que 1, ou seja, o biótipo que foi considerado como suscetível, foi efetivamente o mais sensível ao herbicida glyphosate, dentre os estudados.

A comprovação da resistência de biótipos de plantas daninhas aos herbicidas por meio de experimentos de casa-de-vegetação apresenta diversas vanta-

gens em relação a outros métodos de detecção; porém, existem aspectos negativos de seu uso (TRUELOVE; HENSLEY, 1982). Dentre as desvantagens destaca-se que os mecanismos de resistência das plantas não são determinados por este tipo de experimento (CHRISTOFFOLETI, 2002). Segundo Lacerda e Victoria Filho (2004) considera-se que ocorre resistência quando um biótipo resiste a duas vezes ou mais a dose que normalmente controla os biótipos suscetíveis. No entanto, a classificação mais utilizada para considerar a resistência é que a dose recomendada na bula do herbicida não controle os biótipos ou populações da espécie. As doses de glyphosate (em gramas de equivalente ácido) nos diferentes produtos recomendadas para o controle de *B. latifolia* vão de 1440 a 1800 (AGROFIT, 2015).

No geral, o biótipo de *B. latifolia* 287 foi o mais tolerante entre os testados. O controle aos 28 DAA para a maior dose utilizada (1742 g ha^{-1} de e.a.) atingiu média de 92% sem causar a morte das plantas, apesar da expressiva redução 96% da massa seca. O C_{50} aos 28 DAA foi de 267 e o C_{80} de 709 g ha^{-1} de e.a. para controle e C_{50} de 116 e C_{80} de 250 para número de pixels. O GR_{80} foi de 249 g ha^{-1} de e.a. Desta forma, observou-se que o biótipo não foi controlado totalmente com a dose de 1742 g ha^{-1} de e.a., evidenciando a elevada tolerância ao herbicida glyphosate do mesmo, apesar dos elevados valores de controle e de massa seca. Porém, devido aos parâmetros atualmente estabelecidos citados acima, não é possível enquadrá-lo como resistente.

Pesquisas indicam que o controle da espécie *B. latifolia* é variável, pois depende principalmente da dose de glyphosate empregada e do estágio de desenvolvimento das plantas. Foram necessárias doses acima de 720 g ha^{-1} de i.a. para se conseguir um controle próximo a 90% em *B. latifolia*, demonstrando que essa espécie apresenta sensibilidade intermediária às doses de glyphosate (LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004). No trabalho realizado por Zarpellon *et al.* (2012), o controle de *B. latifolia* foi de apenas 66% com dose de $2880 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de glyphosate aos 21 DAA, sendo que os autores relatam a existência de rebrote a partir desta avaliação. Aplicações de 960 g ha^{-1} de i.a. de glyphosate em plântulas de *B. latifolia* com 1-3 e 4-6 folhas resultaram em níveis de controle de 100 e 81,3%, respectivamente, demonstrando a importância do estágio de desenvolvimento para se atingir bons níveis de controle (RAMIRES *et al.*, 2011).

Martins (2008) relata em relação ao controle de *Borreria densiflora* var. *latifolia*, de que as plantas são mais sensíveis ao glyphosate até o estágio de, no

máximo, três pares de folhas, tornando-se tolerantes no estágio de 4-5 pares de folhas e posteriores, levando então, ao insucesso no controle, sendo que em seu trabalho atingiu 87,5% de controle com 1080 g ha⁻¹ de i.a.

No trabalho de Galon *et al.* (2013), pode-se inferir que a espécie *B. latifolia* apresentou menor translocação do glyphosate, sendo que aproximadamente 89% do produto aspergido permaneceu na folha 72 horas após a aplicação, e apenas 2% do herbicida atingiu as raízes. Assim sendo hipotetiza-se que este poderia ser um dos mecanismos que proporcionam maior tolerância ao herbicida. Já em *Ipomoea nil* os mesmos autores observaram que ocorreu translocação eficiente do glyphosate e que o mecanismo de tolerância poderia estar associado à metabolização ou exsudação do produto, devido à grande quantidade de herbicida que atingiu as raízes da espécie. Segundo Monquero *et al.* (2004), a interferência na absorção do herbicida de plantas tolerantes ao glyphosate ocorre porque o herbicida é altamente hidrofílico e as ceras epicuticulares têm em geral composição hidrofóbica.

Tabela 4 - Parâmetros das equações ajustadas, GR₅₀, GR₈₀ e Fator de tolerância (FT) para MSPA dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				GR ₅₀ **	GR ₈₀ **	FT
	A	B	X0(GR ₅₀)*	R ²			
263	101,67	1,39	196,57	0,98	201	541	2,7
277	106,28	1,22	264,52	0,91	291	876	3,7
280	99,94	0,81	42,50	0,99	42	235	0,6
283	102,58	0,99	246,59	0,93	259	1033	3,4
284	101,12	1,08	119,32	0,97	121	436	1,7
285	100,18	5,01	106,91	0,97	107	141	1,5
287	100,22	1,14	73,62	0,99	74	249	1,0
Papanduva	101,34	0,62	99,26	0,91	103	954	1,4
296	105,76	1,21	184,83	0,98	202	614	2,6
300	109,78	1,30	256,78	0,94	294	815	3,6
302	110,65	1,92	196,40	0,88	217	431	2,7
Donato	102,30	0,99	151,96	0,95	159	634	2,1
São Paulo ²	102,04	3,03	72,21	0,99	73	115	1
M. Oliveira	103,45	0,89	138,67	0,94	149	690	1,9

¹Equação logística de três parâmetros. ²Biótipo considerado sensível A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, GR₅₀= Dose que proporciona 50% de redução da MSPA, GR₈₀= Dose que proporciona 80% de redução da MSPA. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel[®].

4.5.2.2 Controle de *Richardia brasiliensis*

Houve significância ($p < 0,05$) da interação biótipos X dose para a variável controle nas três épocas e MSPA para a espécie *R. brasiliensis*. Aos 14 DAA, observou-se elevada diferenciação dos biótipos de *R. brasiliensis* (Figura 23A). Os biótipos que apresentaram os menores níveis de controle foram o 283, Papanduva e Major Oliveira com 20, 50 e 60% de controle na maior dose utilizada. Na dose de 792 g ha⁻¹ de e.a., ainda pode-se incluir os biótipos Alvorada 2 e 295 além dos já citados que apresentaram controle deficiente (abaixo de 50%). O biótipo 271 foi controlado eficientemente (80%) com a dose de 360 g ha⁻¹ de e.a., sendo que para a mesma dose, o biótipo 283 apresentou apenas 10% de controle. Os demais biótipos apresentaram níveis de controle entre 25 e 45%. É importante destacar que o biótipo 271 foi coletado em área sem histórico de aplicação de glyphosate, o que indica efeito da pressão de seleção do herbicida sobre os demais biótipos.

Aos 28 DAA, houve incremento significativo nos níveis de controle e redução das diferenças entre biótipos (Figura 23B). Os biótipos 283 e Papanduva apresentaram menores níveis de controle quando comparados aos demais na dose de 792 g e.a. ha⁻¹ totalizando 53 e 73%, respectivamente. A maior dose utilizada resultou em níveis de controle dos biótipos 283, Embrapa, Papanduva, 277 e 285 de 79, 93, 93, 95 e 97%, respectivamente, e determinando a morte dos demais. O biótipo sensível apresentou 85% de controle com a dose de 163 g e.a. ha⁻¹ e 100% de controle com a dose de 360 g e.a. ha⁻¹. A dose de 360 g e.a. ha⁻¹, foi a que provocou a maior diferenciação entre os biótipos, promovendo apenas 25% de controle do biótipo mais tolerante e 100% do mais sensível.

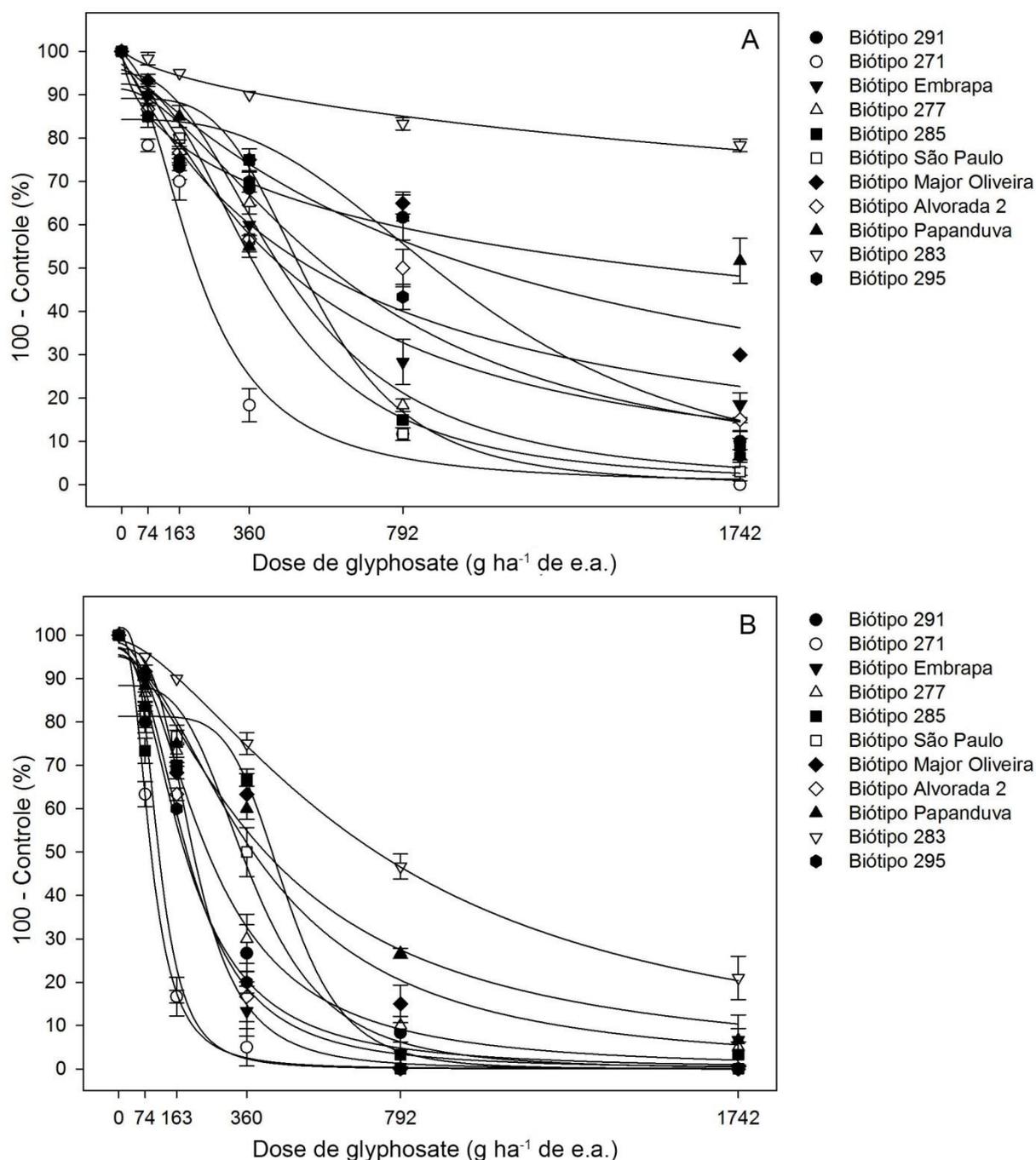


Figura 23 - Controle (100 – controle) de biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 DAA (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

A correlação (0,99) entre as duas formas de cálculo do C_{50} aos 14 e 28 DAA foi elevada e significativa. Considerando os índices estimados pelo Excel, aos 14 DAA observam-se valores de C_{50} superiores a 1000 g ha^{-1} de e.a. para os biótipos Major Oliveira, Papanduva e 283 (Tabela 5). Além desses, o Alvorada 2 também apresentou C_{80} superior à maior dose utilizada. Incluem-se no grupo dos mais tolerantes (C_{80} acima de 1000) os biótipos 291, Embrapa e 295. O biótipo 271,

considerado suscetível, apresentou os menores valores de C_{50} e C_{80} , com 209 e 415 g ha^{-1} de e.a., respectivamente. Aos 28 DAA, os biótipos que apresentaram os maiores valores de C_{50} calculados pelo Excel foram o Papanduva, 285 e 283, com destaque para o último que necessitou 724 g ha^{-1} de e.a. (acima da dose usualmente utilizada nas lavouras) para provocar 50% de controle. Este mesmo biótipo apresentou um C_{80} superior a maior dose utilizada no experimento, enquanto que o biótipo 271, considerado sensível, necessitou de apenas 153 g ha^{-1} de e.a., para provocar o mesmo efeito.

Tabela 5 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para o controle dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50}^{**}	C_{80}^{**}
	A	B	$X0(C_{50})^*$	R^2		
291	84,29	2,81	1004,59	0,88	878	1522
271 ²	95,80	2,09	219,70	0,97	209	415
Embrapa	99,63	1,31	460,56	0,99	458	1322
277	94,88	2,39	470,86	0,99	450	818
285	89,13	3,78	538,29	0,96	504	747
São Paulo	92,51	2,42	406,48	0,98	380	692
M. Oliveira	97,05	1,07	1071,48	0,93	1012	>1742
Alvorada 2	98,63	1,05	551,27	0,96	536	>1742
Papanduva	101,67	0,56	1443,28	0,86	1531	>1742
283	100,82	0,63	1403,93	0,97	1440	>1742
295	91,28	1,70	654,41	0,95	584	1382

¹Equação logística de três parâmetros. ²Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona 50% de controle, C_{80} = Dose que proporciona 80% de controle. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel[®].

As doses de glyphosate (em gramas de equivalente ácido por hectare) recomendadas para o controle de *R. brasiliensis* nos diferentes produtos comerciais disponíveis no mercado ficam entre 1080 a 1800 (AGROFIT, 2015).

Em suma, o biótipo de *R. brasiliensis* mais tolerante foi o 283, com média de controle de 75 e 80% de redução da massa seca em relação à testemunha, na dose de 1742 g ha^{-1} de e.a. aos 28 DAA. Com base nesses dados, o C_{50} foi de 724 e um C_{80} maior que 1742 g ha^{-1} de e.a. Além disso, na análise de número de pixels, o C_{50} foi de 570 e C_{80} de 1593 g ha^{-1} de e.a. Levando-se em consideração que o biótipo 283 não foi controlado com a maior dose utilizada no experimento (1742 g ha^{-1} de e.a.), evidencia-se a elevada tolerância do mesmo ao herbicida

glyphosate; contudo não é possível enquadrá-lo como resistente, devido aos parâmetros atualmente aceitos, conforme observado também para *B. latifolia*.

A maior tolerância apresentada pelo biótipo 283 de *R. brasiliensis* é semelhante à demonstrada pelo biótipo utilizado no estudo de Monquero *et al.* (2005) ao observarem que, mesmo as maiores doses de glyphosate (2160 g ha⁻¹ de e.a.) não controlaram de maneira eficiente esta planta daninha em fase adulta, sendo que o controle permaneceu menor que 80% aos 28 DAA. O uso isolado de glyphosate na dose 770 g ha⁻¹ de i.a, para o controle de *R. brasiliensis* apresentou baixa eficiência, tendo atingido no máximo de 14% de controle (SHARMA; SINGH, 2001). Resultados semelhantes foram observados por Cechin *et al.* (2012), que relataram controle de 17% aos 21 DAA, com 2880 g ha⁻¹ de e.a. de glyphosate.

No entanto, no trabalho de Monquero *et al.* (2001), quando glyphosate foi aplicado isoladamente na dose de 420 g ha⁻¹ de e.a., o controle de *R. brasiliensis* foi de 60% aos 7 DAA e 90% aos 14 DAA, indicando a suscetibilidade desta espécie, quando o herbicida é aplicado em condições de pós-emergência inicial da planta daninha. Controle de 99,5% dessa planta daninha aos 28 DAA com 720 g i.a ha⁻¹ de glyphosate, superior aos demais herbicidas alternativos testados, foi constatado por Vitorino *et al.* (2012). Ao pesquisarem *Richardia scabra*, Reddy e Singh (1992) obtiveram nível de controle maior que 94% com 500 e 1000 g ha⁻¹ de i.a. de glyphosate.

Apesar de alguns trabalhos afirmarem que o estágio de desenvolvimento é o responsável pelas diferenças de controle, os dados observados no presente estudo demonstram que essa explicação é, em muitos casos, simplista. No presente trabalho foram utilizados diversos biótipos, que receberam a aplicação do herbicida no mesmo estágio de desenvolvimento (seis a oito folhas), em condições muito similares de ambiente. Assim, se o estágio de desenvolvimento fosse responsável pelas diferenças de respostas entre biótipos, os mesmos deveriam apresentar a mesma resposta, o que não foi observado. Provavelmente as diferenças de controle estejam relacionadas à variabilidade genética inerente às diferentes populações.

No Brasil, a tolerância de plantas daninhas ao glyphosate tem sido relatada em diversas espécies (DURIGAN *et al.*, 1988; SANTOS *et al.*, 2001; MONQUERO, 2005; CECHIN *et al.*, 2012). Entretanto, a razão para esta tolerância diferencial não é ainda totalmente compreendida. Vários trabalhos demonstram que a tolerância de plantas daninhas ao glyphosate é devido a penetração ou a translocação diferencial (D'ANIERI *et al.*, 1990; SANDBERG *et al.*, 1980). Satichivi *et al.*

(2000) observaram que a absorção foliar de ^{14}C -glyphosate, 72 horas após a aplicação foi maior na planta daninha *Setaria faberi* L. (43%) do que em *Abutilon theophrasti* (26%). A absorção e translocação diferencial de glyphosate foram citadas como a principal razão para a tolerância diferencial de plantas como *Apocynum cannabinum* L., *Asclepias syriaca* L. e *Abutilon theophrasti*, (WYRIL; BURNSIDE, 1976).

Monquero *et al.* (2004) concluíram que os mecanismos de tolerância de *C. benghalensis* ao glyphosate são a absorção e o metabolismo diferencial do herbicida ao se transformarem em AMPA (ácido aminometilfosfônico, principal metabólito do glyphosate em algumas plantas naturalmente tolerantes a este herbicida) e em *I. grandifolia*, a tolerância ocorre devido a uma menor translocação do herbicida. Pazuch (2013) concluiu que a tolerância ao glyphosate em *Ipomoea grandifolia* está associada à sua reduzida absorção e translocação e em *I. indivisa* e *I. purpurea* está associada à sua reduzida translocação nas plantas.

A campo, diversos outros fatores podem interferir na eficácia do herbicida e no controle das plantas daninhas, como o estágio de desenvolvimento das plantas no momento da aplicação, doses utilizadas, tecnologias de aplicação a fatores do ambiente no momento da aplicação ou mesmo ao tipo de adjuvante utilizado, dentre outros. Sharma e Singh (2001), observaram que a adição de um surfactante não iônico, incrementou o controle de *R. brasiliensis* pelo glyphosate de 14 para 85%.

Tabela 6 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} , C_{80} e Fator de tolerância (FT) para o controle dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50} **	C_{80} **	FT
	A	B	$X0(C_{50})^*$	R^2			
291	101,80	3,18	111,09	0,91	112	173	1,23
271 ²	100,07	2,64	90,56	0,99	90	153	1,00
Embrapa	96,86	3,29	213,75	0,99	209	321	2,36
277	98,21	2,00	254,57	0,99	250	503	2,81
285	81,29	5,62	468,71	0,93	431	572	5,18
São Paulo	88,42	3,42	372,64	0,97	345	533	4,11
M. Oliveira	95,05	1,88	398,89	0,95	377	806	4,40
Alvorada 2	95,47	2,39	199,46	0,98	191	347	2,20
Papanduva	96,94	1,52	429,80	0,98	412	1043	4,75
283	98,86	1,57	735,56	0,99	724	>1742	8,12
295	97,18	2,07	190,54	0,99	185	365	2,10

¹Equação logística de três parâmetros. ²Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona 50% de controle, C_{80} = Dose que proporciona 80% de controle. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel[®].

Os resultados de massa seca da parte aérea (MSPA) (Figura 24), reforçam os dados apresentado para o controle visual, com elevada variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos de *R. brasiliensis*. Houve redução expressiva da MSPA dos biótipos com o incremento das doses de glyphosate. Os biótipos Major Oliveira e 283 apresentaram menor redução de MSPA com o emprego da dose 792 g ha⁻¹ de e.a. de 66 e 73%, respectivamente, enquanto o biótipo sensível apresentou 92% de redução. Com o emprego da maior dose de glyphosate (1742 g e.a. ha⁻¹), os biótipos Papanduva e 283 apresentaram menor redução na MSPA, totalizando 84 e 76% e o biótipo sensível a maior redução, de 95%.

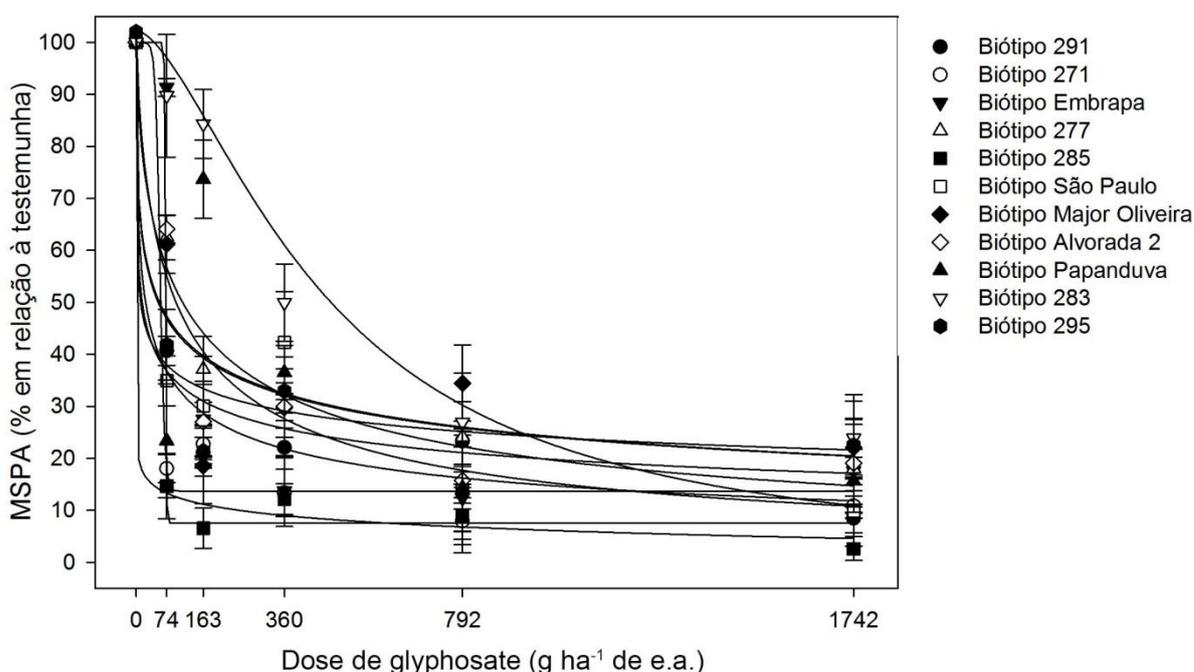


Figura 24 - Redução da massa seca da parte aérea de biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

O coeficiente de correlação entre os valores de GR₅₀ calculados pelos dois métodos distintos foi elevado (0,99). Os valores estimados de GR₅₀ variaram entre 9 e 128 g ha⁻¹ de e.a. e os de GR₈₀ variaram entre 21 e >1742 g ha⁻¹ de e.a. (Tabela 7). Os biótipos São Paulo, Major Oliveira e Papanduva apresentaram um GR₈₀ superior a maior dose utilizada, ou seja, a mesma não foi capaz reduzir 80% da MSPA dos biótipos. Para efeito de comparação, o biótipo 271, considerado sensível apresentou GR₈₀ de apenas 21 g ha⁻¹ de e.a.

