

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia  
de Sementes



Tese

**Dormência, competitividade com soja e qualidade de  
sementes de plantas daninhas em solo de terras baixas**

**Andrés Antonio Monge Vargas**

Pelotas, 2019  
**ANDRÉS ANTONIO MONGE VARGAS**

**Dormência, competitividade com soja e qualidade de sementes de plantas daninhas em solo de terras baixas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Sementes).

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Agostinetto

Coorientador: Dr. Leandro Vargas

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

V111d Vargas, Andres Antonio Monge

Dormência, competitividade com soja e qualidade de sementes de plantas daninhas em solo de terras baixas / Andres Antonio Monge Vargas ; Dirceu Agostinetto, orientador ; Leandro Vargas, coorientador. — Pelotas, 2019.

156 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. *Glycine max*. 2. Tratamentos pré-germinativos. 3. Banco de sementes. 4. Estresse oxidativo. 5. Trocas gasosas. I. Agostinetto, Dirceu, orient. II. Vargas, Leandro, coorient. III. Título.

CDD : 631.521

**Banca examinadora:**

---

Eng. Agr. Prof. Dr. André da Rosa Ulguim

---

Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello

---

Eng.<sup>a</sup> Agr.<sup>a</sup> Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lilian Vanussa Madruga de Tunes

---

Eng. Agr. Prof. Dr. Carlos Eduardo Schaedler

---

Eng. Agr. Prof. Dr. Dirceu Agostinetto  
(Orientador)

Aos meus pais, Antonio e Luz Marina.  
Aos meus irmãos e sobrinhas.  
Aos meus tios Ricardo e Yolanda.  
A minha namorada Claudia.

**OFEREÇO E DEDICO**

***“Só se pode alcançar um  
grande êxito quando nos  
mantemos fiéis a nós mesmos.”***

**Friedrich Nietzsche**

## **Agradecimentos**

À Deus, pelo dom da vida e por ter-me proporcionado força e coragem durante minha caminhada até a concretização desse objetivo.

A minha família que, com muito carinho, amor e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

À minha namorada Claudia, em especial, pelo amor, paciência, companheirismo e incentivo incondicionais, para que eu pudesse finalizar essa etapa satisfatoriamente.

Ao Professor Dirceu Agostinetto, exemplo de competência e profissionalismo, pela orientação, ensinamentos, paciência, incentivo, amizade, disponibilidade e por ter-me demonstrado confiança e segurança, para garantir o bom andamento da pesquisa.

Ao Professor Geri Eduardo Meneghello, pelos ensinamentos, paciência, amizade, confiança, conselhos, disponibilidade, e pelo auxílio para o cumprimento de etapas importantes desta pesquisa.

Ao Centro de Herbologia (CEHERB) por ter me acolhido, e, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes pela oportunidade de realizar meu doutorado nesta área e os professores que contribuíram para minha formação.

À Universidade da Costa Rica (UCR) pela concessão de bolsa de doutorado, com estágio sanduíche no exterior.

Aos meus colegas e amigos do CEHERB Alcimar Mazon, Andressa Pitol, Bruno Moncks da Silva, Claudia de Oliveira, Cristiano Piasecki, Daniela Tessaro, Diego Severo Fraga, Edna Souza, Francisco Goulart, Jéssica Rodrigues Garcia, Joanei Cechin, Jonas Rodrigo Hencles, Juliano Gazola, Lais Tessari Perboni, Maicon Fernando Schmitz, Nixon Westendorff, Queli Ruchel e Renan Ricardo Zandoná, pelo auxílio na execução dos trabalhos e pelos momentos de convívio.

Aos estagiários e bolsistas João Goebel, Jonas Mathias Schmitd, Jonathan Torchelsen, José Vitor Silva da Silva, Kevin Kickhofel Weissshahn, Pedro Dias, Roberto de Avila Neto e Silvio Thiago de Oliveira Raphaelli pela amizade e auxílio na execução dos experimentos.

À “Oregon State University (OSU)” e, em especial ao Dr. Sabry Elias pela oportunidade, suporte na pesquisa, receptividade e orientação durante meu doutorado sanduíche nos Estados Unidos de América, bem como aos colegas e amigos de OSU Paola e Obed.

A todos os que contribuíram e não mediram esforços para a realização deste trabalho.