Tabela 7 - Parâmetros das equações ajustadas, GR₅₀, GR₈₀ e Fator de tolerância (FT) para MSPA dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros					GR ₅₀ **	GR ₈₀ **	FT
	A	B	X0(GR ₅₀)*	Y0	R ²			
291 ¹⁽³⁾	100,05	0,46	22,90	-	0,97	22	467	2,81
271 ²	-86,29	5,38	8,16	100,00	0,98	9	21	1,00
Embrapa ¹	101,96	3,43	127,46	-	0,93	128	192	15,62
277 ¹	100,46	0,64	111,04	-	0,97	112	977	13,61
285 ²	92,44	-1,08	71,32	7,56	0,99	72	74	8,74
São Paulo ¹	99,94	0,25	10,72	-	0,95	10	>1742	1,31
M. Oliveira ¹	100,33	0,39	52,66	-	0,85	53	>1742	6,45
Alvorada 2 ¹	102,70	0,72	90,09	-	0,93	96	647	11,04
Papanduva ¹	99,39	0,40	58,44	-	0,70	56	>1742	7,16
283 ¹	102,05	0,35	12,80	-	0,95	13	723	1,57
295 ¹	102,31	1,60	45,68	-	0,89	46	110	5,60

¹Equação logística de três parâmetros. ²Equação sigmoide de quatro parâmetros. ³Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, GR₅₀= Dose que proporciona 50% de redução da MSPA, GR₈₀= Dose que proporciona 80% de redução da MSPA. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

4.5.2.3 Controle de *Galianthe chodatiana*

Houve significância ($p < 0,05$) do fator doses para todas as variáveis avaliadas da espécie *G. chodatiana*. Os níveis de controle máximos de *G. chodatiana* aos 14 DAA foram baixos, entre 25 e 30% (Figura 25A), mesmo com a utilização da maior dose de glyphosate (1742 g ha⁻¹ de e.a.). Na avaliação efetuada aos 28 DAA (Figura 25B), observou-se controle de apenas 50% na maior dose utilizada e 30% em dose próxima à utilizada nas lavouras (792 g ha⁻¹ de e.a.).

Já em relação à MSPA (Figura 25C) observou-se que ocorreu redução acentuada que o observado para o controle visual. A dose de 792 g ha⁻¹ de e.a. promoveu redução de 30% na MSPA, enquanto a maior dose utilizada resultou em redução de aproximadamente 75%.

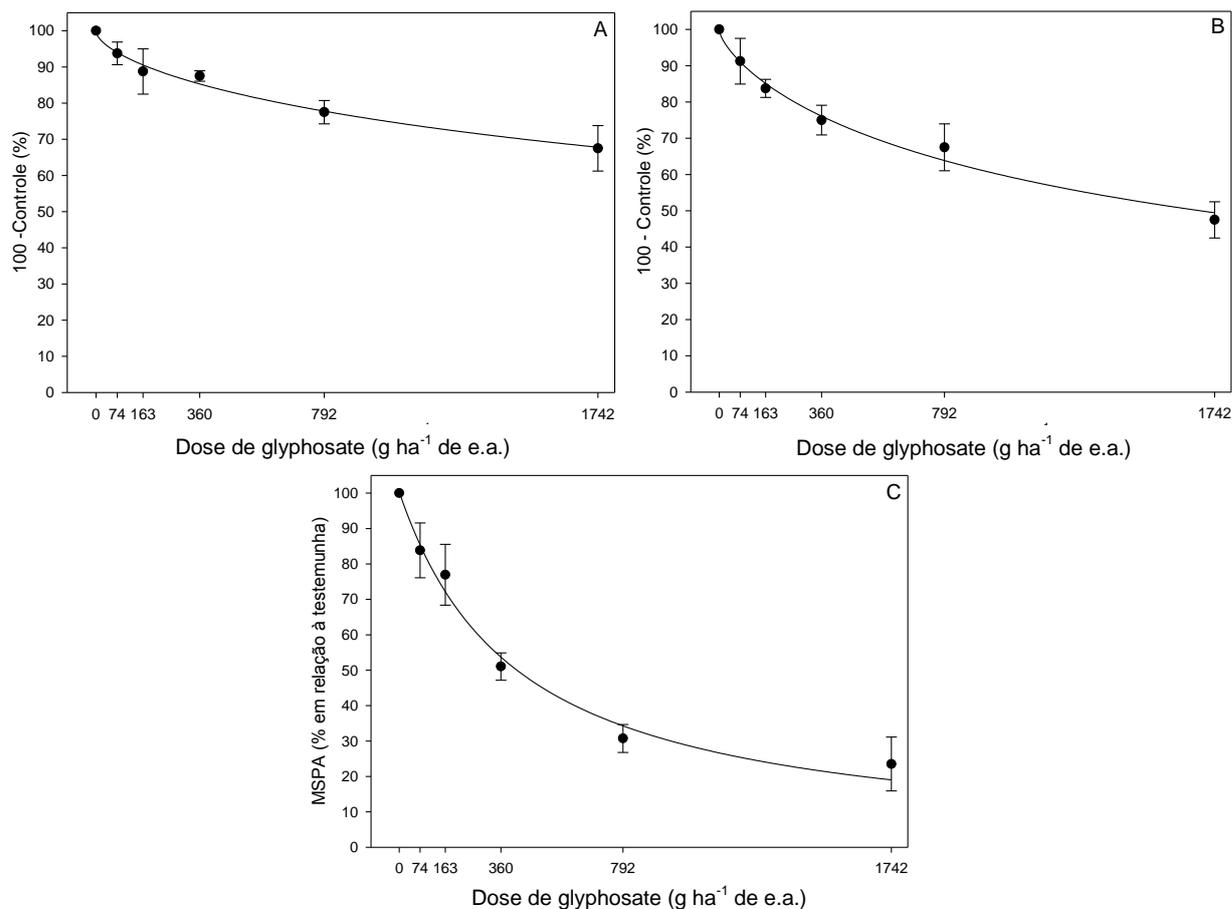


Figura 25 - Controle (100 – controle) de biótipos de *Galianthe chodatiana* (Stantl.) E.L. Cabral aos 14 (A) e 28 DAA (B) e redução da MSPA (C) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

Aos 14 DAA, o C_{50} e C_{80} calculados pela planilha eletrônica Excel foram superiores a maior dose utilizada no experimento (Tabela 8), como pode ser observado na figura 25. Aos 28 DAA, o C_{50} foi de 1692 g ha⁻¹ de e.a. bem próximo a maior dose, sendo que o C_{80} continuou acima do limite máximo utilizado. No entanto, com base na MSPA observou-se um GR_{50} de 416 g ha⁻¹ de e.a. e GR_{80} de 1639 g ha⁻¹ de e.a. Não foi possível calcular o fator de tolerância devido à existência de somente um biótipo da espécie.

Tabela 8 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para o controle dos biótipos de *Galianthe chodatiana* (Stantl.) E.L. Cabral aos 14 e 28 DAA e MSPA aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Avaliação	Parâmetros ¹				C_{50} **	C_{80} **
	A	B	$X0(C_{50})^*$	R^2		
14 DAA	99,62	0,65	5558,74	0,98	>1742	>1742
28 DAA	99,55	0,75	1712,11	0,98	1692	>1742
MSPA	100,35	1,01	413,62	0,98	416 ²	1639 ³

¹Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva. C_{50} = Dose que proporciona 50% de controle, C_{80} = Dose que proporciona 80% de controle ² GR_{50} = Dose que proporciona 50% de redução da MSPA, ³ GR_{80} = Dose que proporciona 80% de redução da MSPA. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

As diferenças observadas entre o controle visual e MSPA para *G. chodatiana* podem estar relacionadas à ausência de sintomas como clorose e necrose nas folhas das plantas da espécie no momento das avaliações, embora tenha ocorrido redução do desenvolvimento das plantas em estudo. Isso pode ter levado a atribuição de notas de controle mais baixas, posteriormente se refletindo em subestimação dos parâmetros C_{50} e C_{80} , em relação a GR_{50} e GR_{80} .

Os resultados obtidos demonstram que o biótipo estudado de *G. chodatiana* apresentou a maior tolerância ao herbicida glyphosate dentre as três espécies testadas. Esse fato pode estar relacionado ao seu ciclo de vida e modo de reprodução. Enquanto *B. latifolia* e *R. brasiliensis* apresentam ciclo anual e reprodução por sementes (MOREIRA; BRAGANÇA, 2010), *G. chodatiana* é perene e, além da reprodução via sementes, apresenta um sistema subterrâneo gemífero, também conhecido como rizoma, que constitui uma forma de propagação da espécie e, também, em sistema armazenador de nutrientes para viabilizar a sobrevivência da planta. De acordo com Hayashi (2003), a ocorrência de sistemas subterrâneos gemíferos está estritamente relacionada com a sobrevivência das espécies em condições desfavoráveis do ambiente, favorecendo a regeneração dos ramos aéreos e/ou a propagação vegetativa das plantas.

A dificuldade de controle do capim-amargoso (*Digitaria insularis* L.) também está relacionada à presença de rizomas. Em lavouras onde há presença de *D. insularis*, o glyphosate vem sendo aplicado repetidamente, observando-se controle ineficiente (MACHADO *et al.*, 2006). Acredita-se que os rizomas formados pelas plantas sejam ricos em amido, constituindo uma barreira para translocação do herbicida e fonte de reserva, permitindo rápida rebrota das plantas tratadas. De acordo com Tuffi Santos *et al.* (2004), a presença de amido em quantidade elevada pode ser responsável pela menor eficiência do glyphosate em *C. diffusa*, devido à menor translocação do herbicida no interior da planta, com menor quantidade acumulada no sítio de ação, possibilitando o desenvolvimento dos meristemas e a rebrota da parte aérea.

Os resultados descritos acima, atestam a grande variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos e entre as três espécies estudadas, em especial para *B. latifolia* e *R. brasiliensis*. A variabilidade de resposta entre biótipos da mesma espécie pode ser atribuída aos processos de seleção que as populações de plantas daninhas foram e estão sendo submetidas. Apesar de o herbicida glyphosate

ser um dos principais herbicidas empregados nas lavouras de soja do Paraná e Santa Catarina desde a década de 80, foi com a introdução das cultivares de soja geneticamente modificadas que se intensificou o uso do mesmo nas lavouras, tornando-se um dos principais selecionadores dos gêneros tolerantes, como *Borreria*, *Richardia*, *Ipomoea*, *Commelina*, *Euphorbia* e, também de espécies resistentes, como *Lolium* spp. e *Conyza* spp, *Eleusine*, *Digitaria*, entre outras . A utilização repetitiva de um mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação e espectro de controle de plantas daninhas por diversos anos aumenta o risco de seleção de plantas resistentes e provoca a mudança da flora infestante, devido à seleção de espécies com maior tolerância ao produto (MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2003).

De acordo com os questionários realizados com os produtores sobre o manejo das áreas em que foi realizada a coleta das sementes dos biótipos da espécie é possível relatar alguns motivos que podem ter contribuído para que os biótipos apresentassem tolerância diferencial ao glyphosate observada nos experimentos. Entre os 15 questionários realizados, seis relataram alto grau de dificuldade para controlar plantas daninhas da família Rubiaceae e outros seis relataram médio grau de dificuldade, ou seja, 80% das áreas em que foram coletadas sementes tinham as Rubiaceae como um dos principais problemas de controle. Outro dado relevante foram as doses utilizadas para o controle das mesmas, que variaram de 720 a 1440 g ha⁻¹ de e.a., ou seja, um variação de 100% na dose, sendo possível observar também, que são utilizadas distintas formulações de glyphosate disponíveis no mercado. Os produtores que utilizavam doses acima de 1080 g ha⁻¹ de e.a., foram os mesmos que relataram alto grau de dificuldade de controle das espécies da família em estudo. Os questionários também mostraram distintos períodos de adoção da tecnologia RR nas lavouras de soja. O tempo de adoção desta tecnologia foi inversamente proporcional às doses utilizadas e à dificuldade de controle das espécies rubiáceas com glyphosate. Maiores dificuldades de controle foram relatadas em propriedades em que a tecnologia RR foi adotada há mais de oito anos.

Observaram-se respostas ao glyphosate similares em biótipos coletados em locais tão distantes geograficamente como Papanduva (SC) (biótipo Papanduva) e Pato Branco (PR) (biótipo 283). Como a probabilidade de fluxo gênico por meio de sementes entre lugares tão distantes é muito baixa, os resultados indicam que a intensidade de seleção e a evolução dos biótipos tolerantes ao glyphosate sejam mais influenciados pelos sistemas de cultivo e de manejo de plantas daninhas

adotados pelos agricultores, especialmente a intensidade de uso de glyphosate, do que as condições de solo e clima a que os mesmos estão submetidos. Também foi possível comprovar que o biótipo de *R. brasiliensis*, coletado em área sem histórico de aplicação do glyphosate, foi o mais sensível entre os estudados, contribuindo com a afirmação de que sistemas de cultivo e de manejo de plantas daninhas tem influência na seleção de biótipos mais tolerantes ou resistentes.

A campo, diversos outros fatores podem contribuir para a existência de respostas distintas de plantas daninhas a herbicidas, além da variabilidade genética inerente aos biótipos. Dentre os fatores estão as condições de radiação, temperatura, disponibilidade hídrica, umidade relativa do ar, tanto antes quanto após a aplicação do herbicida, pois podem ser determinantes para os mecanismos de absorção, translocação (MONQUERO *et al.*, 2004) e metabolização dos herbicidas pelas plantas (SANDBERB *et al.*, 1980), interferindo na eficácia dos mesmos. Outro fator a se considerar é o estágio fisiológico das plantas no momento da aplicação dos herbicidas, pois, de uma forma geral, plantas em estádios mais jovens apresentam menos barreiras para a ação dos herbicidas (CHAUHAN; ABUGHO, 2012). Há ainda as diferenças na morfologia da folha (área e forma da lâmina, o ângulo ou orientação das folhas em relação ao jato de pulverização) e tecidos foliares (presença de estômatos na superfície adaxial, presença de pelos, espessura e composição da camada de cutícula) (WESTWOOD *et al.*, 1997).

O aumento do nível de tolerância de uma população de plantas daninhas promove sobrevivência dos indivíduos mais tolerantes e leva à mortalidade dos mais sensíveis, o que aumenta a frequência de genes de tolerância na população sobrevivente, levando ao incremento gradativo no valor de C_{50} (NEVE *et al.*, 2003). Dessa forma, acredita-se que as populações com maiores valores de C_{50} detectadas no presente experimento estejam situadas em um grau mais avançado do processo de seleção por meio do glyphosate.

Atualmente, as infestações de espécies daninhas tolerantes e de populações resistentes no Brasil assumiram proporções bastante grandes, sendo que níveis de tolerância a herbicidas preocupantes já foram atingidos por várias espécies daninhas, de Norte a Sul (GALON *et al.*, 2013). Essas espécies e populações merecem investigação mais detalhada dos mecanismos responsáveis e das causas mais prováveis da seleção. Há muitos trabalhos na literatura internacional investigando os mecanismos de resistência ao glyphosate em populações de espécies daninhas e

relativamente poucos trabalhos investigando os mecanismos de tolerância a este herbicida em espécies daninhas. É importante, também, a investigação de diferenças entre biótipos de espécies daninhas tolerantes, coletados em situações de pressão de seleção distintos, que permitam identificar modificações em populações após o aumento da pressão de seleção imposta pelos herbicidas. Atualmente, no Brasil e no mundo, são poucos os pesquisadores que tem se preocupado em estudar diferenças entre populações tolerantes de espécies daninhas e os mecanismos associados a maior tolerância nestas populações.

A existência de populações tolerantes indica a necessidade de execução de ações conjuntas, seja por parte dos agricultores, pelo uso consciente dos herbicidas, ou pelas empresas, disponibilizando uma diversidade maior de herbicidas com mecanismos de ação diferenciados, bem como o interesse da comunidade acadêmica e dos órgãos de pesquisas em aprofundar os conhecimentos sobre biologia e os mecanismos fisiológicos que conferem este caráter às plantas daninhas presentes nos sistemas de cultivo.

4.5.2.4 Análise de imagens

Todos os biótipos das três espécies em estudo apresentaram reduções do número de pixels com o aumento das doses de glyphosate (Figuras 26, 27 e 28). Este resultado era esperado, considerando que os pixels correspondem à área vegetal verde de cada planta e como foi observado para a variável controle visual, houve aumento do controle com o incremento das doses do herbicida.

4.5.2.4.1 *Borreria latifolia*

O biótipo sensível de *B. latifolia* (São Paulo) apresentou a maior redução no número de pixels em relação à testemunha em todas as doses utilizadas no experimento aos 14 DAA (Figura 26A) atingindo 85% de redução com a aplicação de 163 g ha⁻¹ de e.a., sendo esta a que mais diferenciou os biótipos, variando desde 15% de redução de pixels para o biótipo 296 até 85% para o biótipo São Paulo. Na dose próxima à usualmente utilizada nas lavouras (792 g ha⁻¹ de e.a.) observou-se

que os biótipos 277, 300, 263 e Donato apresentaram as menores reduções de pixels em relação à testemunha que os demais biótipos. A maior dose utilizada não diferenciou o número de pixels entre os biótipos testados.

Houve considerável redução no número de pixels dos biótipos testados aos 28 DAA (Figura 26B). O biótipo 300 foi o que atingiu o menor nível de redução, 80%, na dose de 792 g ha⁻¹ de e.a., sendo a dose de 163 g ha⁻¹ de e.a. à que apresentou as maiores diferenças entre os biótipos.

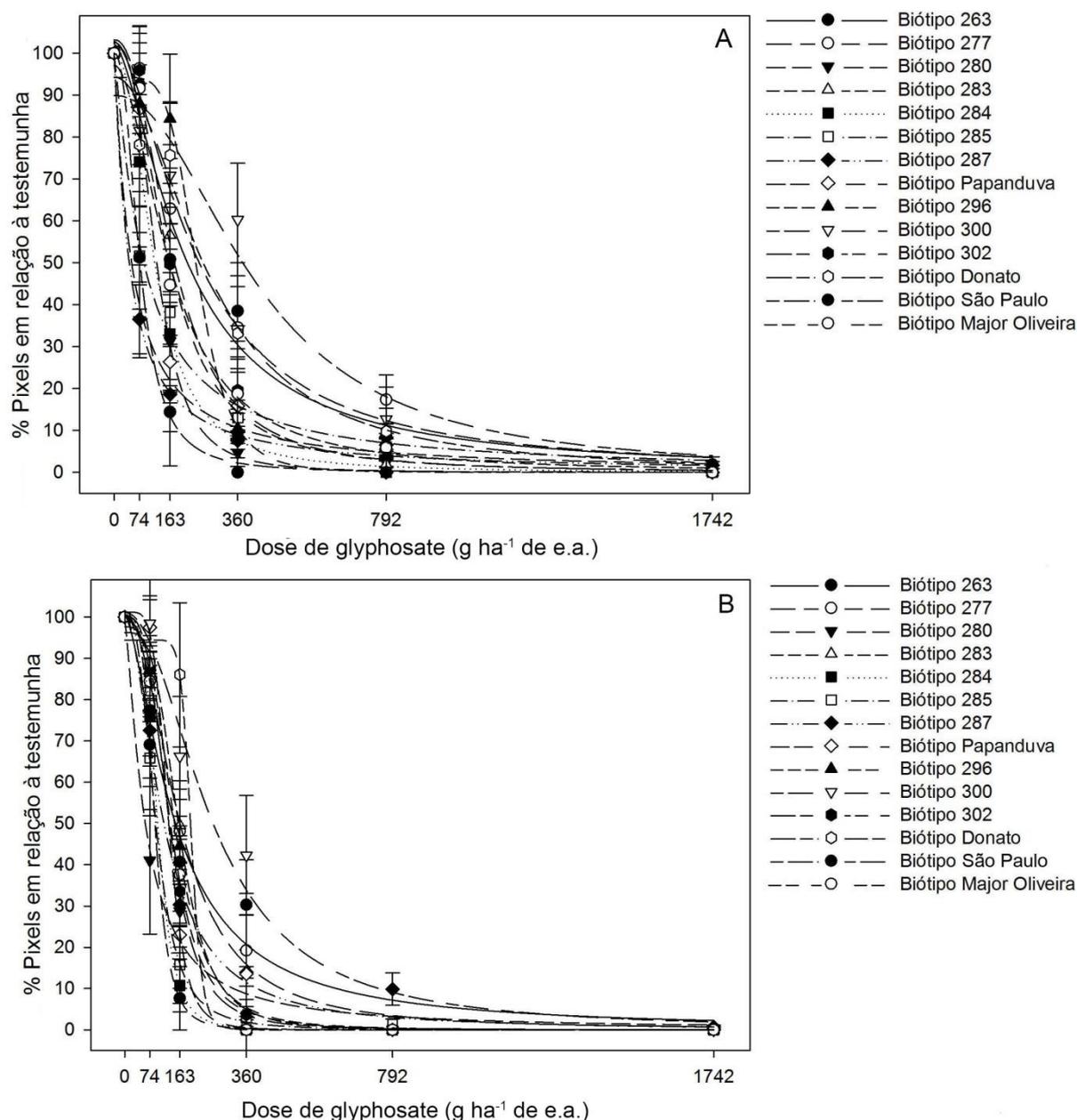


Figura 26 - Redução percentual do número de pixels de biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

Os valores de C₅₀ para número de pixels na avaliação aos 14 DAA

(Tabela 9) apresentaram-se mais baixos que os calculados com base no controle visual (Tabela 2) e desse modo não se correlacionaram significativamente entre si. Os valores variaram de 44 g e.a. ha⁻¹ (Biótipo 287) até 375 g e.a. ha⁻¹ (Biótipo 300). O biótipo São Paulo (considerado sensível) apresentou como o 285, 287 e 280, valores de C₅₀ abaixo de 75 g e.a. ha⁻¹. Os valores de C₈₀ variaram de 134 g e.a. ha⁻¹, para o biótipo sensível, até 745 g e.a. ha⁻¹, para o biótipo 300.

Tabela 9 - Parâmetros das equações ajustadas, C₅₀ e C₈₀ para redução percentual do número de pixels dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				C ₅₀ **	C ₈₀ **
	A	B	X0(C ₅₀)*	R ²		
263	102,23	1,56	207,69	0,95	213	514
277	102,81	1,67	240,46	0,98	248	563
280	99,78	1,09	51,48	0,98	49	183
283	97,13	1,93	166,46	0,98	161	335
284	99,96	2,24	118,80	0,99	118	220
285	99,62	1,17	87,42	0,99	86	284
287	100,02	1,11	44,30	0,99	44	154
Papanduva	101,67	3,02	123,14	0,98	124	196
296	94,23	5,25	243,68	0,99	238	312
300	89,91	2,15	416,43	0,95	375	745
302	103,18	2,30	171,40	0,99	176	318
Donato	94,28	2,01	275,93	0,98	259	530
São Paulo ²	99,96	2,42	75,86	0,99	75	134
M. Oliveira	102,54	2,21	158,89	0,99	162	301

¹Equação logística de três parâmetros.²Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C₅₀= Dose que proporciona 50% de redução do número de pixels, C₈₀= Dose que proporciona 80% de redução do número de pixels. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

Aos 28 DAA, os valores de C₅₀ para número de pixels (Tabela 10), assim como observado aos 14 DAA, foram mais baixos em relação aos estimados para o controle visual (Tabela 3), porém correlacionaram-se significativamente entre si, com coeficiente de 0,60. A amplitude de valores foi de 61 g ha⁻¹ de e.a. (Biótipo 280) até 261 g ha⁻¹ de e.a. (biótipo 300). Os biótipos São Paulo (considerado sensível) e 280 apresentaram C₅₀ abaixo de 89 g ha⁻¹ de e.a.. Já para o C₈₀, os valores variaram de 125 g ha⁻¹ de e.a. (biótipo São Paulo) até 509 g ha⁻¹ de e.a. (biótipo 300).

A amplitude dos FT's entre biótipos para a variável número de pixels aos 28 DAA foi menor que a da avaliação de controle visual, no período correspondente (Tabela 11). O biótipo 300 necessitou 2,89 vezes a dose do biótipo

sensível para apresentar o mesmo efeito, assim destacando-se pela elevada tolerância. Os FT's dos demais biótipos variaram entre 1,03 e 2,19.

Tabela 10 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} , C_{80} e Fator de Tolerância (FT) para redução percentual do número de pixels dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50} **	C_{80} **	FT
	A	B	$X0(C_{50})$ **	R^2			
263	100,43	1,53	149,28	0,98	150	370	1,66
277	100,65	2,11	162,79	0,99	163	315	1,81
280	99,76	1,33	61,58	0,98	61	174	0,69
283	96,22	3,67	162,13	0,99	158	233	1,81
284	99,99	4,15	97,82	0,99	97	136	1,09
285	100,03	2,92	92,48	0,99	92	148	1,03
287	100,88	1,80	115,08	0,98	116	250	1,28
Papanduva	101,16	5,24	130,05	0,98	130	169	1,45
296	97,60	3,25	150,02	0,99	147	227	1,67
300	101,07	2,07	258,98	0,97	261	509	2,89
302	100,02	3,31	132,72	0,99	132	201	1,48
Donato	94,45	12,34	196,80	0,99	195	218	2,19
São Paulo ²	99,99	4,17	89,71	0,99	89	125	1,00
M. Oliveira	98,87	3,14	136,33	0,99	135	211	1,52

¹Equação logística de três parâmetros. ²Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona 50% de redução do número de pixels, C_{80} = Dose que proporciona 80% de redução do número de pixels. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

As correlações entre o número de pixels, controle visual e MSPA dos biótipos de *B. latifolia* aos 28 DAA foram elevadas e significativas (Tabela 11). As correlações de controle visual x número de pixels dos biótipos analisados individualmente variaram entre 0,81 e 0,98, sendo que, em sua maioria, apresentaram valores acima de 0,9. Isso resultou em elevado coeficiente de correlação geral, de 0,91. Os coeficientes de correlação MSPA x número de pixels, considerando os biótipos individualmente, atingiram valores menores que os anteriores, entre 0,71 e 0,92, e resultaram em coeficiente de correlação geral de 0,82. A correlação entre estas variáveis para o biótipo 277 não foi significativa. Os valores dos coeficientes de correlação entre MSPA e número de pixels foram muito semelhantes aos observados para as correlações entre controle visual X MSPA, que variaram entre 0,69 e 0,99, com correlação geral de em 0,84.

Tabela 11– Significância e coeficientes de correlação entre as variáveis controle visual (100 - controle), redução percentual do número de pixels e MSPA dos biótipos de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Biótipos	Níveis de correlação		
	Controle X Pixels	MSPA X Pixels	Controle X MSPA
263	0,89**	0,87**	0,87**
277	0,92**	0,45 ^{ns}	0,69*
280	0,84**	0,92**	0,82**
283	0,81**	0,87**	0,83**
284	0,98**	0,89**	0,95**
285	0,95**	0,87**	0,77**
287	0,87**	0,84**	0,81**
Papanduva	0,94**	0,72**	0,88**
296	0,89**	0,71**	0,85**
300	0,93**	0,81**	0,85**
302	0,92**	0,88**	0,99**
Donato	0,97**	0,81**	0,88**
São Paulo	0,98**	0,93**	0,86**
M. Oliveira	0,94**	0,89**	0,87**
Geral	0,91**	0,82**	0,84**

* e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo

4.5.2.4.2 *Richardia brasiliensis*

Aos 14 DAA (Figura 27A) constatou-se elevada diferenciação dos biótipos de *R. brasiliensis*. Os biótipos 283 e Papanduva foram os que apresentaram as menores reduções de pixels, de 35 e 60%, respectivamente, com a aplicação da maior dose de glyphosate, indicando a maior tolerância. Na dose de 792 g ha⁻¹ de e.a., ainda pode-se incluir os biótipos Major Oliveira e 291, além dos já citados, que apresentaram baixa redução do número de pixels (abaixo de 60%). O biótipo 271 (sensível) foi controlado eficientemente (85%) com a dose de 360 ha⁻¹ de e.a., sendo que para a mesma dose, o biótipo 283 apresentou apenas 20% de controle, o que demonstra a elevada capacidade discriminatória dos biótipos sensível e tolerante.

Aos 28 DAA, sobretudo com a utilização das doses mais elevadas de glyphosate, observou-se significativa redução no número de pixels e menor diferenciação entre biótipos (Figura 27B). Os biótipos 283 e Major Oliveira se destacaram pela menor redução no número de pixels quando comparados aos demais, na dose de 792 ha⁻¹ de e.a. totalizando 60 e 85% de redução, respectivamente. Com a utilização da maior dose não houve morte total das plantas para os biótipos 283, Embrapa, Papanduva e 285 atingindo 83, 96, 95 e 97% de

redução do número de pixels, respectivamente. A dose de 360 ha^{-1} de e.a., foi a que provocou a maior diferenciação entre os biótipos, promovendo de 30% de redução para o biótipo mais tolerante até 97% para o mais sensível.

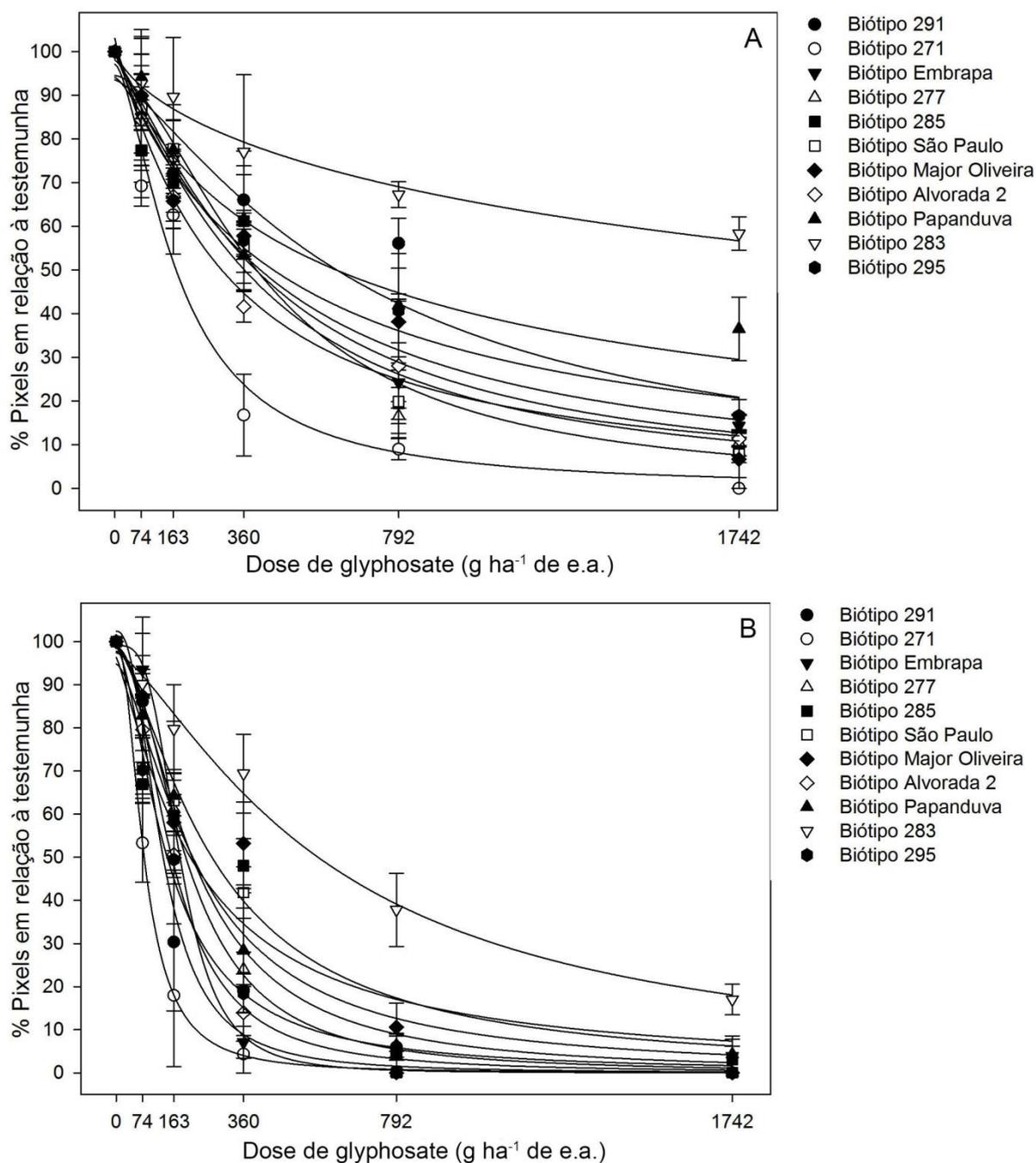


Figura 27 - Redução percentual do número de pixels de biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento

A análise de correlação entre C_{50} de controle visual e de número de pixels foi significativa, com coeficiente de 0,72. Os biótipos Papanduva, 291 e 283

apresentaram os maiores valores de C_{50} estimados pelo Excel, de 618, 620 e superior a 1742 g ha⁻¹ de e.a., respectivamente (Tabela 12). Esses biótipos também apresentaram os maiores valores de C_{80} , juntamente com o biótipo 295. O biótipo 271, considerado sensível, apresentou os menores valores de C_{50} e C_{80} , de 171 e 415 g ha⁻¹ de e.a., respectivamente.

Tabela 12 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para redução percentual número de pixels dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 14 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50}^{**}	C_{80}^{**}
	A	B	$X0(C_{50})^*$	R^2		
291	93,54	1,34	687,41	0,91	620	>1742
271 ²	97,13	1,59	177,54	0,97	171	415
Embrapa	98,09	1,31	406,08	0,98	394	1148
277	94,54	1,72	423,01	0,97	395	909
285	94,12	1,38	396,24	0,95	361	1024
São Paulo	94,12	1,38	396,24	0,95	361	1024
M. Oliveira	99,17	1,15	412,30	0,96	406	1634
Alvorada 2	100,59	1,13	295,51	0,99	298	1014
Papanduva	103,04	0,82	575,68	0,95	618	>1742
283	100,75	0,67	2542,78	0,98	>1742	>1742
295	100,46	0,98	438,86	0,98	443	>1742

¹Equação logística de três parâmetros. ²Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona 50% de redução do número de pixels, C_{80} = Dose que proporciona 80% de redução do número de pixels. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel®.

Os C_{50} para número de pixels aos 28 DAA (Tabela 13) apresentaram-se mais baixos que os estimados para o controle visual (Tabela 8); contudo, estas variáveis apresentaram coeficiente de correlação de 0,90. Os valores de C_{50} variaram entre 79 g ha⁻¹ de e.a. para o biótipo 271 (considerado suscetível) e 570 g ha⁻¹ de e.a. para o biótipo 300. Já para o C_{80} os valores variaram de 153 g ha⁻¹ de e.a. para o biótipo suscetível até 1593 g ha⁻¹ de e.a. para o biótipo 283. Destacam-se ainda os biótipo Major Oliveira e 285, ambos com C_{80} 's próximos a 700 g ha⁻¹ de e.a..

O FT do biótipo 283 indica que o mesmo necessita de 7,22 vezes a dose do biótipo suscetível para apresentar o mesmo efeito. Além deste, destacou-se também o biótipo Major Oliveira com FT de 3,42. Os FT's dos demais biótipos variaram entre 1,67 e 2,73.

Tabela 13 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} , C_{80} e Fator de tolerância (FT) para redução percentual do número de pixels dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Parâmetros ¹				C_{50} **	C_{80} **	FT
	A	B	$X0(C_{50})^*$	R^2			
291	102,46	2,31	129,93	0,97	132	239	1,67
271 ²	99,99	2,09	78,87	0,99	79	153	1
Embrapa	99,09	3,43	181,04	0,99	180	270	2,28
277	97,04	2,05	200,98	0,99	195	388	2,47
285	96,36	1,21	222,79	0,93	209	674	2,65
São Paulo	94,82	1,53	232,45	0,95	216	550	2,73
M. Oliveira	98,62	1,46	275,81	0,96	270	704	3,42
Alvorada 2	98,72	2,10	159,14	0,99	157	305	1,99
Papanduva	98,54	1,78	218,38	0,99	215	471	2,72
283	97,44	1,37	593,02	0,99	570	1593	7,22
295	98,63	1,64	146,39	0,99	144	337	1,82

¹Equação logística de três parâmetros. ²Biótipo considerado sensível. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona 50% de redução do número de pixels, C_{80} = Dose que proporciona 80% de redução do número de pixels. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel[®].

As correlações entre número de pixels e controle visual dos biótipos de *R. brasiliensis* aos 28 DAA foram altas e significativas (Tabela 14), assim como para a espécie *B. latifolia*. No entanto, as correlações MSPA x número de pixels e controle visual x MSPA apresentaram-se menores e não significativas em alguns biótipos. Os coeficientes das correlações controle visual x número de pixels dos biótipos analisados individualmente variaram de 0,74 até 0,98, sendo o coeficiente geral de 0,91. As correlações entre MSPA x número de pixels foram menores que as anteriores e variaram de 0,55 a 0,88, com coeficiente geral de 0,72. Os coeficientes de correlação entre controle x MSPA foram semelhantes aos observados para as correlações entre MSPA x número de pixels, e variaram entre 0,58 e 0,86, sendo a correlação geral de 0,73.

Tabela 14 – Significância e coeficientes das correlações entre as variáveis controle visual (100 – controle), redução percentual do número de pixels e MSPA dos biótipos de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Biótipos	Níveis de correlação		
	Controle X Pixels	MSPA X Pixels	Controle X MSPA
291	0,74**	0,61 ^{ns}	0,85**
271 ²	0,78**	0,88**	0,82**
Embrapa	0,98**	0,88**	0,86**
277	0,95**	0,79**	0,77**
285	0,95**	0,70 ^{ns}	0,63 ^{ns}
São Paulo	0,97**	0,61 ^{ns}	0,61 ^{ns}
M. Oliveira	0,97**	0,66 ^{ns}	0,63 ^{ns}
Alvorada 2	0,97**	0,84**	0,75**
Papanduva	0,83**	0,55 ^{ns}	0,58 ^{ns}
283	0,87**	0,68 ^{ns}	0,82**
295	0,79**	0,78**	0,72 ^{ns}
Geral	0,89**	0,72**	0,73**

* e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo

4.5.2.4.3 *Galianthe chodatiana*

Para a espécie *G. chodatiana*, assim como para as outras duas espécies estudadas, observou-se que a redução percentual de pixels, no geral, superestima os dados da avaliação de percentual de controle visual em todas as avaliações. Aos 14 DAA (Figura 28A), houve 60% de redução do número de pixels enquanto o controle visual foi de apenas 30% (Figura 25B). Já aos 28 DAA (Figura 28B), a redução percentual de pixels em relação à testemunha chegou a 85%, valor superior ao observado para controle (Figura 25C), mas semelhante ao observado para MSPA (Figura 25D).

A redução do número de pixels estima fundamentalmente a redução da área foliar e os sinais de clorose, necrose ou “bleaching” decorrentes da aplicação de glyphosate, enquanto a avaliação visual realiza uma análise mais ampla, que inclui, além dos itens referidos anteriormente, o grau de atrofia e o desenvolvimento de outras partes da planta, além das folhas, inclusive de rebrotas. Porém, o grau de subjetividade da análise visual é considerado maior do que da análise da redução percentual de pixels.

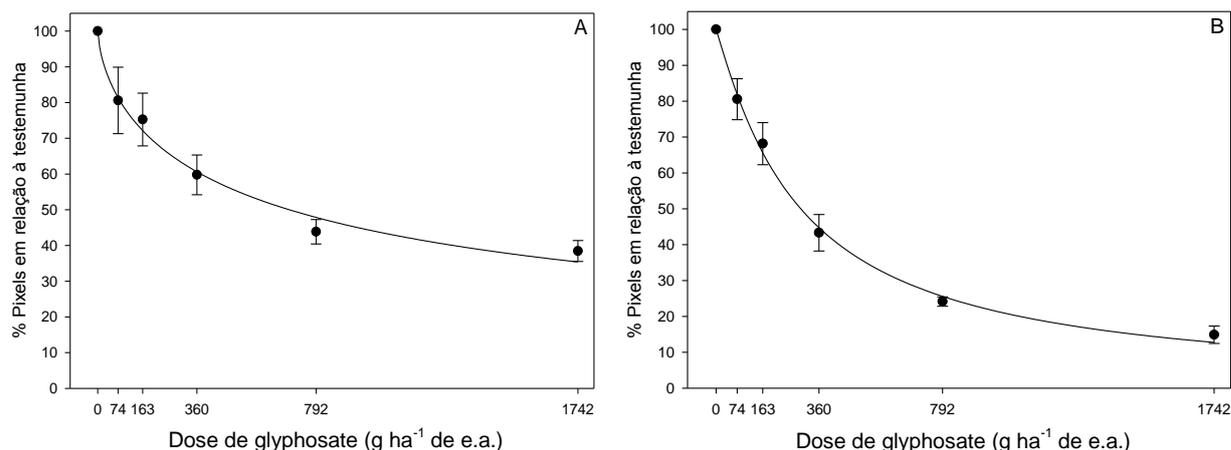


Figura 28 - Redução percentual do número de pixels de biótipos de *Galianthe chodatiana* (Stantl.) E.L. Cabral aos 14 (A) e 28 DAA (B) em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014. Barras verticais representam o erro padrão da média de cada tratamento.

Para esta espécie, a redução percentual de pixels subestima os valores de C_{50} e C_{80} em relação à avaliação de percentual de controle visual e MSPA. Aos 14 DAA, o C_{50} foi de 695 g ha^{-1} de e.a., abaixo do estimado para o controle visual. Aos 28 DAA o C_{50} foi de 296 g ha^{-1} de e.a., e o C_{80} foi de 1057 g ha^{-1} de e.a., valores bem inferiores aos observados para o controle visual e para a MSPA.

Tabela 15 - Parâmetros das equações ajustadas, C_{50} e C_{80} para redução percentual do número de pixels dos biótipos de *Galianthe chodatiana* (Stantl.) E.L. Cabral aos 14 e 28 DAA em resposta à doses de glyphosate. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Avaliação	Parâmetros ¹				C_{50}^{**}	C_{80}^{**}
	A	B	$X0(C_{50})^*$	R^2		
14 DAA	100,26	0,65	689,44	0,98	695	>1742
28 DAA	99,92	1,09	296,69	0,99	296	1057

¹Equação logística de três parâmetros. A= Assíntota máxima, B= declividade da curva, C_{50} = Dose que proporciona 50% de redução do número de pixels, C_{80} = Dose que proporciona 80% de redução do número de pixels. *Valores ajustados pelo programa Sigmaplot. **Índices estimados por meio da planilha eletrônica Excel[®].

Aos 14 DAA, o coeficiente de correlação entre redução percentual de pixels, controle visual e MSPA foram mais baixos, porém significativos (Tabela 16). Aos 28 DAA, os coeficientes de correlação para estas variáveis foram significativos (Tabela 20) e elevados, assim como havia se verificado para *B. latifolia* e *R. brasiliensis*.

Tabela 16 – Significância e coeficientes das correlações entre as variáveis controle visual (100 – controle), redução percentual do número de pixels e redução da MSPA dos biótipos de *G. chodatiana* aos 14 e 28 DAA. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

DAA	Níveis de correlação		
	Controle X Pixels	MSPA X Pixels	Controle X MSPA
14	0,75**	-	-
28	0,91**	0,97**	0,93**

* e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro

A utilização de imagens digitais em avaliações é um método promissor, desenvolvido para obtenção de avaliações dinâmicas e precisas (FERREIRA *et al.*, 2001). Dentre as vantagens citadas estão: rapidez com que os resultados são obtidos (FERREIRA *et al.*, 2001); elevada precisão dos dados, podendo ser usada para avaliação de respostas a alguns herbicidas e aferir sintomas, sendo um método não destrutivo, além de alta objetividade e reduzida subjetividade dos resultados (ALI *et al.*, 2013); baixo custo e sem dependência de um método de calibração (ADAMI *et al.*, 2008). O uso de imagens digitais para avaliação de efeitos de herbicida pode representar a condição real do efeito do herbicida sobre as plantas daninhas (ALI *et al.*, 2013), sendo esta técnica empregada para identificar e quantificar lesões efetuadas pelos produtos (HENRY *et al.*, 2004; HUANG *et al.*, 2010; ALI *et al.*, 2013) e para avaliação de plantas de cobertura do solo (RASMUSSEN *et al.*, 2007).

No presente estudo, os elevados níveis de correlação observados entre as três métodos de avaliação empregados demonstra que a avaliação de sintomas do glyphosate sobre as espécies pode ser efetuada pelo da técnica da redução do número de pixels. No entanto, há de se levar em conta algumas desvantagens do método, sendo que a principal delas é a demanda de trabalho exigida. Enquanto que, para avaliação por controle visual, basta dirigir-se até as unidades experimentais e atribuir uma nota (escala de 0-100) para determinar os níveis de controle. Para realização das imagens é necessário mover os vasos até o local montado para a câmera digital em todas as avaliações, preparar a planta (visando-se obter uma imagem de qualidade que facilite a atuação do programa e que minimize os erros de interpretação) e realizar o registro. Além disso, são necessárias algumas horas de dedicação junto a um software para o processamento das imagens. Acrescenta-se o fato que os erros padrões apresentam-se maiores para as médias de percentual de pixels em comparação às médias de controle visual. Isto ocorre devido à variação do tamanho das plantas dentro do mesmo tratamento. Portanto, é importante e necessário que as plantas se desenvolvam uniformemente nos experimentos, para se obter maior precisão nos dados.

Percebe-se que as correlações entre as variáveis são mais elevadas para *B. latifolia* e *G. chodatiana* em comparação a *R. brasiliensis*. Isto pode estar relacionado ao maior erro visivelmente observado ao se realizar a transformação dos pixels verdes de cada imagem em pixels bancos ajustando o valor do limiar ótimo “t” (threshold), provavelmente devido às diferenças na arquitetura das plantas. Enquanto as plantas de *B. latifolia* e *G. chodatiana* são de hábito de crescimento mais ereto, facilitando a leitura pelo software na diferenciação e transformação, *R. brasiliensis* é de hábito mais rasteiro e no momento da transformação pode ocorrer confundimento dos pixels da planta com pixels provenientes de partículas do solo. Deste modo, cabe salientar que a variação citada pode ocorrer de acordo com a espécie em estudo, porém este erro pode ser minimizado com a captura de imagens de melhor qualidade, adequando a metodologia conforme a situação.

4.6 CONCLUSÕES

- Os resultados indicam variabilidade de resposta ao glyphosate entre os biótipos das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis* coletados em diferentes locais do Paraná e Santa Catarina.

- Os biótipos 277, 283 e 300 de *B. latifolia* e os biótipos 285, 283 e Papanduva de *R. brasiliensis* não foram controlados com doses de glyphosate acima da usualmente utilizada nas lavouras, evidenciando seleção pelo uso repetitivo do herbicida.

- O biótipo de *G. chodatiana* apresenta elevada tolerância ao glyphosate, não sendo eficientemente controlado com a maior dose do herbicida empregada;

- Os métodos de cálculo do C_{50} e GR_{50} pelos softwares SigmaPlot 10.0 e Excel apresentam correlação alta e significativa, indicando que ambos os métodos podem ser empregados para o cálculo desses parâmetros;

- A contagem de pixels, pelo uso de software de interpretação de imagens digitais pode ser adotada para avaliação de controle de plantas daninhas pelo glyphosate;

- A análise de controle por redução do número de pixels, demonstrou ter grande potencial de utilização, por reduzir a subjetividade inerente à realização das avaliações de controle visual.

5 CONTROLES QUÍMICOS ALTERNATIVOS AO GLYPHOSATE PARA O MANEJO DE *Borreria latifolia*, *Galianthe chodatiana* E *Richardia brasiliensis*.