## Resumo

MONGE, Andrés. **Dormência, competitividade com soja e qualidade de sementes de plantas daninhas em solo de terras baixas.** 2019. 156f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O cultivo de soja em regiões de terras baixas tem se expandido como alternativa em rotação com a cultura de arroz irrigado. No entanto, com a introdução da soja nessas novas áreas, existe a possibilidade que plantas daninhas que são associadas à soja, nas regiões tradicionais de produção desta cultura, possam se adaptar as condições de terras baixas. Assim, os objetivos da pesquisa foram: avaliar a superação da dormência em sementes de plantas daninhas de soja; determinar a habilidade competitiva de soja quando associada a diferentes plantas daninhas; estudar as respostas fisiológicas, metabólicas e reprodutivas de plantas daninhas submetidas a diversos manejos de irrigação, e, avaliar a longevidade e persistência do banco de sementes de plantas daninhas de soja. Foram estudadas as espécies poáceas capim-amargoso (*Digitaria insularis*) e capim-massambará (*Sorghum halepense*); e, eudicotiledôneas caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis*) e leiteira (*Euphorbia heterophylla*), em solo de terras baixas. Para isso, foram testados tratamentos pregerminativos para superar a dormência das sementes, ensaios de competição em séries de substituição de soja individualmente com cada competidor, foram quantificadas variáveis relacionadas às trocas gasosas, estresse oxidativo e qualidade de sementes de plantas daninhas sob diferentes tipos de irrigação; e, foi determinado a longevidade do banco de sementes das plantas daninhas através do enterrio das sementes em solo de terras baixas. Os resultados permitem inferir que, em geral, a soja apresenta maior habilidade competitiva que o capim-amargoso e a leiteira, onde a competição intraespecífica é mais prejudicial para à cultura; enquanto, a capacidade competitiva foi similar ao capim-massambará, sendo mais importante a competição interespecífica. Além disso, capim-massambará possui tolerância ao alagamento, capim-amargoso e leiteira tolerância moderada, e, o caruru-de-mancha é sensível à inundação. Capim-amargoso e leiteira apresentam banco de sementes transitório, e, capim-massambará e caruru-de-mancha persistente em solo de terras baixas.

Palavras-chave: *Glycine max*; tratamentos pré-germinativos; banco de sementes; estresse oxidativo; trocas gasosas.

## Abstract

MONGE, Andrés. **Seed dormancy, competitive with soybean and weed seed quality in lowland soil**. 2019. 156p. Dissertation (Doctor of Philosophy in Science) - Seed Science and Technology Postgraduate Program. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Soybean in lowland regions has expanded as a rotation alternative to rice. However, with the introduction of soybean in these new areas, there is a possibility that weeds that are associated with soybean in the traditional production regions of this crop could be adapted to lowland conditions. Thus, the objectives of this research were: to evaluate the breaking of the dormancy in seeds of soybean weeds; to determine the competitive ability of soybean when associated to different weeds; to study the physiological, metabolic and reproductive responses of weeds subjected to different irrigation management, and to evaluate the longevity and persistence of the weed soybean seed bank. Sourgrass (*Digitaria insularis*) and johnsongrass (*Sorghum halepense*) as weed grass species; and slender amaranth (*Amaranthus viridis*) and wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) as broadleaf weed species were studied in lowland soil. For this, pre-germination treatments were tested to break seed dormancy, competition of individual soybean replacement series with each competitor were established, variables related to gas exchange, oxidative stress and seed quality of weeds under different kinds of irrigation were quantified; and the longevity of the weed seed bank was determined by buried the weed seeds in lowland soil. In general, soybean shows greater competitive ability than the sourgrass and wild poinsettia, which the intraspecific competition is more harmful to the crop; while, the competitive capacity was similar to johnsongrass, being more important the interspecific competition. In addition, johnsongrass has tolerance to flooding, sourgrass and wild poinsettia shows moderate tolerance, and slender amaranth is sensitive to flooding. Sourgrass and wild poinsettia shows a transient seed bank, and johnsongrass and slender amaranth have a persistent seed bank on lowland soil.

Key words: *Glycine max*; pre-germination treatments; weed seed bank; oxidative stress; gas exchange.

## Lista de Figuras

Figura 1	Primeira contagem de germinação (A), germinação (B), sementes mortas (C), sementes dormentes (D), viabilidade das sementes dormentes (E), índice de velocidade de germinação (F) e comprimento da parte aérea (G) de sementes de capim-massambará, em função do tempo de exposição ao ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	39
Figura 2	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A,B), estatura (C,D), área foliar (E,F) e massa seca da parte aérea (H,G) de soja e capim-amargoso em função da proporção entre as espécies na população e conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	55
Figura 3	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A,B), estatura (C,D), área foliar (E,F) e massa seca da parte aérea (H,G) de soja e capim-massambará em função da proporção entre as espécies na população e conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	60
Figura 4	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A,B), estatura (C,D), área foliar (E,F) e massa seca da parte aérea (H,G) de soja e caruru-de-mancha em função da proporção entre as espécies na população e conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	66
Figura 5	Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A,B), estatura (C,D), área foliar (E,F) e massa seca da parte aérea (H,G) de soja e leiteira em função da proporção entre as espécies na população e conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	71

Figura 6	Plantas de capim-massambará (A), caruru-de-mancha (B) e leiteira (C) submetidas a manejos de irrigação de capacidade de campo (CC), e, lâmina de água intermitente ou contínua durante sete e 14 dias. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	109
Figura 7	Porcentagem de sementes remanescentes em capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteria, em função da época de coleta (mês/ano). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	121
Figura 8	Primeira contagem de germinação (A), germinação (B), dormência (C), viabilidade (D) e persistência (E) das sementes remanescentes de capim-massambará e caruru-de-mancha, após o teste de germinação, em função da época de coleta (meses). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	123
Figura 9	Variação no tempo (meses) do estado das sementes de capim-amargoso (A), capim-massambará (B), caruru-de-mancha (C) e leiteira (D), em função da época de coleta em solo de terras baixas; na germinação, plântulas anormais, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	126

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), sementes dormentes (SD), tetrazolio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e massa seca total (MST) de capim-massambará em resposta a diferentes tratamentos pré-germinativos para superação de dormência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	36
Tabela 2	Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), sementes dormentes (SD), tetrazolio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e massa seca total (MST) de leiteira em resposta a diferentes tratamentos pré-germinativos para superação de dormência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018	43
Tabela 3	Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas proporções de plantas de soja e capim-amargoso, e, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	56
Tabela 4	Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja competindo com capim-amargoso, sob diferentes proporções de plantas, e, avaliada em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	58
Tabela 5	Índices de competitividade de soja competindo com capim-amargoso, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C), em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	59

Tabela 6	Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas proporções de plantas de soja e capim-massambará, e, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	61
Tabela 7	Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja competindo com capim-massambará, sob diferentes proporções de plantas, e, avaliada em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	63
Tabela 8	Índices de competitividade de soja competindo com capim-massambará, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C), em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	64
Tabela 9	Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas proporções de plantas de soja e caruru-de-mancha, e, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	67
Tabela 10	Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja competindo com caruru-de-mancha, sob diferentes proporções de plantas, e, avaliada em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	68
Tabela 11	Índices de competitividade de soja competindo com caruru-de-mancha, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C), em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	69
Tabela 12	Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas proporções de plantas de soja e leiteira, e, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	72
Tabela 13	Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja competindo com leiteira, sob diferentes proporções de plantas, e, avaliada em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	73

Tabela 14	Índices de competitividade de soja competindo com leiteira, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C), em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	74
Tabela 15	Extravasamento celular (EC - %), teor de peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (mM/g) e TBARS (nM MDA g <sup>-1</sup> de MF), extraídos de folhas de soja e capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha ou leiteira em competição. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	76
Tabela 16	Características agronômicas de número de legumes (NL) e sementes (NS) de soja (unidades planta <sup>-1</sup> ) em função da proporção de competição com as plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	79
Tabela 17	Produtividade (g planta <sup>-1</sup> ) de sementes em plantas de soja em função da proporção de competição com as plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	81
Tabela 18	Primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR) e comprimento da parte aérea (CPA) de soja em função da proporção de competição com capim-amargoso, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	82
Tabela 19	Germinação (G), condutividade elétrica (CDE), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja em função da proporção de competição com capim-massambará, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	83
Tabela 20	Índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica (CDE), comprimento da raiz (CR), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e peso de mil sementes (PMS) de soja em função da proporção de competição com caruru-de-mancha, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	84