5.1 RESUMO

A intensificação do uso do herbicida glyphosate em áreas de soja transgênica tem resultado em falhas de controle e seleção de espécies resistentes e tolerantes. A utilização de doses mais elevadas de glyphosate, de associações desse com outros herbicidas, em mistura de tanque ou em aplicações sequenciais, constituído alternativas de manejo de plantas daninhas de difícil controle. O objetivo deste trabalho foi avaliar estratégias alternativas ao glyphosate para o controle das plantas daninhas *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes (Rubiaceae) em pré-emergência, pós-emergência inicial e pós-emergência tardia. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação da UTFPR, Câmpus Pato Branco/PR. Cada experimento representou uma época de manejo das plantas daninhas (pré-emergência, pós-emergência inicial e pós-emergência tardia), para cada uma das espécies (*B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana*). Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, sendo que no experimento de pré-emergência foram utilizadas quatro repetições e nos demais três repetições por tratamento. Nos experimentos de pré-emergência, 20 sementes de cada espécie foram semeadas em vasos contendo solo e receberam a aplicação dos herbicidas imazethapyr, sulfentrazone, clorimuron-ethyl, diclosulan, S-metolachlor e saflufenacil além da testemunha sem aplicação. Nos experimentos de pós-emergência inicial plântulas com quatro a seis folhas das três espécies foram tratadas com bentazon, fomesafen, lactofem, flumioxazin e glyphosate além da testemunha. Nos experimentos de pós-emergência tardia, plantas no início de estágio reprodutivo das três espécies e plantas adultas de *G. chodatiana*, com mais de um ano de idade, receberam aplicações de glyphosate associado a 2,4-D, carfentrazone-ethyl, imazethapyr, flumiclorac-pentyl, flumioxazin, sulfentrazone, chlorimuron-ethyl, saflufenacil e amônio-glufosinate, além das aplicações sequenciais de glyphosate/glyphosate, glyphosate/paraquat+diuron, glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron. Nos experimentos em pós-emergência foram avaliados o controle visual aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA) e massa seca da parte

aérea. Nos ensaios de pré-emergência, foram realizadas contagens das plantas emergidas aos 7, 14, 21 e 28 DAA. Os herbicidas sulfentrazone, S-metolachlor e saflufenacil apresentaram efeito positivo em inibir a emergência tanto de *B. latifolia* quanto de *R. brasiliensis*; enquanto, chlorimuron-ethyl e diclosulan foram eficientes somente sobre *R. brasiliensis*. Em pós-emergência inicial, fomesafen, lactofem e flumioxazin apresentaram eficácia sobre plantas das três espécies, enquanto bentazon controlou eficientemente apenas *B. latifolia*. Em pós-emergência tardia, a associação de glyphosate com os herbicidas carfentrazone-ethyl, flumiclorac-pentyl, flumioxazin, chlorimuron-ethyl, saflufenacil, amônio-glufosinate, e as aplicações sequenciais de glyphosate/glyphosate, glyphosate/paraquat+diuron, glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron controlaram as espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis*. As associações de glyphosate com imazethapyr e 2,4-D também foram eficientes, respectivamente, para a primeira e segunda espécies. As associações de glyphosate com 2,4-D, carfentrazone-ethyl, flumioxazin, saflufenacil e amônio-glufosinate e as aplicações sequenciais de glyphosate/paraquat+diuron, glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron apresentaram efeito de controle nas plantas adultas provenientes de sementes de *G. chodatiana*. As associações de glyphosate com os herbicidas saflufenacil e amônio-glufosinate e as aplicações sequenciais de glyphosate/paraquat+diuron ou glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron foram eficientes no controle de plantas adultas com mais de um ano de idade da espécie *G. chodatiana*.

5.2 ABSTRACT

The intensification of the use of glyphosate in transgenic soybean areas has resulted in control failures and selection of resistant and tolerant species. The use of higher doses of glyphosate, glyphosate associated with other herbicides, tank mixed or sequential applications, has constituted management alternatives to the weeds of difficult control. The objective of this study was to evaluate the efficiency of alternative herbicides to control *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum., *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral e *Richardia brasiliensis* Gomes species (Rubiaceae family) in pre-emergence, early post-emergence and later post-emergence. The experiments were conducted in a greenhouse of UTFPR, campus Pato Branco/PR. Each experiment represented a time of weed management (pre-emergence, early

post-emergence and late post-emergence), for each of the species (*B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana*). The experiments were conducted in a completely randomized design, with four replicates in the pre-emergence experiment and three replicates per treatment in the others. In pre-emergence experiments, 20 seeds of each species were sown in pots containing soil and received the application of imazethapyr, sulfentrazone, chlorimuron-ethyl, diclosulan, S-metolachlor and saflufenacil herbicides, beyond the control without application. In early post-emergence experiments, seedling with four to six leaves of the three species received the application of bentazon, fomesafen, lactofem, flumioxazin and glyphosate herbicides, beyond the control. In the late post-emergence experiments, plants in early reproductive stage of the three species of adult plants of *G. chodatiana*, over one year of age, received applications of glyphosate to 2,4-D, carfentrazone-ethyl, imazethapyr, flumiclorac-pentyl, flumioxazin, sulfentrazone, chlorimuron-ethyl, glufosinate-ammonium, saflufenacil associations and, in addition to sequential applications of glyphosate/glyphosate, glyphosate/paraquat + diuron, glyphosate + 2,4-D/paraquat + diuron. In the experiments in post-emergence were assessed visual control at 7, 14 and 28 days after application (DAA) and dry mass of shoots. In pre-emergence, were performed plant counts emerged at 7, 14, 21 and 28 DAA. The sulfentrazone, S-metolachlor and saflufenacil herbicides were effective in inhibiting the emergence of both *B. latifolia* and *R. brasiliensis*, while chlorimuron-ethyl and diclosulan were effective only on *R. brasiliensis*. In early post-emergence, fomesafen, lactofem and flumioxazin efficiently controlled plants of all species, while bentazon control efficiently only *B. latifolia*. In late post-emergence glyphosate association with carfentrazone-ethyl, flumiclorac-pentyl, flumioxazin, chlorimuron-ethyl, saflufenacil, ammonium-glufosinate herbicides, and sequential applications of glyphosate/glyphosate, glyphosate/paraquat + diuron, glyphosate + 2,4-D/paraquat + diuron were efficient in controlling the *B. latifolia* and *R. brasiliensis* species. The association of glyphosate with imazethapyr and glyphosate with 2,4-D were also effective to control the *B. latifolia* and *R. brasiliensis* species, respectively. The glyphosate associations with 2,4-D, carfentrazone-ethyl, flumioxazin, saflufenacil and ammonium-glufosinate and sequential applications of glyphosate/paraquat + diuron or glyphosate + 2,4-D/paraquat + diuron were efficient in controlling *G. chodatiana* adult plants from seeds. The glyphosate associations with saflufenacil and glufosinate-ammonium herbicides and sequential applications glyphosate/paraquat + diuron or glyphosate + 2,4-D/paraquat + diuron were efficient in the control *G. chodatiana* adult plants with more than one year old.

5.3 INTRODUÇÃO

O controle químico de plantas daninhas é o método de manejo mais utilizado pelos agricultores, principalmente devido à sua eficácia e resultado rápido. A utilização de herbicidas para o controle das plantas daninhas contribui substancialmente no rendimento operacional e redução de mão-de-obra. No entanto, em muitas situações de campo, não ocorre rotação de princípios ativos e de mecanismos de ação ao longo dos anos, o que ocasiona elevada pressão de seleção de plantas daninhas tolerantes e resistentes aos herbicidas e, conseqüentemente, em redução da eficácia destes produtos sobre alguns biótipos (POWLES; HOLTUM, 1994).

O glyphosate é um herbicida de amplo espectro e com custo relativamente baixo, porém o uso exclusivo desse herbicida em áreas com culturas que apresentem com gene de resistência ao mesmo (RR) tem apresentado limitações para o controle de plantas daninhas. A prevenção da seleção de espécies de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate, em áreas repetitivamente tratadas com esse herbicida devem ser adotadas medidas como a rotação de culturas, rotação com cultivares convencionais (não RR), associação de glyphosate com herbicidas de diferentes ingredientes ativos (KRUSE *et al.*, 2000; CONSTANTIM; OLIVEIRA Jr., 2011) e que apresentem mecanismos de ação distintos (POWLES; HOLTUM, 1994).

Os herbicidas pré-emergentes são muito úteis no controle de plantas daninhas, sendo empregados para a redução da interferência inicial sobre a cultura da soja, controlando os primeiros fluxos de emergência, além de possibilitar um bom planejamento da lavoura. Esses herbicidas permitem que não haja acúmulo de áreas para serem aplicadas no período em que os herbicidas de pós-emergência são eficientes, pois apresentam atividade residual no solo (CARVALHO *et al.*, 2000; PEREIRA *et al.*, 2000; RAIMONDI, 2009). É importante ressaltar, que o período anterior à interferência na cultura da soja varia entre 11 e 17 dias após a emergência (MESCHEDE *et al.*, 2004) e é considerado curto, pois demandaria pulverizações em pós-emergência desde estádios precoces da cultura.

Muitos herbicidas seletivos foram desenvolvidos para aplicação em pós-emergência inicial das plantas daninhas, tendo como principal vantagem o controle antes que os efeitos de convivência possam causar prejuízos, podendo ser aplicados em área total sem apresentar fitotoxicidade para a cultura (DEUBER,

1992). Contudo, em muitos casos, o uso de herbicidas isolados não permite o controle eficiente de todo o espectro de plantas daninhas presentes em uma área, principalmente em manejos de dessecação. A associação de dois ou mais herbicidas é uma prática bastante usual para aumentar o espectro de ação, além de permitir a redução de doses, o que implica menor risco de fitotoxicidade para a cultura, menor efeito residual no solo e redução nos custos de controle (RONCHI *et al.*, 2002). O tipo de interação decorrente dessa associação é matéria de constante preocupação e investigação. A utilização simultânea ou sequencial de dois ou mais herbicidas sobre uma mesma cultura vem sendo cada vez mais empregada na agricultura e representa um avanço nas estratégias de controle sobre as plantas daninhas.

Os herbicidas glyphosate, amônio-glufosinate, paraquat, diquat, paraquat + diuron, e 2,4-D são os principais herbicidas utilizados no manejo de dessecação de plantas daninhas em áreas de plantio direto da cultura da soja (DEUBER, 1997; MELHORANÇA *et al.*, 1997; EMBRAPA, 1998; RODRIGUES; ALMEIDA, 1998). Porém, a aplicação isolada, principalmente de glyphosate, pode apresentar problemas como rebrotes e novos fluxos de germinação de plantas daninhas, que podem interferir sobre o estabelecimento, desenvolvimento e produtividade da cultura. Aplicações sequenciais de herbicidas têm conseguido superar os problemas de rebrote da primeira aplicação de dessecação, sendo que nos dias que antecedem a semeadura, é comum a aplicação de um herbicida de ação local (contato), complementando a ação do herbicida sistêmico aplicado anteriormente. Desta forma, evitam-se eventuais rebrotes e são controladas plantas daninhas que possam surgir, entre a primeira aplicação e a sequencial, até o dia da semeadura. A eficiência deste tipo de manejo foi comprovada em trabalhos de Marochi (1995), Pinto *et al.* (1997) e Constantin *et al.* (1997), sendo que Melhorança *et al.* (1998) também a recomendam, em condições de altas infestações ou para plantas daninhas de difícil controle.

A aplicação sequencial do herbicida glyphosate é uma rotina nas áreas com soja RR do sul dos Estados Unidos da América (NORSWORTHY *et al.*, 2001). Embora diversos trabalhos demonstrem as vantagens da aplicação sequencial desse herbicida em relação a uma única aplicação sobre o controle das plantas daninhas de difícil controle, até o momento, não existem trabalhos que demonstrem cientificamente as razões desta melhor eficácia (MONQUERO, 2003). No entanto, essa prática tem que ser feita de forma planejada, pois a utilização exclusiva do herbicida

glyphosate em aplicações sequenciais pode aumentar ainda mais a pressão de seleção de plantas daninhas tolerantes e resistentes.

Espécies dos gêneros *Borreria* (Spermacoce), *Richardia* e *Galianthe*, da família Rubiaceae, apresentam grande importância na região Sudoeste do Paraná, especialmente em áreas cultivadas com a cultura da soja. As espécies *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum. e *Richardia brasiliensis* Gomes são encontradas de forma generalizada na região. *Galianthe chodatiana* (Stantl.) E.L. Cabral é encontrada de forma não endêmica, em algumas lavouras de soja da região Sudoeste do Paraná. Diversos trabalhos relatam que às espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis* são tolerantes ao glyphosate, sendo que a resposta a esse herbicida é bem documentada na literatura (DURIGAN *et al.*, 1998; SHARMA; SINGH, 2001; MONQUERO; CHRISTOFFOLETI, 2003; LACERDA; VICTORIA FILHO, 2004; MONQUERO *et al.*, 2005; PROCÓPIO *et al.*, 2007; VARGAS; GAZZIERO, 2008; CERDEIRA *et al.*, 2010).

Desta forma, algumas espécies podem requerer doses mais elevadas de glyphosate, o emprego de aplicação sequencial, ou ainda a adição de outro herbicida para controle adequado (ATEH; HARVEY, 1999). Devido à ineficiência do glyphosate no controle das espécies *B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana*, surge a necessidade de identificar outros herbicidas capazes de controlar essas plantas daninhas nas lavouras de soja. Neste contexto, as aplicações em pré-emergência, em pós-emergência inicial com herbicidas alternativos ao glyphosate, as misturas em tanque de glyphosate ou aplicações sequenciais com herbicidas de outros mecanismos de ação representam importantes estratégias de manejo para o controle dessas espécies.

Controles de *B. latifolia* acima de 90% foram obtidos com vários sistemas de aplicação sequencial, glyphosate + 2,4-D, glyphosate+ paraquat+diuron, glyphosate + glyphosate (PETTER *et al.*, 2007). Controle superior a 90% de *B. latifolia* no estágio de três pares de folhas foi obtido com aplicação em pós-emergência do herbicida imazethapyr, amplamente utilizado em cultivares de soja convencional (PROCÓPIO *et al.*, 2006). Os herbicidas chlorimuron-ethyl, imazethapyr, fomesafen, lactofen, flumiclorac-pentyl, e bentazon em associação com glyphosate foram eficientes quando o controle de *B. latifolia* foi realizado em plântulas de um-três folhas, porém quando o herbicida é aplicado em plântulas com

4-6 folhas os melhores resultados foram obtidos com fomesafen, lactofem, flumiclorac-pentyl também associados à glyphosate (RAMIRES *et al.*, 2011).

A associação de carfentrazone-ethyl em mistura de tanque com glyphosate proporcionou efeito aditivo ou sinérgico no controle de *R. brasiliensis* (SANCHOTENE *et al.*, 2008). O uso de diferentes doses de azafenidin (inibidor da Protox) proporcionou um controle total de *R. brasiliensis*, mesmo na menor dose testada (300 g ha⁻¹ de i.a.) até 150 DAA (CONSTANTIN *et al.*, 2000). Os herbicidas chlorimuron-ethyl e sulfentrazone aplicados isoladamente, não controlam esta espécie; enquanto flumioxazin, bentazon e carfentrazone em aplicação singular ou em associação com glyphosate apresentaram os melhores resultados (MONQUERO *et al.*, 2001). A adição de surfactante não iônico incrementou o controle pelo glyphosate de 14 para 85% em *R. brasiliensis*. Observou-se ainda que o uso de 2,4-D isolado ou em associação com glyphosate resultou em níveis de controle desta espécie acima de 84% (SHARMA; SINGH, 2001).

Não existem trabalhos na literatura que investiguem a resposta da espécie *G. chodatiana* ao glyphosate e a outros herbicidas. Em áreas de lavoura da região Sudoeste do Paraná, algumas populações desta espécie não são controladas mesmo com doses muito elevadas de glyphosate ou de sua associação com outros herbicidas dessecantes, como paraquat e 2,4-D.

O objetivo deste trabalho foi avaliar estratégias alternativas ao glyphosate para o controle das plantas daninhas *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* em pré-emergência, pós-emergência inicial e pós-emergência tardia.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco/PR entre os meses de setembro e dezembro de 2014. Cada experimento representou uma modalidade de aplicação para o manejo de cada uma das espécies daninhas (*B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana*): pré-emergência, pós-emergência inicial e pós-emergência tardia (em dessecação). No experimento de dessecação da espécie *G. chodatiana* foram realizados dois experimentos em estádios de

desenvolvimento diferentes: plantas provenientes de mudas (menos de um ano de idade) e plantas com mais de um ano de idade. Os ensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento no experimento em pré-emergência e três nos demais experimentos.

Em todos os experimentos, as sementes de *B. latifolia* foram submetidas à superação de dormência com aquecimento a 60°C por 30 min e posterior imersão em nitrato de potássio 2% por 3 horas. As sementes de *G. chodatiana* foram submetidas à superação de dormência com aquecimento a 60°C por 30 min com posterior aplicação de solução de ácido giberélico 400 ppm aplicado em papel de germinação em caixas de gerbox. *Richardia brasiliensis* não necessitou de quebra de dormência.

Para o experimento em pré-emergência, as sementes foram alocadas em caixas gerbox, com dupla camada de papel germitest, umedecido com água destilada em duas vezes e meia seu peso seco e permanecendo por 24 h. em câmara de germinação regulada a 25°C no escuro. Momentos antes da aplicação, 20 sementes foram semeadas equidistantemente a 0,5 cm de profundidade em vasos com 5 dm³ de capacidade, contendo solo do tipo Latossolo Vermelho distróferrico previamente peneirado. O solo utilizado foi previamente esterilizado sendo depositado em uma calha coberta e através de cano perfurado no centro da calha recebeu vapor de água fervente por 12 h., com objetivo de inviabilizar as sementes presentes no mesmo. Antes da aplicação dos tratamentos, os vasos receberam uma lâmina de aproximadamente 10 mm de água. As características químicas do solo utilizado no experimento com herbicidas pré-emergentes estão na Tabela 17.

Tabela 17 – Características químicas do solo utilizado no experimento de pré-emergência. UTFPR – Pato Branco - PR, 2014.

pH CaCl₂	MO	P	K	Ca	Mg	Al³⁺	SB	V
5,30	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³				%	
	33,51	6,68	0,35	5,73	2,64	0,0	8,72	71,83

Análise realizada pelo laboratório de solos da UTFPR – Câmpus Pato Branco.

Nos experimentos de pós-inicial e pós-emergência tardia, as sementes de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* foram depositadas em caixas gerbox, com dupla camada de papel de germinação, umedecido com água destilada seguindo os

procedimentos de superação de dormência descritos anteriormente. Aproximadamente 15 dias após a germinação, uma plântula de cada espécie foi transplantada para vasos de polietileno com capacidade para 5dm³, contendo solo do tipo Latossolo Vermelho distróferrico previamente peneirado, coletado na área experimental da UTFPR, com histórico de ausência de infestações de espécies de Rubiaceae. Devido à impossibilidade de gerar plântulas de *G. chodatiana* para os mesmos experimentos, as mudas utilizadas foram coletadas na lavoura de origem do biótipo em um local que não havia recebido aplicação de herbicidas anteriormente.

No momento da aplicação, as plântulas do experimento em pós-emergência inicial estavam com dois e três pares de folhas verdadeiras. As plantas do experimento de dessecação estavam iniciando o ciclo reprodutivo, com aproximadamente 25 folhas considerando-se o caule principal e as ramificações.

No experimento em pós-emergência tardia da espécie *G. chodatiana* além das plantas adultas oriundas de mudas, foi conduzido outro ensaio utilizando plantas adultas que haviam sido coletadas em lavoura de soja no mês de maio de 2013. Estas plantas foram mantidas em vasos de polietileno de 5dm³ de capacidade, contendo solo, em casa de vegetação, durante aproximadamente um ano e meio, tendo sido coletadas sementes durante o ano de 2014 para a utilização em outros experimentos.

Os tratamentos herbicidas empregados nos experimentos de pré-emergência, pós-emergência inicial e pós-emergência tardia estão descritos nas tabelas 18, 19 e 20, respectivamente.

Tabela 18 - Tratamentos empregados no experimento de pré-emergência e sua meia-vida no solo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Tratamento	Produto Comercial	Doses		Meia Vida
		g ha ⁻¹ de i.a.	L(kg) ha ⁻¹ de p.c.	
Testemunha	-	-	-	-
Imazethapyr	Pivot 100 SL	100	0,2	60-90 dias
Sulfentrazone	Boral 500 SC	600	1,2	180 dias
Chlorimuron-Ethyl	Panzer 250 WDG	22,5	0,09	40 dias
Diclosulan	Spider 840 WG	35	0,042	60-90 dias
S-metolachlor	Dual Gold	1920	2,0	15-50 dias
Saflufenacil	Heat	60	0,085	25 dias

Tabela 19 - Tratamentos empregados no experimento de pós-emergência inicial. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Tratamento	Produto Comercial	Doses		Adjuvante
		g ha ⁻¹ de i.a.	L(kg) ha ⁻¹ de p.c.	
Testemunha	-	-	-	-
Bentazon	Basagran 600	720	1,2	Assist 1,0 L ha ⁻¹
Fomesafen	Flex	250	1,0	Energic 0,2% v/v
Lactofen	Cobra	202,5	0,85	-
Flumioxazin	Sumisoya	60	0,12	Agral 0,25% v/v
Glyphosate	Roundup Original	960*	2,0	-

* Produto comercial com 360 g L⁻¹ de e.a., totalizando dose de 720 g ha⁻¹ de e.a.

Tabela 20 - Tratamentos empregados no experimento de dessecação. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Aplicação única ou sequencial	Produto Comercial	Doses		Adjuvante	
		g ha ⁻¹ de i.a.	L(kg) ha ⁻¹ de p.c.		
Testemunha	-	-	-	-	
Glyphosate	Roundup Original	1440*	3,0	-	
Glyphosate	Glyphosate	Roundup/Roundup	1440/1440	3,0/3,0	
Glyphosate	Paraquat +Diuron	Roundup/Gramocil	1440/400+200	3,0/2,0	Agral 0,1% v/v **
Glyphosate +2,4-D	-	Roundup +DMA 806 BR	1440+806	3,0+1,0	-
Glyphosate +2,4-D	Paraquat +Diuron	Roundup+DMA 806 BR/Gramocil	1440+806/400+200	3,0+1,0/2,0	Agral 0,1% v/v **
+Carfentrazone-ethyl	-	Roundup +Aurora 400 EC	1440+30	3,0+0,15	Assist 0,5% v/v
+Imazethapyr	-	Roundup +Pivot 100 SL	1440+100	3,0+0,2	-
+Flumiclorac-pentyl	-	Roundup +Radiant 100	1440+60	3,0+0,6	Assist 0,2% v/v
+Flumioxazin	-	Roundup +Sumisoya	1440+25	3,0+0,05	Agral 0,25% v/v
+Sulfentrazone	-	Roundup +Boral 500 SC	1440+200	3,0+0,4	-
+Chlorimuron-ethyl	-	Roundup +Panzer 250 WDG	1440+22,5	3,0+0,45	Assist 0,05% v/v
+Saflufenacil	-	Roundup +Heat	1440+60	3,0+0,085	Dash 0,5% v/v
+ Amônio-glufosinate	-	Roundup +Finale	1440+500	3,0+2,5	Hoefix 0,2% v/v

* Produto comercial com 360 g L⁻¹ de e.a., totalizando dose de 1080 g ha⁻¹ de e.a.

** Adjuvante adicionado somente ao tratamento sequencial.

Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado a CO₂ a 43 lbf/pol², mantido à pressão constante, acoplado a esse uma barra de 1,5m com três pontas de pulverização tipo leque 110.02, distanciados entre si de 0,50m, totalizando volume de calda de 200L ha⁻¹. No manejo sequencial, a segunda aplicação foi efetuada dez dias após a primeira.