Tabela 21	Índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica (CDE) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja em função da proporção de competição com leiteira, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	86
Tabela 22	Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST) e peso de mil sementes (PMS) de capim-amargoso em função da proporção de competição com soja, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	87
Tabela 23	Germinação (G), sementes mortas (SM), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST) e peso de mil sementes (PMS) de capim-massambará em função da proporção de competição com soja, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	89
Tabela 24	Comprimento da raiz de leiteira em função da proporção de competição com soja, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	91
Tabela 25	Efeito do manejo de irrigação nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO <sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de capim-amargoso, aos sete e 14 dias após aplicação do tratamento. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2018.....	99
Tabela 26	Efeito do manejo de irrigação nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO <sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de capim-massambará, aos sete e 14 dias após aplicação do tratamento. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2018.....	101
Tabela 27	Efeito do manejo de irrigação, nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO <sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de caruru-de-mancha, aos sete dias após aplicação do tratamento. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2018.....	102

Tabela 28	Efeito do manejo de irrigação nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO <sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de leiteira, aos sete e 14 dias após aplicação do tratamento. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2018.....	104
Tabela 29	Extravasamento celular (EC - %), peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (mM/g) e TBARS (nM MDA g <sup>-1</sup> de MF), extraído de folhas de capim-amargoso em resposta a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	105
Tabela 30	Extravasamento celular (EC - %), peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (mM/g) e TBARS (nM MDA g <sup>-1</sup> de MF), extraído de folhas de capim-massambará em resposta a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	106
Tabela 31	Extravasamento celular (EC - %), peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (mM/g) e TBARS (nM MDA g <sup>-1</sup> de MF), extraído de folhas de caruru-de-mancha em resposta a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	107
Tabela 32	Extravasamento celular (EC - %), peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (mM/g) e TBARS (nM MDA g <sup>-1</sup> de MF), extraído de folhas de leiteira em resposta a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	108
Tabela 33	Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST), peso de mil sementes (PMS) e número de sementes planta <sup>-1</sup> de capim-amargoso em função do manejo de irrigação: capacidade de campo, intermitente e lâmina. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	111
Tabela 34	Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes dormentes (SD), tetrazolio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST), peso de mil sementes (PMS) e número de sementes planta <sup>-1</sup> de capim-massambará em função do manejo de irrigação: capacidade de campo, intermitente e lâmina. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.....	112

Tabela 35 Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), sementes dormentes (SD), tetrazolio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST), peso de mil sementes (PMS) e número de sementes planta<sup>-1</sup> de leiteira em função do manejo de irrigação: capacidade de campo, intermitente e lâmina. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018..... 113

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	22
2 CAPÍTULO I – Superação da dormência em sementes de capim-massambará e leiteira .....	29
2.1 Introdução.....	29
2.2 Material e Métodos .....	30
2.2.1 Capim-massambará .....	31
2.2.2 Leiteira .....	33
2.2.3 Análise estatística .....	33
2.3 Resultados e Discussão .....	34
2.3.1 Capim-massambará .....	34
2.3.2 Leiteira .....	41
2.4 Conclusões .....	43
3 CAPÍTULO II – Habilidade competitiva relativa, danos celulares e qualidade de sementes de soja em competição com as espécies <i>Digitaria insularis</i> , <i>Sorghum halepense</i> , <i>Amaranthus viridis</i> e <i>Euphorbia heterophylla</i> , em solo de terras baixas .....	44
3.1 Introdução.....	44
3.2 Material e Métodos .....	46
3.2.1 Habilidade competitiva relativa de capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira com a cultura da soja .....	47
3.2.2 Danos celulares.....	50
3.2.3 Características agronômicas e produtividade da cultura da soja .....	52
3.2.4 Qualidade de sementes .....	52
3.3 Resultados e Discussão .....	54
3.3.1 Habilidade competitiva da soja com as plantas daninhas .....	54
3.3.2 Danos celulares.....	75
3.3.3 Características agronômicas.....	78
3.3.4 Qualidade das sementes produzidas .....	81

3.4 Conclusões .....	92
4 CAPÍTULO III – Respostas fisiológicas e capacidade reprodutiva das plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira submetidas a diferentes manejos de irrigação em solo de terras baixas.....	93
4.1 Introdução.....	93
4.2.1 Material e Métodos .....	95
4.2.2 Alterações nas trocas gasosas .....	96
4.2.3 Estresse oxidativo e permeabilidade da membrana.....	97
4.2.4 Qualidade das sementes produzidas .....	97
4.2.5 Análise estatística .....	97
4.3 Resultados e Discussão .....	98
4.3.1 Alterações nas trocas gasosas .....	98
4.3.2 Estresse oxidativo e permeabilidade da membrana.....	105
4.3.3 Qualidade das sementes produzidas .....	110
4.4 Conclusões .....	115
5 CAPÍTULO IV – Longevidade e persistência do banco de sementes de <i>Digitaria insularis</i> , <i>Sorghum halepense</i> , <i>Amaranthus viridis</i> e <i>Euphorbia heterophylla</i> em solo de terras baixas .....	116
5.1 Introdução.....	116
5.2 Material e Métodos .....	118
5.3 Resultados e Discussão .....	120
5.4 Conclusões .....	127
6 CONCLUSÕES.....	128
7 REFERÊNCIAS.....	130
8 ANEXOS.....	150

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de soja em regiões de terras baixas tem se expandido nos últimos anos como alternativa em rotação com a cultura de arroz irrigado (AGOSTINETTO et al., 2009). Isto devido à importância que tem a soja em termos de rentabilidade, adaptabilidade dessa espécie a diferentes tipos de ambientes, tolerância de alguns cultivares a períodos de inundação (PELÚZIO et al., 2008; AGOSTINETTO et al., 2009), melhoria da fertilidade do solo através da fixação do nitrogênio da atmosfera (MURITHI et al., 2016) e facilitação do controle de arroz daninho (*Oryza sativa*) e capim-arroz (*Echinochloa* spp.), principais plantas daninhas da cultura do arroz.

No Rio Grande do Sul, para safra 2017/18 foram semeadas aproximadamente 297.453 hectares de soja em terras baixas, produzindo em média 2,45 toneladas ha<sup>-1</sup> (IRGA, 2019). Ainda, a tendência dos últimos tempos têm sido o aumento significativo das áreas de semeadura e as pesquisas desenvolvidas para favorecer o estabelecimento da cultura e aumentar a produtividade nestas regiões (ZANON et al. 2015), uma vez que, os solos caracterizam-se por apresentar elevada densidade, alta relação micro/macroporos e dificuldade de drenagem, provocando excesso de umidade (STRECK et al., 2008), sendo essas condições toleradas por algumas cultivares de soja adaptadas (ZANON et al. 2015).

Com a introdução de soja em regiões de terras baixas há possibilidade de espécies de plantas daninhas se adaptarem a outras condições ambientais nas quais não foi constatada sua adaptabilidade e interferência com as culturas dessas regiões. O ambiente pode mudar a composição específica e a população das plantas daninhas em determinada comunidade de plantas, portanto, alterando o grau de interferência com relação à cultura, afetando sua produtividade (REINERT, 2013). Dessa forma, as plantas daninhas podem se diferenciar pelos níveis de competição

com relação às culturas e suas diferenças em frequência, população, hábito de crescimento e adaptação a condições de campo, e evidentemente o grau de dano econômico que causam nos cultivos (PITELLI, 2000).

Na cultura da soja a redução na produtividade pela interferência pode atingir valor de 44 % para capim-amargoso (*D. insularis*) (GAZZIERO et al., 2012), 88% pelo capim-massambará (*S. helepense*) (RIAR et al., 2011), caruru (*A. palmeri*) 91% (BENSCH; HORAK; PETERSON, 2003) e no caso de leiteira (*E. heterophylla*) 11% (MESCHEDE et al., 2002). Em regiões de terras baixas os efeitos destas plantas daninhas têm sido pouco estudados, no entanto, devido à capacidade de adaptação e as estratégias de sobrevivência das plantas daninhas, há incertezas sobre os tipos de alterações nas características morfológicas, fisiológicas e metabólicas que as plantas podem alcançar em resposta ao ambiente estressante.