As aplicações nos experimentos de pré-emergência e pós-emergência inicial foram realizadas no dia 01/12/14 e as aplicações nos experimentos de pós-emergência tardia foram realizadas no dia 02/12/14. As condições meteorológicas no início e final das aplicações foram as seguintes: Primeiro dia - temperatura do ar (T°C): 28 e 25,8; umidade relativa do ar (UR%): 74 e 78,4. Segundo dia T°C: 29,5 e 26,7; UR%: 70 e 75,2. Na aplicação dos tratamentos sequenciais as condições no início e final das aplicações foram eram T°C: 27,5 e 26,7; UR%: 79 e 80,2. As temperaturas registradas diariamente no interior da casa de vegetação após a aplicação dos tratamentos estão da Figura 29.

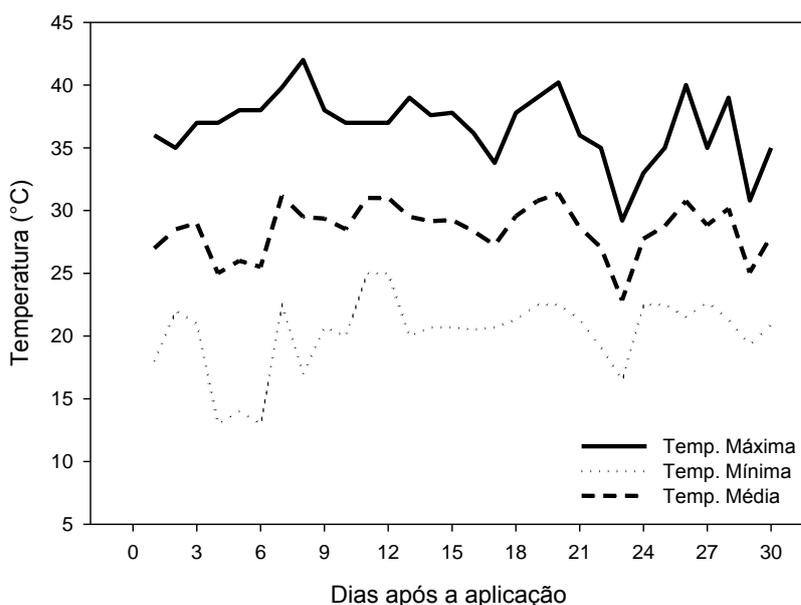


Figura 29 – Temperaturas máxima, média e mínima registradas diariamente durante o mês de dezembro de 2014 no interior da casa de vegetação após a aplicação dos tratamentos nos experimentos. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

No experimento em pré-emergência foram efetuadas contagens das plantas emergidas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Nos experimentos em pós-emergência inicial e em dessecação, avaliações de controle visual foram realizadas aos 7, 14 e 28 DAA dos tratamentos iniciais (a primeira avaliação dos tratamentos que tinham sequenciais, foi realizada antes da aplicação do mesmo), segundo a escala proposta por Frans *et al.* (1986), em que 0

representa efeito nulo de sintomas de herbicidas sobre as plantas e 100% representa a morte das mesmas.

Após a última avaliação (28 DAA) realizou-se a coleta da parte aérea das plantas dos experimentos de pós-emergência, com posterior secagem das mesmas em estufa com circulação de ar forçada a 60°C, até atingir massa constante, e a quantificação da massa seca da parte aérea (MSPA). Nos experimentos em pré-emergência, calculou-se a percentagem de redução de germinação bem como a percentagem de redução de MSPA em relação à testemunha, sem herbicida.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa computacional Winstat (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2005).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 Herbicidas Aplicados Em Pré-emergência

Houve significância ($p < 0,05$) para redução da germinação em relação à testemunha nas quatro épocas avaliadas, para as espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis*. Entretanto, não foi possível utilizar os dados do experimento de pré-emergência da espécie *G. chodatiana*, devido à baixa germinação apresentada pela testemunha (inferior a 10% - dados não apresentados). Como observado no terceiro capítulo, essa espécie não tolera altas temperaturas na germinação (acima de 30°C) e, portanto, a baixa germinação pode ter sido ocasionada pelas altas temperaturas registradas no interior da casa de vegetação após a implantação do experimento (Figura 29).

5.5.1.1 Controle de *Borreria latifolia*

Na avaliação aos 7 DAA (Tabela 21), apenas o herbicida saflufenacil inibiu totalmente a emergência de *B. latifolia*. Porém, os herbicidas chlorimuron e

sulfentrazone resultaram em inibição alta da emergência. Da mesma forma, aos 14 e 21 DAA, somente saflufenacil e sulfentrazone apresentaram eficiência sobre a espécie, com 95 e 97% de inibição, respectivamente. Os níveis de eficiência de S-metolachlor foram ampliados substancialmente aos 28 DAA, pois nesta avaliação o mesmo resultou na mortalidade completa das plântulas que haviam emergido anteriormente, configurando-se, juntamente com o saflufenacil e sulfentrazone, como os herbicidas mais efetivos em inibir a germinação da espécie *B. latifolia*. O imazethapyr ocasionou apenas 14% de redução da emergência em relação à testemunha e demonstrou ser o tratamento menos eficiente, assim como o chlorimuron-ethyl, que em média reduziu a emergência em 50% nas três últimas avaliações.

Os herbicidas S-metolachlor, pendimethalin e sulfentrazone apresentaram redução da germinação de 100% na dose considerada como recomendada sobre a espécie *Borreria densiflora* DC em contraste com imazaquin, para o qual, a partir da meia dose mostrou controle inferior aos demais tratamentos aos 60 DAA (MARTINS; CHRISTOFFOLETI, 2014).

Tabela 21 – Emergência (% em relação à testemunha) de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 7, 14, 21 e 28 DAA após a aplicação de herbicidas pré-emergentes. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Tratamento	Redução da emergência (%)							
	7 DAA*		14 DAA		21 DAA		28 DAA	
Testemunha	0	d**	0	d	0	c	0,0	e
Imazethapyr	29	c	6	d	5	c	14	d
Sulfentrazone	96	a	88	a	95	a	98	a
Chlorimuron-ethyl	88	a	47	b	60	b	51	c
Diclosulan	71	b	32	c	63	b	72	b
S-metolachlor	42	c	50	b	66	b	100	a
Saflufenacil	100	a	97	a	97	a	98	a

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

5.5.1.2 Controle de *Richardia brasiliensis*

Os herbicidas sulfentrazone, diclosulan e saflufenacil inibiram totalmente a emergência de *R. brasiliensis* em todas as avaliações realizadas (Tabela

22). Chlorimuron e S-metolachlor podem ser incluídos no grupo com maior eficácia, pois permitiram alguma emergência ao longo das avaliações inicial e intermediárias, mas apresentaram pleno controle aos 28 DAA. Assim como havia se observado para *B. latifolia*, o imazethapyr foi o menos efetivo, com inibição média de apenas 30% da emergência de *R. brasiliensis*.

O herbicida S-metolachlor e cinmethylin isolados ou em mistura com cyanazine controlaram eficientemente *R. brasiliensis* até os 30 DAA (SOUZA, 1988).

Tabela 22 - Emergência (% em relação à testemunha) de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 7, 14, 21 e 28 DAA após a aplicação de herbicidas pré-emergentes. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Tratamento	Redução da emergência (%)							
	7 DAA*		14 DAA		21 DAA		28 DAA	
Testemunha	0	c**	0	d	0	c	0	c
Imazethapyr	33	b	27	c	32	b	34	b
Sulfentrazone	100	a	100	a	100	a	100	a
Chlorimuron-ethyl	100	a	88	a	94	a	100	a
Diclosulan	100	a	100	a	100	a	100	a
S-metolachlor	94	a	65	b	91	a	100	a
Saflufenacil	100	a	100	a	100	a	100	a

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Conhecer o desempenho dos herbicidas sobre as espécies de plantas daninhas ao longo do tempo é de fundamental importância, pois essa característica auxilia na escolha da dose para o produto atingir o residual necessário, no caso de manejo químico em pré-emergência (MARTINS; CHRISTOFFOLETI, 2014). Por exemplo, a espécie *Ipomoea grandifolia*, que apresenta problemas de controle em cana-de-açúcar em função dos fluxos de germinação durante o ciclo da cultura, tem sua eficácia incrementada pela aplicação de herbicidas residuais. Com o término do efeito residual, é necessária uma segunda aplicação de herbicidas, devido à ocorrência de um segundo fluxo de emergência.

Monquero e Christoffoleti (2003) observaram que plantas de *R. brasiliensis* mantidas em uma área de pousio produziram 228 milhões de sementes após o primeiro ciclo, demonstrando o potencial de produção de propágulos dessa espécie. Esse dado reforça a importância da utilização de herbicidas pré-emergentes, para

impedir novos fluxos de emergência de plantas que, além de competirem com a cultura, podem, se chegarem ao final do ciclo, incrementar o banco de sementes.

De maneira geral, os herbicidas sulfentrazone, S-metolachlor e saflufenacil foram eficientes em inibir a emergência de plântulas das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, constituindo-se boas opções para integrar as estratégias de manejo de plantas daninhas na cultura de soja transgênica.

5.5.2 Herbicidas Aplicados Em Pós-emergência Inicial

A análise da variância demonstrou significância dos tratamentos para análises de controle visual e redução percentual da massa seca da parte aérea (MSPA), para as três espécies estudadas.

5.5.2.1 Controle de *Borreria latifolia*

Em geral, todos os herbicidas testados controlaram eficientemente a espécie *B. latifolia* (Tabela 23). Aos 7 DAA, destacou-se o lactofem, que atingiu 60% de controle, enquanto os demais situaram-se entre 28 e 45%. Observou-se aos 14 DAA que lactofem e bentazon apresentaram melhor eficiência que os demais. Aos

Tabela 23 - Controle visual (%) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. após a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Tratamento	Controle (%)			MSPA
	7 DAA*	14 DAA	28 DAA	
Testemunha	0,0 d**	0,0 c	0,0 c	0,0 c
Bentazon	30,0 bc	90,0 a	96,7 ab	91,3 a
Fomesafen	45,0 b	66,7 b	100 a	90,3 a
Lactofem	61,7 a	88,3 a	98,3 a	92,2 a
Flumioxazin	36,7 bc	75,0 b	96,7 ab	85,1 b
Glyphosate	28,3 c	68,3 b	93,3 b	83,8 b

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

28 DAA, todos os herbicidas apresentaram níveis de controle acima de 90%, porém, fomesafen e lactofem destacaram-se pelos níveis superiores, de 100 e 98,3%, respectivamente. O herbicida glyphosate proporcionou controle de 93,3%, sendo superior à testemunha sem aplicação e igualando-se ao bentazon e flumioxazin.

Assim como no presente trabalho, o uso de glyphosate isolado nas doses de 480 e 960 g ha⁻¹ de e.a. apresentou níveis de controle de 72 e 87%, respectivamente, aos 35 DAA, quando aplicado em plântulas de *B. latifolia* no estágio de um-três folhas (RAMIRES *et al.*, 2011). No entanto, no mesmo trabalho, quando esses tratamentos foram aplicados no estágio de 4-6 folhas, os autores observaram controle total a partir dos 14 DAA, indicando que a maior suscetibilidade da espécie é apresentada nesse estágio de desenvolvimento.

As associações dos herbicidas chlorimuron-ethyl, imazethapyr, fomesafen, lactofem, flumiclorac-pentyl e bentazon com glyphosate foram eficientes no controle de *B. latifolia* em plântulas com um a três folhas, enquanto os melhores resultados em plântulas com quatro a seis folhas foram obtidos com as associações de glyphosate com fomesafen, lactofem e flumiclorac-pentyl (RAMIRES *et al.*, 2011). Observações preliminares de aplicações pós-emergentes de imazethapyr, chlorimuron-ethyl, fomesafen e glyphosate evidenciaram que a planta daninha *B. densiflora* se torna tolerante quando chega ao estágio de 4-5 pares de folhas, levando a falhas de controle. A explicação para este fato é a presença de muitas brotações laterais ao longo da haste principal das plantas, ou seja, dois pares de folhas em cada nó relacionados ao par de folhas principal, fazendo então, com que haja o efeito guarda-chuva sobre essas brotações, o qual assegura a sobrevivência da planta mesmo após a aplicação (MARTINS; CHRISTOFFOLETI, 2014).

O glyphosate isolado ou em associação com o pyriithiobac-sodium, (herbicida registrado para uso em algodão), independentemente da dose utilizada, proporcionou controle de *B. latifolia* de 100% aos 28 DAA quando aplicados em plântulas com 2-4 folhas. Os níveis de controle com pyriithiobac-sodium foram proporcionais ao incremento de dose, havendo nível de controle satisfatório aos 28 DAA, apenas para a dose de 300 g ha⁻¹ de i.a. O amônio-glufosinate isolado proporcionou acima de 90% de controle da planta daninha, não sendo interessante o aumento de dose deste herbicida a partir de 300 g ha⁻¹ de i.a. (TAKANO *et al.*, 2011).

O glyphosate apresentou controle de 87,5% de *B. densiflora* no estágio fenológico de três pares de folhas, no entanto, apresentou menor eficácia do que os

tratamentos glyphosate + 2,4-D, lactofen, chlorimuron-ethyl, imazethapyr + lactofen, carfentrazone-ethyl + glyphosate, imazethapyr + chlorimuron-ethyl e imazethapyr + chlorimuron-ethyl + lactofem, os quais apresentaram controle superior a 97% (MARTINS; CHRISTOFFOLETI, 2014).

5.5.2.2 Eficácia sobre *Richardia brasiliensis*

Todos os herbicidas apresentaram elevados níveis de controle de *R. brasiliensis* (Tabela 24), exceto o bentazon. Aos 7 DAA, os herbicidas fomesafen, lactofem e flumioxazin apresentaram níveis de controle superiores a 75%. Observou-se que os herbicidas fomesafen e lactofem apresentaram controle superior a 90% aos 14 DAA, enquanto bentazon e glyphosate atingiram apenas 40 e 45%, respectivamente. Na última avaliação de controle os herbicidas fomesafen, lactofem e flumioxazin destacaram-se pelos níveis de controle superiores a 90%. Glyphosate apresentou nível de controle de 87%, um pouco abaixo dos demais, porém só diferiu estatisticamente da testemunha sem aplicação.

Da mesma forma, os herbicidas mais eficientes em reduzir a MSPA foram fomesafen, lactofem e o flumioxazin com 97,1, 98,4 e 96,1%, respectivamente. O bentazon foi o menos eficiente em reduzir a MSPA com apenas 66,6% de redução.

O glyphosate ao ser aplicado isoladamente em plântulas com quatro folhas, controlou *R. brasiliensis* em 60% aos 7 DAA e 90% aos 14 DAA e reduziu o acúmulo de MSPA em 83%, indicando a suscetibilidade desta espécie quando o herbicida é aplicado em condições de pós-emergência inicial (MONQUERO *et al.*, 2001). No presente trabalho, observou-se nível de controle e de redução da MSPA semelhantes, porém somente aos 28 DAA. A aplicação dos herbicidas bentazon e flumioxazin isolados ou em mistura com glyphosate em plântulas de *R. brasiliensis* com quatro folhas promoveram controle acima de 94% aos 14 DAA (MONQUERO *et al.*, 2001). No entanto, no presente trabalho, a aplicação isolada de bentazon promoveu controle de apenas 76%, considerado insuficiente na prática.

O controle proporcionado pelo glyphosate, tanto isolado quanto em associação com o pyriithiobac-sodium foi eficiente quando aplicados em plântulas de *R. brasiliensis* com duas a quatro folhas. Para o amônio-glufosinate, à medida que

houve incremento na dose de 300 para 400 g ha⁻¹, a obtenção de níveis de controle satisfatórios foi antecipada da avaliação de 28 para 7 DAA (TAKANO *et al.*, 2011).

Tabela 24 - Controle visual (%) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) de *Richardia brasiliensis* Gomes após a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Tratamento	Controle (%)			MSPA
	7 DAA*	14 DAA	28 DAA	
Testemunha	0,0 d**	0,0 d	0,0 c	0,0 d
Bentazon	31,7 b	40,0 c	76,7 b	66,6 c
Fomesafen	78,3 a	90,0 a	96,7 a	97,1 a
Lactofem	83,3 a	96,7 a	98,3 a	98,4 a
Flumioxazin	76,7 a	77,0 ab	96,7 a	96,1 a
Glyphosate	15,0 c	45,0 bc	87,0 ab	89,8 b

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

5.5.2.3 Controle de *Galianthe chodatiana*

Em geral, para a espécie *G. chodatiana*, todos os herbicidas testados apresentaram boa eficácia de controle (Tabela 25). Na primeira avaliação destacou-se o herbicida lactofem com 58% de controle. Aos 14 DAA, novamente o lactofem destacou-se, com 78% de controle, porém não diferiu dos tratamentos flumioxazin e glyphosate, com 60% de controle. Na avaliação aos 28 DAA, fomesafen, lactofem e flumioxazin superaram o nível de 90% de controle, resultado similar ao obtido em *R. brasiliensis*. Glyphosate e bentazon apresentaram bons níveis de controle, de 83,3 e 80%, respectivamente, porém abaixo dos demais.

Os herbicidas mais eficientes em reduzir o acúmulo de MSPA foram o lactofem e o flumioxazin com 91,6, e 91,2% de redução, respectivamente. Bentazon, assim como ocorreu para *R. brasiliensis*, foi o herbicida menos eficiente em reduzir a MSPA com 70,4%.

Tabela 25 - Controle visual (%) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) de *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral após a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Tratamento	Controle (%)			MSPA
	7 DAA*	14 DAA	28 DAA	
Testemunha	0,0 d**	0,0 c	0,0 c	0,0 d
Bentazon	20,0 c	31,7 b	80,0 b	70,4 c
Fomesafen	46,7 ab	31,7 b	95,0 a	84,3 b
Lactofem	58,3 a	78,3 a	96,7 a	91,6 a
Flumioxazin	36,7 b	60,0 a	96,7 a	91,2 a
Glyphosate	33,3 b	63,3 a	83,3 b	83,2 b

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

5.5.3 Herbicidas Aplicados Em Pós-emergência Tardia (Dessecação)

A análise da variância demonstrou significância dos tratamentos para análises de controle visual e redução percentual da massa seca da parte aérea (MSPA) para as três espécies avaliadas.

5.5.3.1 Controle de *Borreria latifolia*

Aos 7 DAA, níveis de controle acima de 80% de *B. latifolia* foram obtidos com as associações de glyphosate com os herbicidas carfentrazone, flumiclorac, saflufenacil e amônio-glufosinate (Tabela 26). Na avaliação aos 14 DAA, incluem-se no grupo dos citados, as associações com imazethapyr, flumioxazin e chlorimuron, além das aplicações sequenciais glyphosate/paraquat+diuron ou de glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron, com destaque para glyphosate/paraquat+diuron e a associação de glyphosate com amônio-glufosinato, que apresentaram controle acima de 90%. Na última avaliação, excetuando-se os tratamentos com glyphosate isolado e associação de glyphosate com 2,4-D ou com sulfentrazone, todos os demais apresentaram controle acima de 95%, demonstrando que podem ser utilizados para o controle da espécie neste sistema de manejo.

Tabela 26 - Controle visual (%) de *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum. aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) após a aplicação de herbicidas em pós-tardia (dessecação). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Aplicação única ou sequencial		Controle (%)			MSPA
		7 DAA*	14 DAA	28 DAA	
Testemunha	-	0,0 f**	0,0 e	0,0 c	0,0 d
Glyphosate	-	46,7 cd	56,7 d	76,7 b	65,9 c
Glyphosate	Glyphosate	43,3 cd	76,7 bc	96,7 a	77,2 abc
Glyphosate	Paraquat +Diuron	46,7 cd	90,0 a	100,0 a	87,0 ab
Glyphosate +2,4-D	-	36,7 de	50,0 d	78,3 b	74,5 bc
Glyphosate +2,4-D	Paraquat +Diuron	40,0 cd	81,7 ab	100,0 a	90,6 a
Glyphosate +Carfentrazone-ethyl	-	85,0 a	86,7 a	100,0 a	91,5 a
Glyphosate +Imazethapyr	-	48,3 c	81,7 ab	95,0 a	76,6 abc
Glyphosate +Flumiclorac-pentyl	-	80,0 a	83,3 ab	100,0 a	90,2 a
Glyphosate +Flumioxazin	-	78,3 a	88,3 a	95,0 a	81,3 ab
Glyphosate +Sulfentrazone	-	66,7 b	70,0 c	76,7 b	80,2 abc
Glyphosate +Chlorimuron-ethyl	-	26,7 e	85,0 ab	95,0 a	79,0 abc
Glyphosate +Saflufenacil	-	81,7 a	88,3 a	100,0 a	90,2 a
Glyphosate + Amônio-glyphosinate	-	85,0 a	90,0 a	100,0 a	90,2 a

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Em relação à MSPA, os tratamentos associados ao glyphosate que provocaram as maiores reduções foram 2,4-D/paraquat+diuron, carfentrazone, flumiclorac, saflufenacil e amônio-glyphosinate, com média de 90% de redução. Glyphosate isolado ou em sua aplicação sequencial, 2,4-D e imazethapyr isolados destacaram-se negativamente, proporcionando reduções menores que 77%. Os demais tratamentos situaram-se entre 79 e 87% de redução de MSPA.

Petter *et al.* (2007) observaram menor nível de controle sobre a *B. latifolia* no tratamento que incluiu glyphosate (1080 g ha⁻¹) + 2,4-D (241,8 g ha⁻¹) aos 14 dias antes da semeadura da soja e glyphosate (960 g ha⁻¹) aos 35 dias após a emergência da cultura, semelhante ao observado no presente trabalho, que apre-

sentou baixo nível de controle para associação glyphosate + 2,4-D. No entanto, controles acima de 90% foram obtidos com vários sistemas de aplicação sequencial glyphosate + 2,4-D, glyphosate + paraquat+diuron, glyphosate + glyphosate (PETTER *et al.*, 2007).

O antagonismo do glyphosate com herbicidas de contato fé relatado por Hydrick e Shaw (1994) e Lich *et al.* (1997), que sugerem que esse herbicida não deve ser aplicado em combinações com fomesafen ou sulfentrazone no controle em pós-emergência das plantas daninhas na cultura da soja. No entanto, como o resultado das interações entre herbicidas é dependente da espécie vegetal e de outros fatores como a dose, estágio de desenvolvimento, uso de adjuvantes, é importante a avaliação dessas interações considerando outros fatores e suas interações.

Diferentes tratamentos foram testados por Ferreira *et al.* (2006) controle das espécies *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, no estágio de plântula. Os tratamentos estudados foram glyphosate, glyphosate + sulfato de amônio, glyphosate + uréia, glyphosate + flumioxazin + óleo, glyphosate + carfentrazone-ethyl. Os autores verificaram que o tratamento glyphosate (1440 g ha⁻¹) foi o que apresentou menor eficácia, com controle abaixo de 85%, semelhante aos resultados apresentados no presente estudo, sendo que todos os demais tratamentos mostraram controle acima de 95%.

Uma forma alternativa para o controle efetivo de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate e/ou que apresentam menor controle quando tratadas com este produto, como no caso *B. densiflora*, é a aplicação sequencial do herbicida (MONQUERO *et al.*, 2005).

5.5.5.2 Controle de *Richardia brasiliensis*

Os resultados observados aos 7 DAA, as associações de glyphosate com flumiclorac, flumioxazin, saflufenacil e amônio-glufosinate apresentaram níveis de controle de *R. brasiliensis* superiores a 80%, destacando-se entre os tratamentos testados (Tabela 27). Na segunda avaliação, aos 14 DAA, além dessas associações, também se destacaram as associações com carfentrazone, imazethapyr e chlorimuron, além dos tratamentos sequenciais de glyphosate/paraquat+diuron ou glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron, todos com níveis de controle entre 80 e 90%. Aos 28

DAA, todos os tratamentos alternativos testados, excetuando-se o glyphosate isolado e associado com sulfentrazone apresentaram controle acima de 90%.

Tabela 27 - Controle visual (%) de *Richardia brasiliensis* Gomes aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) após a aplicação de herbicidas em pós-tardia (dessecação). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Aplicação única ou sequencial		Controle (%)			MSPA
		7 DAA*	14 DAA	28 DAA	
Testemunha	-	0,0 h**	0,0 e	0,0 d	0,0 e
Glyphosate	-	11,7 g	51,7 d	80,0 c	57,2 d
Glyphosate	Glyphosate	11,7 g	71,7 c	95,0 ab	78,3 c
Glyphosate	Paraquat +Diuron	15,0 g	90,0 a	100 a	90,1 a
Glyphosate +2,4-D	-	30,0 ef	76,7 bc	95,0 ab	82,0 bc
Glyphosate +2,4-D	Paraquat +Diuron	33,3 e	90,0 a	100 a	91,0 a
Glyphosate +Carfentrazone-ethyl	-	76,7 cd	90,0 a	100 a	92,8 a
Glyphosate +Imazethapyr	-	25,0 f	83,3 ab	91,7 b	82,4 bc
Glyphosate +Flumiclorac-pentyl	-	80,0 bc	90,0 a	100 a	78,3 c
Glyphosate +Flumioxazin	-	83,3 abc	90,0 a	98,3 a	84,3 b
Glyphosate +Sulfentrazone	-	71,7 d	71,7 c	81,7 c	84,0 b
Glyphosate +Chlorimuron-ethyl	-	25,0 f	80,0 b	100 a	81,8 bc
Glyphosate +Saflufenacil	-	88,3 a	90,0 a	100 a	90,6 a
Glyphosate + Amônio-glufosinate	-	86,7 ab	90,0 a	100 a	90,9 a

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Os tratamentos que promoveram as maiores reduções da MSPA foram as aplicações sequenciais de glyphosate/paraquat+diuron ou glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron e as associações com carfentrazone, flumiclorac, saflufenacil e amônio-glufosinate, com média de 90% de redução. Glyphosate isolado e associado a 2,4-D, imazethapyr e flumioxazin ocasionaram redução da MSPA abaixo de 75%. Os demais tratamentos apresentaram reduções entre 79 e 81,3%.

É importante considerar que a dose de glyphosate utilizada por muitos agricultores da região Sudoeste do Paraná para o controle de plantas daninhas, de maneira geral, é de 1080 g ha⁻¹ de e.a. e que as doses utilizadas ao longo dos anos estão sendo incrementadas, em função do processo de seleção em curso.

Nos tratamentos que continham os herbicidas glyphosate ou 2,4 D, ambos isolados ou em misturas, constatou-se controle inicial lento. Santos *et al.* (2001), com o propósito de avaliar o desempenho de glyphosate em *Commelina diffusa* e *Commelina benghalensis*, evidenciaram que glyphosate apresentou ação de controle lenta e, somente a partir dos 28 DAA, observou-se controles satisfatórios, com controle máximo aos 63 DAA.

De acordo com Cechin *et al.* (2012) o controle de *R. brasiliensis* foi melhorado para 62% nas associações de glyphosate (1440 g ha⁻¹ de i.a.) com outros herbicidas, especialmente com o chlorimuron (40 g ha⁻¹ de i.a.) e que níveis de controle acima de 70%, só foram obtidos com a associação de glyphosate (2880 g ha⁻¹ de i.a.) ao saflufenacil (70 g ha⁻¹ de i.a.) ou ao chlorimuron (20 g ha⁻¹ de i.a.). Perez *et al.*, (2010) relataram controle de 83% na associação de glifosato + saflufenacil (1080 + 49 g ha⁻¹ de i.a.) aos 30 DAA. Vitorino *et al.* (2012), com o uso da mesma associação mas nas doses de 720+28 g ha⁻¹ de i.a. observaram controle de 96% aos 28 DAA, atingindo elevado nível de controle, mesmo com doses inferiores aos utilizados no presente trabalho.

Segundo Constantin *et al.* (2000), tanto a aplicação isolada de glyphosate ou sua mistura ao flumioxazin foram eficazes no controle de *Bidens pilosa*, *Richardia brasiliensis*, *Digitaria horizontalis* e *Brachiaria decumbens*, tendo a presença do flumioxazin na mistura acelerado a morte das plantas. No entanto, Ronchi *et al.* (2000), avaliando a eficiência de herbicidas no controle de *C. benghalensis* e *C. diffusa* em fase adulta, no campo, verificaram que a mistura em tanque de glyphosate + flumioxazin promoveu controle inicial rápido, porém com recuperação das plantas 30 DAA dos herbicidas.

5.5.3.3 Controle de *Galianthe chodatiana*

Ao contrário do que fora constatado para *B. latifolia* e *R. brasiliensis*, aos 7 DAA, apenas a associação de glyphosate com amônio glufosinate apresentou

controle elevado de plantas adultas com menos de um ano de idade de *G. chodatiana* (Tabela 28). Em comparação, a aplicação isolada de glyphosate atingiu apenas

Tabela 28 - Controle visual (%) de *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (proveniente de mudas) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) após a aplicação de herbicidas em pós-tardia (dessecação). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Aplicação única ou sequencial		Controle (%)			MSPA
		7 DAA*	14 DAA	28 DAA	
Testemunha	-	0.0 g**	0,0 e	0,0 f	0,0 d
Glyphosate	-	15.0 f	48,3 d	48,3 e	56,5 c
Glyphosate	Glyphosate	15.0 f	61,7 bcd	85,0 c	78,3 b
Glyphosate	Paraquat +Diuron	15.0 f	68,3 abc	100 a	90,1 ab
Glyphosate +2,4-D	-	35.0 d	80,0 a	93,3 abc	82,0 ab
Glyphosate +2,4-D	Paraquat +Diuron	35.0 d	80,0 a	100 a	91,0 ab
Glyphosate +Carfentrazone-ethyl	-	68.3 b	78,3 a	90,0 abc	92,8 a
Glyphosate +Imazethapyr	-	25.0 e	48,3 d	71,7 d	82,3 ab
Glyphosate +Flumiclorac-pentyl	-	35.0 d	55,0 cd	86,7 bc	78,3 b
Glyphosate +Flumioxazin	-	58.3 c	76,7 ab	95,0 abc	84,3 ab
Glyphosate +Sulfentrazone	-	53.3 c	60,0 cd	85,0 c	84,0 ab
Glyphosate +Chlorimuron-ethyl	-	21.7 ef	53,3 cd	83,3 c	81,8 ab
Glyphosate +Saflufenacil	-	55.0 c	68,3 abc	98,3 ab	90,6 ab
Glyphosate + Amônio-glufosinate	-	80.0 a	83,3 a	100 a	90,9 ab

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

15% de controle. Na avaliação aos 14 DAA, apenas as associações de glyphosate com carfentrazone e com amônio-glufosinate e a sequencial de glyphosate+2,4-D /paraquat+diuron resultaram em níveis de controle iguais ou superiores a 80%, destacando-se pela superioridade em relação às demais. Aos 28 DAA, destacaram-se pela elevada eficácia os tratamentos sequenciais de glyphosate/paraquat+diuron e glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron e a associação de glyphosate com amônio-

glufosinate. As associações de glyphosate com 2,4-D, carfentrazone, flumioxazin e saflufenacil também foram eficientes, apresentando controle acima de 90%.

Os tratamentos que provocaram as maiores reduções da MSPA, foram os sequenciais de glyphosate/paraquat+diuron e glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron e as associações de glyphosate com carfentrazone, saflufenacil e amônio-glufosinate, com média de 90% de redução. Glyphosate isolado, e com sequencial do mesmo herbicida flumiclorac, proporcionaram reduções da MSPA menor do que 79%. Os demais tratamentos situaram-se entre 82 e 84% de redução.

Houve grande dificuldade de controle de plantas adultas com mais de um ano de idade de *G. chodatiana*, na modalidade de aplicação em pós-emergência tardia (dessecação). Aos 7 DAA, os melhores tratamentos, com associação de glyphosate e saflufenacil e glyphosate e amônio-glufosinate atingiram 50% de controle, enquanto que a aplicação isolada de glyphosate apresentou apenas 15% de controle (Tabela 29). Aos 14 DAA, o tratamento que se destacou foi a sequencial de glyphosate/paraquat+diuron, atingindo 90% de controle. Em seguida, destacaram-se a sequencial de glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron e as associações de glyphosate com saflufenacil e com amônio-glufosinate, com aproximadamente 65% de controle. Aos 28 DAA, somente quatro tratamentos apresentaram controle eficiente da espécie, sendo eles as sequenciais glyphosate/paraquat+diuron e glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron e as associações de glyphosate com saflufenacil ou com amônio-glufosinate, que proporcionaram controle acima de 95%. A associação de glyphosate com flumioxazin vem na sequência, com 85% de controle. Os demais tratamentos atingiram no máximo 65% de controle, com destaque negativo para os tratamentos com glyphosate isolado, sequencial do mesmo herbicida e associação com 2,4-D, que atingiram em torno de 30% de controle.

Apenas as associações de glyphosate com saflufenacil e amônio-glufosinate reduziram a MSPA acima de 80%, em relação à testemunha. Os dois tratamentos em sequencial referidos anteriormente e a associação de glyphosate com flumiclorac apresentaram redução da MSPA de 71,3, 73 e 68,9%. A aplicação isolada de glyphosate reduziu a MSPA em apenas 23% em relação à testemunha, evidenciando a elevada tolerância desta espécie nesse estágio de desenvolvimento.

O glyphosate tem amplo espectro de ação sobre as espécies suscetíveis, com maior eficácia que o paraquat sobre plantas perenes e em estádios mais avançados de desenvolvimento (NIETO *et al.*, 1991; OLIVEIRA JR., 2001). A adição

do diuron ao paraquat provoca efeito sinérgico, pois retarda a ação letal do paraquat sobre os tecidos do floema, permitindo que se transloque a maiores distâncias, atuando, portanto, melhor em plantas em estádios mais adiantados de crescimento (ALMEIDA, 1991). A adição do 2,4-D ao glyphosate resulta em mistura com maior ação latifolicida, sem perder a ação gramínicida do segundo (KOCH *et al.*, 1989; OLIVEIRA JR., 2001). Dalazen (2012) afirma haver efeito sinérgico da associação entre glyphosate e saflufenacil e, que a mesma ajuda a prevenir a ocorrência de rebrotos em *Conyza* spp.

Tabela 29 - Controle visual (%) de *Galianthe chodatiana* (Standl.) E.L. Cabral (plantas adultas com mais de um ano de idade) aos 7, 14 e 28 DAA e redução da massa seca da parte aérea (MSPA) (% em relação à testemunha) após a aplicação de herbicidas em pós-tardia (dessecação). UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Aplicação única ou sequencial		Controle (%)			MSPA
		7 DAA*	14 DAA	28 DAA	
Testemunha	-	0,0 h**	0,0 e	0,0 e	0,0 e
Glyphosate	-	15,0 fg	21,7 d	26,7 d	23,3 d
Glyphosate	Glyphosate	15,0 fg	20,0 d	28,3 d	37,8 c
Glyphosate	Paraquat +Diuron	15,0 fg	90,0 a	95,0 ab	71,3 ab
Glyphosate +2,4-D	-	28,3 cd	21,7 d	30,0 d	39,8 c
Glyphosate +2,4-D	Paraquat +Diuron	28,3 cd	65,0 b	95,0 ab	73,0 ab
Glyphosate +Carfentrazone-ethyl	-	30,0 c	41,7 c	65,0 c	49,9 c
Glyphosate +Imazethapyr	-	20,0 ef	16,7 d	23,3 d	44,1 c
Glyphosate +Flumiclorac-pentyl	-	25,0 cde	25,0 d	36,7 d	68,9 ab
Glyphosate +Flumioxazin	-	38,3 b	46,7 c	85,0 b	64,6 b
Glyphosate +Sulfentrazone	-	23,3 de	50,0 c	58,3 c	46,3 c
Glyphosate +Chlorimuron-ethyl	-	10,0 g	16,7 d	25,0 d	39,6 c
Glyphosate +Saflufenacil	-	50,0 a	63,3 b	95,0 ab	80,7 a
Glyphosate + Amônio-glufosinate	-	50,0 a	60,0 b	100,0 a	80,2 a

* DAA= dias após a aplicação dos tratamentos.

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

As causas dos baixos níveis de controle e o reduzido número de herbicidas eficazes na dessecação de plantas da espécie *G. chodatiana* em estágio avançado devem ser mais bem investigadas. Isso talvez aconteça pelo aumento das reservas da planta à medida que se desenvolvem, o que lhes confere maior capacidade de sobrevivência em condições adversas e de se recuperarem dos efeitos fitotóxicos de herbicidas (CARVALHO *et al.*, 2008).

É importante ressaltar a importância da realização das operações de controle o mais precoce possível, pois, com o avanço do ciclo de vida das plantas de *G. chodatiana*, a dificuldade de controle das mesmas aumenta (Tabelas 25, 28 e 29).

Todos os herbicidas utilizados na aplicação em pós-emergência inicial apresentaram controle acima de 80%, inclusive o herbicida glyphosate, para o qual a espécie apresentou elevada tolerância em estádios mais avançados. A operação de dessecação de plantas no início do ciclo reprodutivo aumentou a dificuldade de controle, havendo necessidade de utilização de combinações de herbicidas e doses específicas para se atingir elevada eficácia. O grau de dificuldade de controle foi incrementado ainda mais em aplicações sobre plantas com mais de um ano de idade, pois, dos 14 tratamentos testados, apenas quatro apresentaram controle acima de 90%, havendo a necessidade da utilização de três herbicidas de mecanismos de ação nas aplicações sequenciais para obtenção de níveis de controle satisfatórios.

Apesar da dificuldade de controle de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* relatada por agricultores e observada nas lavouras de soja, os resultados demonstram que o manejo destas espécies é bem menos oneroso e apresenta mais opções de controle, comparativamente a *G. chodatiana*. Deste modo, é importante que esta espécie seja contida nas poucas áreas em que foi encontrada até o momento, na região Sudoeste do Paraná e desta forma, se impeça o avanço para outras áreas, assumindo proporções epidêmicas. Além da eficiência de controle superior de *G. chodatiana* em estádios jovens, a realização de controle precoce também contribui para que a competitividade das plantas daninhas seja menor com as plantas cultivadas, o que assegura a obtenção de rendimentos de grãos mais elevados.

Estratégias de manejo que não utilizem tratamentos químicos também devem ser consideradas no manejo de plantas daninhas. O uso de práticas alternativas de manejo de plantas daninhas inclui o cultivo de culturas com maior potencial competitivo, com maior produção de massa e de rápido crescimento inicial; utilização de cultivares adaptadas à região e a época de semeadura, espaçamento e

densidade adequada; utilização de material orgânico de boa procedência e livre de sementes de plantas daninhas; uso de cobertura morta; uso de sementes certificadas; limpeza dos equipamentos de preparo e colheita; quarentena de animais e utilização de quebra ventos; limpeza de beiras de estrada, carreadores e terraços existentes nas áreas; utilização de consórcios e plantas de cobertura supressoras que apresentem efeitos alelopáticos positivos. Para Boerboom (1999), é improvável que a rotação de culturas elimine o uso de herbicidas e a pressão de seleção em sistemas de cultivo, mas é um bom artifício que pode ser utilizado para reduzir a utilização de herbicida no decorrer dos anos.

5.6 CONCLUSÕES

- Os herbicidas sulfentrazone, s-metolachlor e saflufenacil foram eficientes em inibir a emergência tanto de *B. latifolia* quanto de *R. brasiliensis*, enquanto chlorimuron-ethyl e diclosulan apresentam eficiência para *R. brasiliensis*.

- Em pós-emergência inicial, fomesafem, lactofen e flumioxazin controlaram eficientemente plantas as três espécies estudadas, enquanto bentazon foi eficiente apenas para *B. latifolia*.

- O controle de plantas adultas de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* é facilitado com a associação de glyphosate com outros herbicidas. Em pós-emergência tardia, a associação de glyphosate com os herbicidas carfentrazone-ethyl, flumiclorac-pentyl, flumioxazin, chlorimuron-ethyl, saflufenacil, amônio-glufosinate, e as aplicações sequenciais de glyphosate/glyphosate, glyphosate/paraquat+diuron, glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron foram eficientes no controle das espécies. As associações de glyphosate com imazethapyr e de glyphosate com 2,4-D também foram eficientes, respectivamente, para a primeira e segunda espécies;

- O controle de *G. chodatiana* é dificultado com o aumento do tempo de vida das plantas da espécie. Para plantas com menos de um ano de idade a associação de glyphosate com 2,4-D, carfentrazone-ethyl, flumioxazin, saflufenacil, amônio-glufosinate, e sequenciais de glyphosate/paraquat+diuron e de glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron foram eficientes, enquanto que para plantas adultas com mais de um ano de idade apenas a associação de glyphosate com saflufenacil e amônio-glufosinate e as aplicações sequenciais de glyphosate/paraquat+diuron e de glyphosate+2,4-D/paraquat+diuron foram eficientes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies *B. latifolia*, *G. chodatiana* e *R. Brasiliensis*, utilizadas nos estudos, apresentam grande potencial de infestação e de adaptação nas lavouras de todo o país. Porém, as mais difundidas e conhecidas atualmente são a *B. latifolia* (erva-quente) e a *R. brasiliensis* (poaia-branca). A incidência de erva-quente e poaia-branca nas lavouras de soja do Paraná, em especial no Sudoeste e Norte do Estado e no Norte de Santa Catarina vem aumentando substancialmente nos últimos anos, causando muitos problemas aos produtores, como aumento com custos de controle e redução na produtividade da soja decorrente do processo de interferência. Dados de um estudo de competição efetuado na UTFPR, Campus Pato Branco indicaram perdas de rendimento de grãos de soja de 24% com *B. latifolia* e de 19% para *R. brasiliensis* em condições de alta infestação (14 plantas m⁻²) (DIESEL et al., 2014). Na presente dissertação, durante a visita às áreas infestadas para se efetuar a coletas das sementes, foi possível observar muitas áreas que apresentavam infestações extremamente elevadas das espécies. Além disso, algumas dessas áreas já haviam recebido uma ou mais aplicações de glyphosate, observando-se níveis de controle abaixo do esperado. O conhecimento do comportamento das populações de espécies tolerantes auxilia a adoção de estratégias de manejo que combatam a sua permanência e evolução nas áreas e por isso a presente dissertação tratou de estudos sobre a biologia e o manejo das espécies *B. latifolia*, *R. brasiliensis* e *G. chodatiana*, sobre o qual seguem algumas considerações.

As espécies apresentam diferentes fluxos de germinação durante o ano e no caso de *B. latifolia* e *G. chodatiana*, isso ocorre em parte devido à dormência de suas sementes. Os estudos de superação de dormência são, portanto, necessários para que haja a ativação dos processos germinativos e se possam conduzir estudos em que é necessária a germinação uniforme das sementes. Também, para que se possa inferir sobre quais os principais mecanismos determinantes da dormência. No primeiro capítulo desta dissertação, foi constatado que a dormência de sementes de *B. latifolia* é provavelmente regida por mais de um mecanismo, devido ao fato de que somente com a associação de dois tratamentos foi possível alcançar nível de germinação satisfatório para a espécie.

No segundo capítulo, buscou-se conhecer melhor a dinâmica da germinação e crescimento inicial das espécies, simulando a variação de condições que ocorrem normalmente nos ambientes onde elas se desenvolvem. Os

experimentos mostram diferenças quanto à faixa de temperatura ideal, fotoblastismo e reação a condições adversas, como presença de alumínio e sal e altos e baixos níveis de pH na germinação e crescimento inicial das espécies. As informações geradas nesta dissertação poderão ser muito úteis na elaboração de estratégias de manejo integrado. Comparativamente à adoção de métodos de manejo isolados, a adoção de estratégias de manejo de forma integrada resultam em maior eficácia na supressão de plantas daninhas e, em geral, se refletem em resultados mais duradouros, com redução da população passiva de plantas daninhas (banco de sementes), além da população ativa (plantas emergidas).

O aumento dos casos de resistência e tolerância diferencial de plantas daninhas e as variações de controle relatadas na literatura nos levam a supor que espécies que estejam sofrendo maior pressão de seleção por herbicidas apresentem maior variabilidade de resposta quando diferentes biótipos são comparados por meio de experimentos de resposta à dose. No terceiro capítulo da dissertação foi possível observar a resposta dos biótipos das espécies coletados em lavouras de soja do Sudoeste e Norte do Paraná e Norte de Santa Catarina nas quais havia relatos de falhas de controle após aplicações de diferentes doses de glyphosate. Foi possível assim calcular a amplitude dos fatores de tolerância para cada um dos biótipos das espécies estudadas. Em especial os biótipos de *B. latifolia* e *R. brasiliensis* apresentaram respostas variadas a aplicação do herbicida, sendo que alguns biótipos apresentaram média-elevada tolerância ao herbicida, não sendo controlados por doses acima da recomendada na bula dos principais produtos comerciais a base de glyphosate. O biótipo da espécie *G. chodatiana* não foi controlado com a maior dose utilizada no experimento, evidenciando a elevada tolerância ao glyphosate.

Ressalta-se que existem critérios para a classificação de um biótipo como resistente, que muitas vezes criam dificuldades para definir o processo de seleção que está ocorrendo a campo. Barroso *et al.* (2014) observaram suscetibilidade diferencial ao glyphosate em diferentes acessos de *Chloris polydactyla* (L.) Sw., porém, relataram que resistência observada para a espécie, juntamente com os relatos anteriores, não foi bem aceita pelas autoridades governamentais responsáveis, principalmente porque no Brasil, não há recomendação em rótulo em nenhuma formulação de glyphosate para o controle desta espécie. Heap (2006) afirmou que a resistência é um evento que reflete a existência de susceptibilidade diferencial, no entanto, o critério atualmente aceito e utilizado para o enquadramento como resistente é baseado na utilização dos fatores

de resistência e na ausência de controle com utilização da dose de rótulo recomendada para o controle da espécie, que consta no registro de cada produto. Porém, deve-se considerar que, como há muitas formulações de glyphosate no mercado, que foram e continuam sendo lançadas ao longo dos anos, a dose de rótulo máxima pode ser incrementada ao longo dos anos. Portanto, se ela varia ao longo do tempo e de fato, está sendo aumentada, não poderia ser um critério válido. Um critério que deveria ser observado mais atentamente deveria ser a percentagem de mortalidade das plantas. Convencionalmente, afirma-se que níveis entre 80 e 90% de controle são satisfatórios e definitivos, porém, essas plantas ainda podem voltar a se desenvolver e gerar descendentes, pois sua morte não foi decretada. Níveis de controle dentro dessa faixa foram observados para os biótipos mais tolerantes do presente trabalho na maior dose utilizada (próxima a maior dose recomendada), o que de fato não provocaram a morte das plantas, porém, não foi possível enquadrá-los como resistentes devido aos critérios atualmente utilizados, citados anteriormente.

No quarto capítulo, buscou-se verificar a eficácia de herbicidas alternativas para o controle químico das três espécies daninhas, voltado ao seu manejo em lavouras de soja. Observaram-se bons resultados para o manejo na modalidade de pré-emergência, manejo este que boa parte dos produtores deixou de utilizar, principalmente após a introdução da soja RR. Na modalidade de aplicação em pós-emergência inicial, também foram encontradas boas alternativas químicas de manejo para as três espécies. Destaca-se a suscetibilidade da *G. chodatiana* para aplicações nesse período, sendo recomendável que se realize o controle da espécie nesse estágio inicial, pois como observado nos ensaios de manejo de dessecação, principalmente em plantas de idade avançada, o controle torna-se muito dificultado. Para as outras duas espécies, diversos tratamentos, associados ao glyphosate ou em sequenciais, foram eficazes em controlar as plantas em estágio avançado, sendo a prática de mistura em tanque, apesar de não permitida por lei, um método eficiente e recomendável para o manejo das espécies.