A principal via de reprodução e dispersão nas plantas são as sementes, as quais garantem a continuidade e diversidade do material genético dos progenitores, com o objetivo fundamental de perpetuar a espécie (VIVIAN et al., 2008; NONOGAKI, 2014). Evolutivamente, as plantas têm desenvolvido diferentes estratégias para aumentar as possibilidades de sobrevivência, poder germinar e conseguir passar a mensagem genética para próxima geração, tanto espacial quanto temporalmente (VITALIS et al. 2013). Dentre estas, a dormência de sementes permite emergência escalonada para evitar a competição entre as plantas da mesma geração e a extinção de todos os indivíduos da mesma população, devido a acontecimento desfavorável ou grave (NONOGAKI, 2014).

A dormência caracteriza-se por impedir a germinação das sementes mesmo em condições adequadas de luz, água e temperatura (YANG et al., 2012). Esta pode ser de tipo primário, quando apresenta padrão de desenvolvimento específico e programado geneticamente, o qual ocorre antes da semente ser liberada pela planta mãe; enquanto, a secundária se manifesta em resposta a determinada condição do ambiente (CORBINEAU et al., 2014). Ainda, os tipos de dormência podem ser subdivididos em seis mecanismos, sendo esses: fisiológico, específico do embrião que impede a protusão da radícula; físico, pela impermeabilidade a água a causa de várias camadas lignificadas; químico, a presença de inibidores; mecânico, tegumento duro; e, combinado, físico e fisiológico (VIVIAN et al., 2008).

Esses mecanismos físicos e químicos de dormência desenvolvidos por algumas espécies permitem manter e proteger a integridade da semente no banco

de sementes do solo (DAVIS et al., 2008). Portanto, características como longevidade e grau de dormência das sementes têm influência na persistência das sementes no banco do solo, sendo que, as espécies de plantas daninhas que apresentam sementes viáveis no solo por período inferior a um ano possuem banco transitório, enquanto, longevidade superior a um ano denomina-se banco de sementes persistente (LONG et al., 2015).

Diversos fatores podem modificar a dinâmica e composição do banco de sementes do solo, afetando a capacidade de resistência e resiliência do agroecossistema (YANG et al., 2012). Assim, as principais formas de redução do banco são germinação, migração, predação e morte.

Os sistemas de cultivo também têm influência na composição do banco de sementes, uma vez que, favorecem o enterrio das sementes dentro dos primeiros 30 cm do perfil do solo (HARRISON et al., 2007), no entanto, em sistemas de semeadura direta, mais de 60 % das sementes de plantas daninhas encontram-se até 1 cm de profundidade, e somente uma porcentagem menor consegue permanecer a profundidade maior que 10 cm (BUHLER; KOHLER; THOMPSON, 2001). Além disso, diferentes rotações de culturas têm demonstrado influência importante na dinâmica do banco, em alguns casos reduzindo significativamente a densidade de sementes de plantas daninhas (DAVIS et al., 2009).

Em terras baixas o uso da soja em rotação com arroz irrigado reduz o banco de sementes de plantas daninhas e aumenta a produtividade do arroz (ANDRES, et al., 2001). Ainda, estudo conduzido em área de coxilha com arroz, constatou a presença de *A. viridis* em 8% das amostradas analisadas, sendo que, em quatro anos anteriores de estudo essa espécie não foi encontrada, revelando a importância que as mudanças no ambiente podem ter na população de plantas daninhas no campo (JOHNSON; KENT, 2002). Também, rotações trigo-milho, trigo-beterraba e soja-milho, assim como diferentes sistemas de cultivo como, semeadura direta ou convencional têm demonstrado diminuição do banco de sementes de plantas daninhas (DAVIS et al., 2009; KOOCHKEI et al., 2009).

Na cultura de arroz irrigado, a lâmina contínua de água é o sistema de irrigação frequentemente utilizado, pela praticidade e manejo (CORDEIRO et al., 2010). Contudo, devido à necessidade de uso mais eficiente de água nos sistemas de produção agrícola, foi desenvolvido o sistema de lâmina intermitente para reduzir o consumo de água 50% (SARTORI et al., 2013; MASSEY et al., 2014). O

rendimento é similar em ambos os sistemas (MASSEY et al., 2014; CARRIJO; LUNDY; LINQUIST, 2017), entretanto, a supressão de plantas daninhas é maior em lâmina contínua, uma vez que, a tolerância ao estresse por alagamento somente é característico para algumas espécies (CORDEIRO et al., 2010; MASSEY et al., 2014).