Apesar da inexpressiva importância atual da espécie *G. chodatiana*, comparativamente às outras duas espécies estudadas, os resultados de todos os experimentos realizados demonstram que seria a espécie com maior potencial de dano. A espécie apresenta dormência nas sementes, além de apresentar elevada produção das mesmas e produção escalonada com deiscência em diferentes períodos. Soma-se a isso, a capacidade de se reproduzir vegetativamente e ter ciclo

perene, o que garante, ao menos, duas vantagens: se não for controlada no primeiro ciclo, além de gerar novas plantas por meio de sementes, pode continuar a produzir sementes nos próximos ciclos da planta-mãe e; em casos, como observado na lavoura onde foi coletado o biótipo estudado, se for realizado algum tipo de controle mecânico, como a gradagem, ocorre a partição das partes vegetativa da planta, gerando novos indivíduos a partir de uma só planta. Quanto à disseminação e sobrevivência, os ensaios que avaliaram a reação das sementes aos fatores de ambiente, demonstraram que a espécie apresenta elevada capacidade de germinar e se desenvolver em meios extremamente desfavoráveis, como em altas concentrações de alumínio e de salinidade.

Outra característica marcante de *G. chodatiana* é sua elevada tolerância ao glyphosate. O biótipo de *G. chodatiana* não foi controlado com a máxima dose, de 1742 g ha⁻¹ de e.a., deixando claro que o manejo químico somente com o uso deste herbicida não é eficiente, ao menos nas doses testadas. O controle de plantas em estádios de desenvolvimento iniciais com herbicidas pós-emergentes alternativos ao glyphosate mostrou-se eficiente, assim como a associação de glyphosate com herbicidas de diferentes modos de ação ou até mesmo a aplicação sequencial com herbicidas de contato, na dessecação de plantas da espécie. No entanto, em estádios de desenvolvimento mais avançados, as opções de controle químico tornam-se reduzidas e mesmo obtendo-se elevado controle com alguns tratamentos, não foi possível determinar, se a estrutura de armazenamento que as plantas apresentam seria capaz de promover a rebrota das plantas.

Não é possível explicar a reduzida disseminação da espécie *G. chodatiana*, atualmente, em áreas agrícolas. Como já referenciado na dissertação, a espécie tem relatos de distribuição especialmente nos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná e Santa Catarina, mas não havia, até então, informações de infestações em áreas agrícolas, como as relatadas no Sudoeste do Paraná. Como não existem informações na literatura que tratem da biologia e manejo da mesma, os estudos efetuados na presente dissertação contribuem para a adoção de medidas de controle e como uma avaliação preliminar da ecofisiologia da espécie. Em função dos resultados obtidos, é importante que se tomem medidas que evitem o alastramento da disseminação da *G. chodatiana* para outras áreas, controlando os focos já conhecidos e impedindo que assumam proporções epidêmicas, infestando muitas áreas de lavoura da região Sul do Brasil.

REFERÊNCIAS

ACOSTA-PERCÁSTEGUI, J.; RODRÍGUEZ-TREJO, D.A. Factors affecting germination and pre-germination treatments of *Lupinus montanus* seeds. **INCI**, v.30, n.9, p.123-137, 2005.

ADAMI, M.; *et al.* Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, v.67, n.4, p.1053-1058, 2008.

AGROFIT. **Agrofit**: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 29 Jan. 2015.

ALI, A. Use of image analysis to assess color response on plants caused by herbicide application. **Weed Technology**, v.27, n.3, p.604–611, 2013.

ALMEIDA, F.S. Efeitos alelopáticos de resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 221-236, 1991.

AMARAL, L.I.V.; PAULILO, M.T.S. Efeito da luz, temperatura, reguladores de crescimento e nitrato de potássio na germinação de *Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudim. **Insula**, v.21, n.1, p.59-86, 1992.

ÁQUILA, M. E. A.; FERREIRA, A. G. Germinação de sementes escarificadas de *Araucaria angustifolia* em solo. **Ciência e Cultura**, v.36, n.9, p.1583-1590, 1984.

ARNON, D.I.; JOHNSON, C.M. Influence of hydrogenion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. **Plant Physiology**, v.17, n.4, p.525-539, 1942.

ATEH, C.A.; HARVEY, R.G. Annual weed control by glyphosate in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v.13, n.2, p.394-398, 1999.

AYRES, A.D. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. **Agronomy Journal**, v.44, n.1, p.82-84, 1952.

AZANIA, A.A.P.M. *et al.* Métodos de superação de dormência em sementes de *Ipomoeae Merremia*. **Planta daninha**, v.21, n.2, p.203-209, 2003.

BARROSO, A.M. *et al.* Different glyphosate susceptibility in *Chloris polydactyla* accessions. **Weed Technology**, v.28, n.4, p.587–591, 2014.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. New York: **Plenum Press**, 445p. 1994.

BIANCHI, M.A.; VARGAS, L.; RIZZARDI, M.A. Manejo e controle de plantas daninhas resistentes ao glifosato no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26., Ouro Preto, 2006. **Palestras...** Sete Lagoas: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2008. p. 223-231.

BLACK, M. Light-controlled germination of seed. **Symposium of the Society of Experimental Biology**, Cambridge, v.23, n.1, p.193, 1969.

BLISS, R.D.; PLATT-ALOIA, K.A.; THOMSON, W.W. The inhibitory effect of NaCl on barley germination. **Plant, Cell & Environment**, v.9, n.1, p.727-733, 1986.

BOERBOOM, C.M. No chemical options for delaying weed resistance to herbicide Midwest cropping systems. **Weed Technology**, v.13, n.1, p.636-642, 1999.

BOTTO, J.F. *et al.* The effect of light during and after cultivation with different tillage implements on weed seedling emergence. **Weed Science**, v.46, n.3, p.35-357, 1998.

BOYD, N.; VAN ACKER, R. Seed germination of common weed species as affected by oxygen concentration, light, and osmotic potential. **Weed Science**, v.52, n.4, p.589-596, 2004.

BRADBEER, J.W. **Seed dormancy and germination**. New York: Chapman and Hall, 146p. 1988.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BULLIED, W.J. *et al.* Convencional and conservation-tillage systems influence emergence periodicity of annual weed species in canola. **Weed Science**, v.51, n.6, p. 886-897, 2003.

CABRAL, E. Revisión sinóptica de *Galianthe* subgen. *Galianthe* (Rubiaceae: *Spermacoceae*) con una sección nueva. **Annals Missouri Botanic Garden** v.96, n.1, p.27-60, 2009.

CABRAL, E., SALAS, R. *Galianthe in Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB072693>.

CARVALHO, F.T.; GALBIATTI JÚNIOR, W.; CAVAZZANA, M.A. Eficiência do herbicida sulfentrazone no controle em pré-emergência de plantas daninhas em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, n.1, p.33-37, 2000.

CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v.66, n.4, p.527-533, 2007.

CARVALHO, S.J.P.; OVEREJO, R.F.L.; CRHISTOFFOLETI, P.J. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v.62, n.2, p.317-326, 2008.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132p.

CECHIN, J. *et al.* Dessecação tardia de *Richardia brasiliensis* na pré semeadura da soja com glifosato e misturas. In: XVI SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO: aprender e empreender na educação e na ciência. **Anais...**Santa Maria, v.3, 2012.

CERDEIRA, A.L. *et al.* Agricultural impacts of glyphosate-resistant soybean cultivation in South America. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.11, p.5799-5807, 2010.

CHACHALIS, D.; REDDY, K.N. Factors affecting *Campsis radican* seed germination and seedling emergence. **Weed Science**, v. 48, n.2, p. 212-216, 2000.

CHADOEUF-HANNEL, R. La dormance chez les semences des mauvaises herbes. **Agronomie**, v.5, n.8, p.761-772, 1985.

CHAUHAN, B. S.; ABUGHO, S. B. Threelobe Morningglory (*Ipomoea triloba*) germination and response to herbicides. **Weed Science**, v.60, n.2, p.199-204, 2012.

CHAUHAN, B.S.; JOHNSON, D.E. Seed Germination Ecology of Purple-Leaf Button Weed (*Borreria ocymoides*) and Indian Heliotrope (*Heliotropium indicum*): Two Common Weeds of Rain-Fed Rice. **Weed Science**, v.56, n.5, p.670-675. 2008.

CHRISTOFFOLETI, P.J. *et al.* Glyphosate sustainability in South America cropping systems. **Pest Management Science**, v.64, n.4, p.422-427, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agrícola** v.59, n.3,

2002.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; OVEJERO, R.F.L. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no Mundo. In: Christoffoleti, P.J. (Coord.). **Aspectos da resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3ª edição. Piracicaba: HRAC-BR, 2008, p. 9-34, 2008.

CONCENÇO, G. *et al.* Controle de plantas daninhas em arroz irrigado em função de doses de herbicidas pré-emergentes e início da irrigação. **Planta Daninha**, v.24, n.2, p.303-309, 2006.

CONSTANTIN, J. *et al.* Eficiência e efeito residual do herbicida sulfosate no controle de *Ipomoea grandifolia*, em manejo antes do plantio, na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: SBCPD, 1997. p.181.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA Jr., R.S., Misturas de herbicidas contendo glyphosate: situação atual, perspectivas e possibilidades. In: OLIVEIRA Jr., R.S., CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Eds.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Omnipax, 2011, 348 p.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR.; R.S.; MACIEL, C.D.G. Azafenidin: novo herbicida para o controle de plantas daninhas em *Eucalyptus camaldulensis*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.18, n.3, p.405-411, 2000.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Controle de plantas daninhas na cultura de soja resistente ao glyphosate. **Bragantia**, v.69, n.2, p.319-327, 2010.

COSTA, L.B.; *et al.* Análise comparativa entre pixels de imagens digitais e a avaliação visual de sintomas de herbicidas em duas espécies dicotiledôneas. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, UFRGS, **Resumos...**, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/65022>.

CHRISTOFFOLETI, P. J. *et al.* Glyphosate sustainability in South America cropping systems. **Pest Management Science**, v.64, p. 422-427, 2008.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; OVEJERO, R.F.L. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no Mundo. In: Christoffoleti, P.J. (Coord.). **Aspectos da resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3ª edição. Piracicaba: HRAC-BR, 2008, p. 9-34, 2008.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 2006. 382p.

CUSTÓDIO, C.C. *et al.* Estresse por alumínio e por acidez em cultivares de soja. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.145-153, 2002.

D'ANIERI, P. *et al.* Glyphosate translocation and efficacy relationships in red maple, sweetgum and loblolly pine seedlings. **Forestry Science**, v.36, n.2, p.438-447, 1990.

DALAZEN, G. **Buva (*Conyza* spp.): estratégias de controle e artropofauna associada em lavoura de soja e em pastagem de inverno**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

DEUBER, R. Botânica das plantas daninhas. In: DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas**. Jaboticabal: FUNEP, 1992, p. 31-73.

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: manejo**. Campinas: Robert Deuber, 1997. v.2, p149-165.

DIAS FILHO, M. B. Germination and emergence of *Starchytarpheta cayennensis* and *Ipomoea asarifolia*. **Planta Daninha**, v.14, n.2, p.118-123, 1996.

DIAS, F.C. **Uso do software Image J para análise quantitativa de imagens de microestruturas de materiais**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, 2008.

DIAS, N.M.P. *et al.* Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.293-300, 2003.

DIESEL, F.; *et al.* Interferência das espécies *Borreria latifolia* e *Richardia brasiliensis* no rendimento de grãos da cultivar de soja V-top RR. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2014. **Anais...** Gramado. Londrina: Sociedade Brasileira das Plantas Daninhas, 2014.

DURIGAN, J.C.; GALLI, A.J.B.; LEITE, G.J. Avaliação da eficiência da mistura de glyphosate e 2,4-D para o controle de plantas daninhas em citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, Piracicaba. **Resumos...SBEHD**, 1988. p.303-304.

EKELEME, F. *et al.* Seedling emergence model for tropic ageratum (*Ageratum conyzoides*). **Weed Science**, v.53, n.1, p.55-61, 2005.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. Procedures for the safe removal of dormancy from rice seed. **Seed Science Technology**, v.11, n.1, p.77-112, 1983.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná- 1998/99**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1998. (Documentos, 119).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

EVETTS, L.L.; O.C. BURNSIDE. Germination and seedling development of common milkweed and other species. **Weed Science** v.20, n.2, p.371–378. 1972.

FARIA, A B. de C. *et al.* Efeitos da intensidade da queima controlada sobre o solo e diversidade da vegetação de campo em Irati - PR, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p.489-494, 2011.

FERREIRA, A.C.B.; BARROS, A. C.; LARNAS, F. M. **Manejo de plantas daninhas na cultura do algodoeiro**. Campina Grande: EMBRAPA, 2006. p. 25-36 (Circular Técnica, 96,)

FERREIRA, A.G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 323 p., 2004.

FERREIRA, A.G.; ROSA, S.G.T. Germinação de sementes de sete espécies medicinais nativas do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, n.3, p.230-235, 2009.

FERREIRA, M.E. *et al.* **Uso de imagens digitais na avaliação do crescimento da taxa de cobertura do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, Edição 21. 2001.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G.L. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v.171, n.3, p.501-523, 2006.

FRANCO, E.T.H.; FERREIRA, A.G. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Didymopanax morototoni* (Aubl.) Dene. et planch. **Ciência Florestal**, v.12, n.1, p.1-10, 2002.

FRANS, R.R. *et al.* Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In N. D. Camper, ed. **Research Methods in Weed Science**. 3rd ed. Champaign, IL: Southern Weed Science Society. p.37–38, 1986.

GALON, L. *et al.* Glyphosate translocation in herbicide tolerant plants. **Planta Daninha**, v.31, n.1, p.193-201, 2013.

GAZZIERO, D.L.P. *et al.* Critérios para relatos oficiais estatísticos de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas. In: AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. (Eds.) **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. 91-101 p.

GOMES FILHO, E. *et al.* Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* on ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. **Physiologia Plantarum**, v.59, n.2, p.183-188, 1983.

GUERRIER, G. Germination de plantes maraichieres et oléagineuses en presence de NaCl. **Seed Science and Technology**, v.11, n.2, p.281-292, 1983.

HALL, L.M.; STROME, K.M.; HORSMAN, G.P. Resistance to acetolactate synthase inhibitors and quinclorac in a biotype of false clover (*Gallium spurium*). **Weed Science**, v.46, n.1, p.390-396, 1998.

HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales, 1999. 448 p.

HARTWIG, I. *et al.* Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina Ciências Agrárias**, v.28, n.2, p.219-228, 2007.

HAYASHI, A.H. **Morfo-anatomia de sistemas subterrâneos de espécies herbáceo-subarborescentes e arbóreas, enfatizando a origem das gemas caulinares**. Campinas, 2003, 154 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

HEAP, I. **Criteria for confirmation of the herbicide-resistant weeds**. 2006. Disponível em: <http://www.weedscience.org/Documents/ResistanceCriterion.pdf>. Acesso em: 10 Fev. 2015.

HENRY, W.B., *et al.* Remote sensing to detect herbicide drift on crops. **Weed Technology**, v. 18, n.1, p. 358–368. 2004.

HILHORST, H.W.M.; KARSSSEN, C M. Dual effects of light on the gibberelin and nitrate-stimulated seed germination of *Sisymbrium officinale* and *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology**, v.86, n.3, p.591-597, 1988.

HUANG, Y., *et al.* Airborne remote sensing assessment of the damage to cotton caused by spray drift from aerially applied glyphosate through spray deposition measurements. **Biosystems Engineering**, v.107, n.3, p.212–220, 2010.

HYDRICK, D.E.; SHAW, D.R. Effects of tank mix combinations of non-selective foliar and selective soil-applied herbicides. **Weed Technology**, v.8, n.1, p.129-133, 1994.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). **Seed Science and Technology** ed.4, p.1-177. 1976.

ISAAC, W.A.P. *et al.* Effects of alternative weed management strategies on *Commelina diffusa* Burm. Infestations in Fair trade banana (*Musa* spp.) in St. Vincent and the Grenadines. **Crop Protection**, v.26, n.8, p.1219-1225, 2007.

JORDAN, D.L. *et al.* Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technology**, v.11, n.2, p.354-362. 1997.

KAPUSTA, G.; KRAUSZ, R.E.; MATTHEWS, J.L. Soybean tolerance and summer annual weed control with glufosinate and glyphosate in resistant soybeans. Proc. North Cent. **Weed Science**, v.49, n.1, p.120, 1994.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. Tomo III – 2ed. São Paulo: BASF, p.421- 424, 2000.

KLEIN, A.; FELIPPE, G. M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.7, p. 955-966, 1991.

KOCH, D.W, *et al.* Herbicides and adjuvants for sod control prior to no-till seeding of alfalfa. In: ANNUAL MEETING OF WESTERN SOCIETY OF WEED SCIENCE, 1989, **Proceedings...** 1989. v.42, p.29-32

KOCHIAN, L.V.; HOEKENGA, O.A.; PIÑEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, v.55, n.1, p. 459-493, 2004.

KOSZO, C.R.R. **Germinação de sementes de *Erythrina speciosa* Andr. E *Eugenia brasiliensis* Lam. em meio ácido**. 2006. 84f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica, São Paulo, SP.

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

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.48, n.2, p.263-284, 1976.

LACERDA, A.L.S; VICTORIA FILHO, R. Curvas dose-resposta em espécies de plantas daninhas com o uso do herbicida glyphosate. **Bragantia**, v.63, n.1, p. 73-79, 2004.

LICH, J.M.; RENNER, K A.; PENNER, D. Interaction of glyphosate with post-emergence soybeans (*Glycine max*) herbicides. **Weed Science**, v.45, n.1, p.12-21, 1997.

LIMA, M.G.S. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

LOPES S.J. *et al.* Estimativa da área foliar de meloeiro em diferentes estádios fenológicos por fotos digitais. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1153-1156, 2007.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2000. 538p.

MA, J. F.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E. Aluminium tolerance in plants and complexing role of organic acids. **Trends in Plant Science**, v.6, n.6, p.273-278, 2001.

MA, J.F.; FURUKAWA, J. Recent progress in the research of external Al detoxification on higher plants: a minireview. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v.97, n.1, p.46-51, 2003.

MACHADO, A.A.; CONCEIÇÃO, A.R. **WinStat: sistema de análise estatística para Windows. Versão Beta**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2005. (Software).

MACHADO, A.F.L. *et al.* Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.641-647, 2006.

MACIEL, G.M. *et al.* Avaliação as restrições à absorção de água relacionadas ao tegumento das sementes de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12, **Resumos...** Universidade Federal de Ouro Preto, 2004.

MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARANON, T., GARCIA, L. V., TRONCOSO, A. Salinity and germination of annual *Melilotus* from the Guadalquivir delta (SW Spain). **Plant Oil**, v.119, n.1, p.223-228, 1989.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MAROCHI, A.I. Avaliação de métodos de controle químico para *Richardia brasiliensis* (poaia-branca), infestando áreas sob plantio direto da região sul do Brasil. In: **Zapp: Desafio do novo**. Zeneca Agrícola, 1996. p.175-186.

MARTIN, T.N. *et al.* Uso do software ImageJ na estimativa de área foliar para a cultura do feijão. **Interciência**, v.38 n.12, 2013.

MARTINS, B.A.B. **Biologia e manejo da planta daninha *Borreria densiflora* DC**. 2008. 169 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba 2008.

MARTINS, B.A.B. *et al.* Germinação de *Borreria densiflora* var. *latifolia* sob condições controladas de luz e temperatura. **Planta Daninha**, v.28, n.2, p.301-307, 2010.

MARTINS, B.A.B.; CHRISTOFFOLETI, P.J.. Herbicide efficacy on *Borreria densiflora* control in pre- and post-emergence conditions. **Planta daninha**, v.32, n.4, 2014.

MELHORANÇA, A.L. *et al.* Plantas daninhas e seu controle. In: Embrapa Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Dourados: CPAO, 1998. p.117-194.

MENDONÇA, R.J. *et al.* Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, n.7, p.843-848, 2003.

MENDONÇA, R.M.N.; DIAS, D.C.F. Conservação de sementes de fruteiras tropicais recalcitrantes: uma abordagem. Revisão Bibliográfica. **Revista Agropecuária Técnica**, v.21, n.1/2, p.57-73, 2000.

MESCHEDE, D.K. *et al.* Período anterior à interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.239-246, 2004.

MONQUERO, P.A. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. 2003. 99f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2003.

MONQUERO, P.A. *et al.* Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e susceptíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.445-451, 2004.

MONQUERO, P.A. *et al.* Controle pelo glyphosate e caracterização geral da superfície foliar de *Commelina benghalensis*, *Ipomoea hederifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galinsoga parviflora*. **Planta Daninha**, v.23, n.1, p. 123-132, 2005.

MONQUERO, P.A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. **Bragantia**, vol.64, n.4, 2005.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Dinâmica do banco de sementes em áreas com aplicação frequente do herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, v.21, n.1, 2003.

MONQUERO, P.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; SANTOS, C.T.D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.375-380, 2001.

MONQUERO, P.A.; SILVA A.C. Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 2, n.2, 2005.

MOREIRA, H.J.C.; BRAGANÇA, H.B.N. **Manual de identificação de plantas infestantes: cultivos de verão**. Campinas: FMC, 2010. 642 p.

MURDOCH, A.J.; ROBERTS, E.H.; GOEDERT, C.O. A model for germination responses to alternating temperatures. **Annals of Botany**, v.63, n.1, p.91-111, 1989.

MYERS, M.W. *et al* Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. **Weed Science**, v.52, n.6, p.913-919, 2004.

NANDULA, V.K. *et al.* Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). **Weed Science**, v.54, n.5, p.898-902, 2006.

NEVE, P. *et al.* Simulating evolution of glyphosate resistance in *Lolium rigidum* II: past, present and future of glyphosate use in Australian cropping. **Weed Research**, v.43, n.6, p. 418-427, 2003.

NIETO, J.; NIETO-PALLAS, J.; PALLAS, J.N. Soil management in almonds. In: EWRS SYMPOSIUM ON WEED PROBLEMS IN MEDITERRANEAN CLIMATES, 1989. **Proceedings**...1989. v.1, p.102-109.

NIKOLAEVA, M.G. **Physiology of deep dormancy in seeds**. Leningrad: Izdatel'stvo "NAUKA", 1969. (Translated from Russian by Z. Shapiro, National Science Foundation, Washington, DC).

NOHATTO, M. A. **Resposta de *Euphorbia heterophylla* proveniente de lavouras de soja Roundup Ready® do Rio Grande do Sul ao herbicida glyphosate**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Plantas Daninhas) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

NORSWORTHY, J.K.; BURGOS, N.R.; OLIVER, L.R. Differences in weed tolerance to glyphosate involve different mechanism. **Weed Technology**, v.14, n.4, p.725-731. 2001.

NOVAIS, R.F., *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007, 1017p.

OERKE, E.C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v.144, n.1, p.31- 43, 2006.

OLIVEIRA JR., R.S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA Jr., R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Livraria e Agropecuária Guaíba, 2001. p.291-314.

OLIVEIRA Jr., R.S. *et al.* **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Omnipax: Curitiba/PR, 2011, 348p.

ONU- Organização das Nações Unidas. **World Population Prospects**. Disponível em: http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_population.htm 2012.

PAPA, C.J.M.; FELIZIA, J.C.; ESTEBÁN, A.J. Cambios en la flora de malezas como consecuencia de cambio tecnológico en Argentina: malezas nove dosas que pueden afectar al cultivo de la soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA. **Anais**... Foz do Iguaçu: EMBRAPA, 2002. p. 346 – 354.

PARREIRA, M.C. *et al.* Superação de dormência e influência dos fatores ambientais na germinação de sementes de *Spermacoce latifolia*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p.427-431, 2011.

PAZUCH, D. **Tolerância ao glyphosate e sua absorção e translocação por biótipos de *Ipomoea* spp.** 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

PAZUCH, D. *et al.* Superação de dormência em três espécies de *Ipomoea* spp. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 192-199, 2015.

PERBONI, L.T. *et al.*; Influência da temperatura, luz e pré-tratamentos na germinação de sementes de *Richardia brasiliensis*. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Ribeirão Preto, 2010. **Anais...** Ribeirão Preto, SBCPD.

PEREIRA, E.S. *et al.* Avaliações qualitativas de plantas daninhas na cultura da soja submetida aos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v.18, n.2, p.207-216, 2000.

PEREIRA, J. L. *et al.* Effects of glyphosate and endosulfan on soil microorganisms in soybean crop. **Planta Daninha**, v.26, n.4, p.825-830, 2008.

PEREZ, L. L. *et al.*, Aplicações de pós-emergência no controle de plantas daninhas em eucalipto. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. **Anais...** Ribeirão Preto, SP, 2010.

PESKE, F.B. Absorção de água sob estresse. **Seed News**, Ano XV - N. 3, 2011.

PETTER, F.A. Manejo de herbicidas na cultura da soja RoundupReady®. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.557-566, 2007.

PINTO, J.J.O. *et al.* Manejo de herbicidas dessecantes no sistema de cultivo mínimo na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: SBCPD, 1997. p.165.

PITELLI, R.A. Weed-soybean interference studies in Brazil. In :COOPING, L.G., GREEN, M.B. , REES, R.T . **Pest Management in Soybean**. London:Elsevier Publishers, 1991. p.282-289.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985, 289p.

POWLES, S.B.; HOLTUM, J.A.M. **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 1994. 353p.

PRISCO, J.T. **Contribuição ao estudo da fisiologia do estresse salino durante a germinação e estabelecimento a plântula de uma glicófito (*Vigna unguiculata* L. Walp).** Fortaleza – UFC. 65p. 1987.

PROCOPIO, S.O. *et al.* Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v.24, n.1, 2006.

PROCÓPIO, S.O. *et al.* Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p. 365-373, 2007.

RAIMONDI, M.A. **Determinação da curva dose-resposta e atividade residual de herbicidas aplicados em pré-emergência utilizados na cultura do algodoeiro para o controle de *Amaranthus* e *Potulaca oleracea*.** 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) UEM: Maringá/PR, 2009.

RAMIRES, A.C. *et al.* Glyphosate associado a outros herbicidas no controle de *C. benghalensis* e *S. latifolia*. **Semina**, v.32, n.3, p. 883-896, 2011.

RASMUSSEN, J. *et al.* Assessment of leaf cover and crop soil cover in weed harrowing research using digital images. **Weed Research**, v.47, n.1, p.299–310, 2007.

REDDY, K.N.; SINGH, M. Organosilicone adjuvants increased the efficacy of glyphosate for control of weeds in citrus (*Citrus* spp.). **Hort Science**, v.27, n.9, p.1003-1005. 1992.

ROBERTS, E.H. **Dormancy**: A factor affecting seed survival in the soil. In: Roberts, E.H. (Ed.) *Viability of seeds*. Syracuse: Syracuse University Press, 1972. p.321-359.

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

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de Herbicidas**. 6ª ed. Londrina, 2011. 697 p.

RONCHI, C.P.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R. Controle químico de trapoerabas (*Commelina* spp.) em lavouras de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. P.347

RONCHI, C.P. *et al.* Misturas de herbicidas para o controle de plantas daninhas do gênero *Commelina*. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.311-318, 2002.

ROY, A.K.; SHARMA, A.; TALUKDER, G. Some aspects of aluminium toxicity in plants. **Botanical Review**, v.54, n.2, p.145-178, 1988.

SANCHOTENE, D.M. *et al.* Manejo químico de plantas daninhas tolerantes ao glyphosate na cultura da soja. **Revista da FZVA**, v.15, n.2, p.77-84. 2008.

SANDBERG, C.L.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. Absorption, translocation and metabolism of ¹⁴C-glyphosate in several weed species. **Weed Research**, v.20, n.4, p.195-200, 1980.

SANTOS, I.C. *et al.* Eficiência de glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. **Planta Daninha**, v.19, n.1, p.135-143, 2001.

SANTOS, J.A.B. **Práticas de manejo de erva-quente (*Spermacoce latifolia* Aubl.) na região Centro-Sul do Paraná**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2008.

SATICHIVI, N.M. *et al.* Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethylsulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science**, v.48, n.6, p.675-679, 2000.

SHARMA, S.D.; SINGH, M. Surfactants increase toxicity of glyphosate and 2,4-D to Brazil pusley. **HortScience**, v.36, n.4, p.726-728, 2001.

SKORA NETO, F.; CAMPOS, A.C. Emergência de plantas daninhas sob diferentes formas de manejo do solo. In: VII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Fortaleza, 2011. **Anais...Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol. 6, No. 2,2011.**

SOUZA FILHO, A.P.S. *et al.* Germinação de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas: *Mimosa pudica* e *Ipomoea asarifolia*. **Planta Daninha**, v.19, n.1, p.23-31, 2001.

SOUZA, F.S. Controle de plantas daninhas em soja com herbicidas pré-emergentes sob condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.4, p.363-369, 1988.

TAKANO, H.K. *et al.* Controle de *Richardia brasiliensis* e *Spermacoce latifolia* por herbicidas pós-emergentes. In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO & I COTTON EXPO 2011. **Anais....** Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011. p.829-834.

TAVARES JUNIOR, J.E. *et al.* Análise comparativa de métodos de estimativa de área

foliar em cafeeiro. **Bragantia**, v.61, n.2, p.199-203, 2002.

TESTER, M.; DAVÉNPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.19, p.503-527, 2003.

THEISEN, G. & RUEDELL, J. (eds). **Tecnologia de Aplicação de Herbicidas**. Teoria e Prática. Cruz Alta: Giovani Theisen & José Ruedell, 2004. 90 p.

TRUELOVE, B. HENSLEY, J.R. Methods for testing herbicide resistance. In: LEBARON, H.M.; GRESSEL, J. **Herbicide Resistance in Plants**. New York: John Wiley and Sons. 1982, p.117-131

TUFFI SANTOS, L.D. *et al.* Efeito do glyphosate sobre a morfoanatomia das folhas e do caule de *commelina diffusa* e *C. benghalensis*. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.101-108, 2004.

VARGAS, L. *et al.* Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: Agostinetto, D.; Vargas, L. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier. p.9–36, 2009.

VARGAS, L.; GAZZIERO, D.L.P. Manejo de plantas daninhas tolerantes e resistentes ao glyphosate no Brasil. IN : RIOS, A. ; FERNÁNDEZ, E. **Seminário internacional viabilidad del glyphosate en sistemas productivos sustentables**. Serie de actividades de difusion 554. INIA. p.69-74., 2008.

VIDAL, R.A. *et al.* Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadenses* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p.309-315, 2007.

VIDAL, R.A. *et al.* **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 133p., 2010.

VITORELLO, V.A.; CAPALDI, F.R.; STEFANUTO, V.A. Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.1, p.129-143, 2005.

VITORINO, H.S. *et al.* Eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas latifoliadas em mamona. **Arquivos Instituto Biológico**, v.79, n.1, p.127-131, 2012.

VIVIAN, R. *et al.* Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve revisão. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.695-706, 2008.

WAGNER JÚNIOR, A. *et al.* Efeito do pH da água de embebição e do trincamento das sementes de maracujazeiro amarelo na germinação e desenvolvimento inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.4, p.1014-1019. 2007.

WEED SCIENCE. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em : <http://www.weedscience.org/in.asp>. Acesso em: 09/02/2014.

WESTWOOD, J. H. *et al.* Absorption and tranlocation of glyphosate in tolerant and susceptible biotypes of field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Science**, v.45, n.5, p. 658-663, 1997.

WYRILL, J.B. III.; BURNSIDE, O.C. Absorption, translocation and metabolism of 2,4 D and glyphosate in common milkweed and hemp dogbane. **Weed Science**, v. 24, n.6, p.557-566, 1976.

YAMAMOTO, Y. *et al.* Aluminium toxicity is associated with mitochondrial dysfunction and the production of reative oxigen species in plant cells. **Plant Physiology**, v.128, n.1, p. 63-72, 2002.

YAMASHITA, O.M.; GUIMARAES, S.C. Germinação de sementes de *Coryza canadensis* e *C. bonariensis* em função da presença de alumínio no substrato. **Ciência Rural**, v.41, n.4, 2011.

ZARPELLON, A.L. *et al.* Diferentes momentos de aplicação do herbicida glifosato no manejo de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, Campo Grande/MS. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2012.

ZHOU, J.; DECKARD, E.L.; AHRENS, W.H. Factors affecting germination of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) seeds. **Weed Science**, v.53, n.1, p.41-45, 2005.

APÊNDICES

ÍNDICE DE APÊNDICES

- Apêndice A** - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Borreria latifolia* submetidas a diferentes tratamentos de superação de dormência. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014..... 175
- Apêndice B** - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Galianthe chodatiana* submetidas a associações de tratamentos de superação de dormência. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014..... 175
- Apêndice C** - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas à diferentes temperaturas com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 175
- Apêndice D** - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas à diferentes condições de irradiância (claro e escuro) com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014..... 176
- Apêndice E** - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas à diferentes concentrações de sulfato de alumínio, com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014..... 176
- Apêndice F** - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas à diferentes concentrações de salinidade da solução, com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014..... 176
- Apêndice G** - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas a diferentes pH's da solução, com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 177
- Apêndice H** - Resumo da análise de variância da resposta dos biótipos de *Borreria latifolia* às doses do herbicida glyphosate (Experimento preliminar), avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 177
- Apêndice I** - Resumo da análise de variância da resposta dos biótipos de *Richardia brasiliensis* às doses do herbicida glyphosate (Experimento preliminar), avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 177
- Apêndice J** - Resumo da análise de variância da resposta dos biótipos de *Borreria latifolia* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e

- da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 177
- Apêndice K** - Resumo da análise de variância da resposta dos biótipos de *Richardia brasiliensis* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e a massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 178
- Apêndice L** - Resumo da análise de variância da resposta do biótipo de *Galianthe chodatiana* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 178
- Apêndice M** - Resumo da análise de variância da redução de pixels, pela resposta dos biótipos de *Borreria latifolia* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 178
- Apêndice N** - Resumo da análise de variância da redução de pixels, pela resposta dos biótipos de *Richardia brasiliensis* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 178
- Apêndice O** - Resumo da análise de variância da resposta da redução de pixels pela resposta do biótipo de *Galianthe chodatiana* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 179
- Apêndice P** - Resumo da análise de variância da redução da emergência de *Borreria latifolia* em resposta a aplicação de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 179
- Apêndice Q** - Resumo da análise de variância da redução da emergência de *Richardia brasiliensis* em resposta a aplicação de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 179
- Apêndice R** - Resumo da análise de variância da resposta de *Borreria latifolia* a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 179
- Apêndice S** - Resumo da análise de variância da redução da resposta de *Richardia brasiliensis* a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 179
- Apêndice T** - Resumo da análise de variância da resposta de *Galianthe chodatiana* a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 180
- Apêndice U** - Resumo da análise de variância da resposta de *Borreria latifolia* a aplicação de herbicidas em pós-emergência tardia, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e na da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 180
- Apêndice V** - Resumo da análise de variância da resposta de *Richardia brasiliensis* a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 180
- Apêndice W** - Resumo da análise de variância da resposta de *Galianthe chodatiana* a aplicação de herbicidas em pós-emergência tardia em plantas com menos de um ano de idade, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 180
- Apêndice X** - Resumo da análise de variância da resposta de *Galianthe chodatiana* a aplicação de herbicidas em pós-emergência tardia em plantas com mais de um ano de idade, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014. 180

Apêndice A - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Borreria latifolia* submetidas a diferentes tratamentos de superação de dormência. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

N° do Experimento	Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
			GMC	IVG	TMG
1	Tratamentos	6	0,138*	0,021*	814,21*
	Resíduo	21	0,009	0,002	65,20
	CV (%)	-	40,18	60,2	41,5
2	Tratamentos	4	952,64*	0,018*	34,06*
	Resíduo	15	70,14	0,002	22,36
	CV (%)	-	30,7	25,2	17,4
3	Tratamentos	4	324,44*	0,062*	12,74*
	Resíduo	15	46,67	0,003	5,99
	CV (%)	-	20,3	19,5	8,7
4	Tratamentos	4	513,28*	0,044*	36,01*
	Resíduo	15	23,34	0,002	7,09
	CV (%)	-	17,9	19,6	9,36
5	Tratamentos	3	0,147*	0,001*	0,011*
	Resíduo	12	0,075	0,00003	0,001
	CV (%)	-	9,52	8,8	5,9
6	Tratamentos	2	0,139*	0,002*	0,002
	Resíduo	9	0,013	0,0002	0,003
	CV (%)	-	16,1	17,8	10,8

* Teste F significativo a 5%

Apêndice B - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Galianthe chodatiana* submetidas a associações de tratamentos de superação de dormência. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
		GMC	IVG	TMG
Tratamentos	3	0,172*	0,003*	0,0004
Resíduo	12	0,006	0,0001	0,0008
CV (%)	-	16,7	14,1	10,2

Apêndice C - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas à diferentes temperaturas com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio				
		GMC	IVG	TMG	CR	CPA
Épocas	1	2,8	25,25*	133,1	0,0	0,0
Espécies	2	4533,5*	60,63*	502,1*	11021,4*	8862,5*
Temperaturas	5	13790,7*	15,24*	72,8*	3232,0*	960,3*
Épocas x espécies	2	127,9	0,47*	12,0	0,0	0,0
Épocas x temperaturas	5	38,5	0,93*	12,1	0,0	0,0
Espécies x temperaturas	10	10448,6*	6,04*	69,6*	1084,1*	801,9*
Época x espécie x temp.	10	62,3	0,37*	11,0	0,0	0,0
Resíduo	144	83,6	0,03	6,4	31,9	3,6
CV (%)	-	13,4	10,8	29,1	35,8	19,1

* Teste F significativo a 5%

Apêndice D - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas à diferentes condições de irradiância (claro e escuro) com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio				
		GMC	IVG	TMG	CR	CPA
Épocas	1	6,7	0,0	2,6	0,0	0,0
Espécies	2	18871,7*	27,8*	56,5*	369,2*	1731,1*
Irradiância	1	36260,4*	20,3*	192,7*	2512,7*	297,7*
Épocas x espécies	2	46,7	0,0	9,1*	0,7	7,4
Épocas x irradiância	1	41,7	0,1	1,2	0,0	0,0
Espécies x irradiância	2	8377,9*	6,3*	94,5*	1375,2*	2608,0*
Época x espécie x irradiad.	2	21,7	0,1	4,8	0,7	7,4
Resíduo	48	37,6	0,1	1,7	1,5	8,0
CV (%)	-	10,6	17,5	24,5	11,8	22,3

* Teste F significativo a 5%

Apêndice E - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas à diferentes concentrações de sulfato de alumínio, com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio				
		GMC	IVG	TMG	CR	CPA
Épocas	1	28,2	19,8*	10,3	3,3	0,4
Espécies	2	14355,7*	99,1*	874,5*	301,2*	556,8*
Conc, Alumínio	4	2903,8*	2,4*	8,3*	1228,4*	1037,3*
Épocas x espécies	2	29,8	11,4*	2,8*	0,8	0,8
Épocas x alumínio	4	15,1	0,3*	0,6	0,1	0,9
Espécies x alumínio	8	368,1*	0,5*	16,9*	250,2*	216,3*
Época x espécie x alum.	8	10,1	0,1	0,2	0,1	1,4
Resíduo	120	41,3	0,1	0,4	0,6	1,2
CV (%)	-	9,2	10,5	7,7	12,7	18,6

* Teste F significativo a 5%

Apêndice F - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas à diferentes concentrações de salinidade da solução, com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio				
		GMC	IVG	TMG	CR	CPA
Épocas	1	11,3	0,27	2,7	0,1	1,4
Espécies	2	3137,3*	11,39*	371,7*	514,0*	650,0*
Salinidade	4	37620,5*	34,70*	375,0*	1458,7*	1236,2*
Épocas x espécies	2	44,5	0,07	0,7	16,3	13,0
Épocas x salinidade	4	10,8	0,04	1,5	3,9	3,3
Espécies x salinidade	8	820,9*	1,82*	29,8*	271,0*	169,5*
Época x espécie x salin.	8	11,0	0,02	0,6	8,9	3,3
Resíduo	120	43,4	0,07	1,3	8,2	11,8
CV (%)	-	14,7	20,7	18,5	40,8	53,4

* Teste F significativo a 5%

Apêndice G - Resumo da análise de variância da germinação (GMC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), comprimento de radícula (CR) e comprimento de parte aérea (CPA) de sementes de *Borreria latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Galianthe chodatiana* submetidas a diferentes pH's da solução, com duas épocas (repetições) ao longo do tempo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio				
		GMC	IVG	TMG	CR	CPA
Épocas	1	10,0	28,0	45,9*	19,2	0,1
Espécies	2	3657,2*	85,4*	505,0*	4541,0*	5797,2*
pH	4	360,4*	0,5*	1,6*	16,9*	1,6
Épocas x espécies	2	113,1	12,5	21,2	14,3	0,9
Épocas x pH	4	8,0	0,0	0,8	0,9	0,2
Espécies x pH	8	319,4*	0,5*	0,8*	74,2*	22,3*
Época x espécie x pH.	8	33,3	0,0	0,7	0,6	0,6
Resíduo	120	90,6	0,1	0,4	6,3	1,9
CV (%)	-	12,4	12,0	8,8	14,1	9,0

* Teste F significativo a 5%

Apêndice H - Resumo da análise de variância da resposta dos biótipos de *Borreria latifolia* às doses do herbicida glyphosate (Experimento preliminar), avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
		14 DAA	28 DAA	MSPA
Doses	8	6845,3*	6739,8*	6097,1*
Resíduo	27	172,7	138,4	171,4
CV (%)	-	27,7	23,0	29,4

* Teste F significativo a 5%

Apêndice I - Resumo da análise de variância da resposta dos biótipos de *Richardia brasiliensis* às doses do herbicida glyphosate (Experimento preliminar), avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
		14 DAA	28 DAA	MSPA
Doses	8	5332,8*	5712,7*	5325,1*
Resíduo	27	183,6	126,2	193,6
CV (%)	-	29,3	22,2	27,8

* Teste F significativo a 5%

Apêndice J - Resumo da análise de variância da resposta dos biótipos de *Borreria latifolia* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
		14 DAA	28 DAA	MSPA
Biótipos	13	1739,4*	1577,4*	2257,9*
Doses	5	93652,0*	106661,7*	72851,4*
Biótipos X Doses	65	478,9*	743,6*	473,4*
Resíduo	252	24,1	34,6	203,0
CV (%)	-	8,9	13,1	31,3

* Teste F significativo a 5%

Apêndice K - Resumo da análise de variância da resposta dos biótipos de *Richardia brasiliensis* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e a massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
		14 DAA	28 DAA	MSPA
Biótipos	10	2318,6*	1900,23*	2025,2*
Doses	5	29771,8*	51350,8*	32064,6*
Biótipos X Doses	50	505,6*	570,5*	661,6*
Resíduo	132	23,9	63,13	337,7
CV (%)		7,5	16,36	44,5

* Teste F significativo a 5%

Apêndice L - Resumo da análise de variância da resposta do biótipo de *Galianthe chodatiana* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio		
		14 DAA	28 DAA	MSPA
Doses	5	544,2*	984,2*	3774,0
Resíduo	18	67,36	39,6	37,0
CV (%)	-	9,6	7,7	10,0

* Teste F significativo a 5%

Apêndice M - Resumo da análise de variância da redução de pixels, pela resposta dos biótipos de *Borreria latifolia* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio	
		14 DAA	28 DAA
Biótipos	13	2013,5*	963,2*
Doses	5	88233,3*	103681,9*
Biótipos X Doses	65	638,7*	520,3*
Resíduo	252	269,7	251,5
CV (%)	-	19,8	22,1

* Teste F significativo a 5%

Apêndice N - Resumo da análise de variância da redução de pixels, pela resposta dos biótipos de *Richardia brasiliensis* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio	
		14 DAA	28 DAA
Biótipos	10	1524,4*	1439,7*
Doses	5	33629,9*	51144,1*
Biótipos X Doses	50	260,5*	3115,9*
Resíduo	132	171,4	241,5
CV (%)	-	21,7	24,4

* Teste F significativo a 5%

Apêndice O - Resumo da análise de variância da resposta da redução de pixels pela resposta do biótipo de *Galianthe chodatiana* às doses do herbicida glyphosate, avaliados aos 14 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio	
		14 DAA	28 DAA
Doses	5	2164,9*	4438,2*
Resíduo	18	128,1	67,1
CV (%)	-	17,1	14,8

* Teste F significativo a 5%

Apêndice P - Resumo da análise de variância da redução da emergência de *Borreria latifolia* em resposta a aplicação de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Herbicidas	6	5760,6*	5546,2*	6057,2*	6907,2*
Resíduo	21	79,4	60,9	43,5	20,6
CV (%)	-	14,7	17,0	11,9	7,3

* Teste F significativo a 5%

Apêndice Q - Resumo da análise de variância da redução da emergência de *Richardia brasiliensis* em resposta a aplicação de herbicidas pré-emergentes, avaliados aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
Herbicidas	6	6825,4*	6537,1*	6625,5*	6930,2*
Resíduo	21	64,7	70,4	42,8	17,1
CV (%)	-	10,7	12,2	8,9	5,4

* Teste F significativo a 5%

Apêndice R - Resumo da análise de variância da resposta de *Borreria latifolia* a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	28 DAA	MSPA
Herbicidas	5	1258,1*	3304,7*	4719,2*	3956,0*
Resíduo	12	66,7	37,5	5,56	1,3
CV (%)	-	24,3	9,5	2,9	1,6

* Teste F significativo a 5%

Apêndice S - Resumo da análise de variância da redução da resposta de *Richardia brasiliensis* a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	28 DAA	MSPA
Herbicidas	5	3989,2*	3908,1*	4405,6*	4380,7*
Resíduo	12	68,1	218,1	76,4	3,91
CV (%)	-	17,4	25,9	11,6	2,7

* Teste F significativo a 5%

Apêndice T - Resumo da análise de variância da resposta de *Galianthe chodatiana* a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	28 DAA	MSPA
Herbicidas	5	1259,2*	2429,2*	4234,7*	3718,8*
Resíduo	12	55,6	159,7	20,8	8,3
CV (%)	-	22,9	28,6	6,1	4,1

* Teste F significativo a 5%

Apêndice U - Resumo da análise de variância da resposta de *Borreria latifolia* a aplicação de herbicidas em pós-emergência tardia, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e na da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	28 DAA	MSPA
Herbicidas	13	1966,9*	1795,5*	2112,8*	1639,9*
Resíduo	28	37,5	22,6	32,7	60,6
CV (%)	-	11,2	6,5	6,6	10,1

* Teste F significativo a 5%

Apêndice V - Resumo da análise de variância da resposta de *Richardia brasiliensis* a aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	28 DAA	MSPA
Herbicidas	13	3305,9*	1811,0*	2092,5*	1655,5*
Resíduo	28	15,5	20,8	12,5	34,1
CV (%)	-	8,6	6,0	4,0	7,7

* Teste F significativo a 5%

Apêndice W - Resumo da análise de variância da resposta de *Galianthe chodatiana* a aplicação de herbicidas em pós-emergência tardia em plantas com menos de um ano de idade, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	28 DAA	MSPA
Herbicidas	13	1635,2*	1386,5*	2214,7*	1730,7*
Resíduo	28	22,0	73,2	46,4	6,0
CV (%)	-	12,8	13,9	8,4	3,2

* Teste F significativo a 5%

Apêndice X - Resumo da análise de variância da resposta de *Galianthe chodatiana* a aplicação de herbicidas em pós-emergência tardia em plantas com mais de um ano de idade, avaliados aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA) e da massa seca da parte aérea (MSPA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2014.

Causas da variância	GL	Quadrado Médio			
		7 DAA	14 DAA	28 DAA	MSPA
Herbicidas	13	612,1*	1885,2*	3427,9*	1615,5*
Resíduo	28	11,3	32,8	58,3	47,02
CV (%)	-	13,5	14,9	14,1	13,3

* Teste F significativo a 5%