O comportamento e adaptabilidade das plantas daninhas a diferentes condições ambientais, como alagamento, podem fazer com que as plantas diminuam seu ciclo ou não consigam completá-lo, devido a alterações importantes na anatomia e metabolismo celular (MACEDO, 2015). Desta forma, a plasticidade das espécies para tolerar o alagamento é relacionada à produção de raízes adventícias (CHEN; QUALLS; MILLER, 2002), para poder aumentar a produção de fotossíntese sem modificar outras características (MOLLARD et al., 2008).

Plantas de *Cyperus rotundus* desenvolveram características adicionais para adentrar mais em solos alagados, com tubérculos de maiores dimensões (ISMAIL et al., 2012). Para *Urochloa plantaginea* foi observado que o ciclo de desenvolvimento foi menor sob alagamento, enquanto para *U. platyphylla* a duração foi menor, sob 50% da capacidade de campo; e, para ambas as espécies a maior quantidade de matéria seca foi verificada na condição de 100% capacidade de campo (MACEDO, 2015). De modo similar, em *Lepidium latifolium*, períodos de alagamento de três dias geraram incremento no número de raízes adventícias na base do caule, maior porosidade e produção de etileno das raízes; e, ainda, as plantas conseguiram sobreviver por 50 dias com limitada reprodução, apesar de ter comprometido o crescimento e desenvolvimento nessas condições de estresse por alagamento (CHEN; QUALLS; MILLER, 2002).

Plantas de *Paspalum dilatatum* aumentaram a fotossíntese 35% quando submetidas ao alagamento por 60 dias em solo de terras baixas, isto sem afetar condutância estomática, taxa de transpiração e o potencial hídrico das folhas. Ao contrário, a mesma espécie em solo de coxilha não incrementou a fotossíntese e reduziram a condutância estomática e a taxa de transpiração das folhas em torno de 35 a 45% (MOLLARD et al., 2008).

Essas características de adaptação e sobrevivência das plantas daninhas permitem o crescimento e desenvolvimento em diferentes ambientes (MACEDO, 2015). Desta forma, podendo interferir no desempenho adequado das culturas no campo, competindo por diferentes recursos do meio e prejudicando a produtividade

dos cultivos (DIAS et al., 2011). Assim, características de crescimento das plantas como estatura e área foliar podem se relacionar com habilidade competitiva das espécies para capturar os recursos (BIANCHI; FLECK; FEDERIZZI, 2006; FLECK et al., 2007), uma vez que, a radiação fotossinteticamente ativa é melhor otimizada por plantas maiores, pois dominam o dossel (ULGUIM et al., 2017).

Existem diversas técnicas para estudar as relações entre espécies de plantas, no entanto, os experimentos em série de substituição é a metodologia frequentemente utilizada para avaliar a competição das plantas daninhas, pelos estandes puros da cultura ou planta daninha (monocultivos), bem como misturas, onde a proporção das duas espécies é modificada, mas mantendo constante a densidade total (ASLANI; SAEEDIPOUR, 2015).

Estudos de competição em séries de substituição têm verificado maior habilidade competitiva de sorgo, nabo forrageiro, capim-arroz e azevém, quando em associação com as espécies capim-massambará, soja, arroz-irrigado e cevada, respectivamente (HOFFMAN; BUHLER, 2002; BIANCHI; FLECK, LAMEGO, 2006; AGOSTINETTO et al., 2008; GALON et al., 2011). Geralmente, espécies que sejam morfológica e/ou fisiologicamente próximas costumam apresentar exigências semelhantes em relação aos recursos, tornando mais intensa a competição (SILVA; DURIGAN, 2006).

As respostas das plantas a estresses como alagamento e competição envolvem adaptações fisiológicas necessárias para proteger as funções celulares, através de alterações no acúmulo de metabólitos secundários (KRISHNAN et al., 2011). Quando expostas a diferentes estresses, as plantas apresentam aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROS), como peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), podendo provocar danos oxidativos a biomoléculas, comprometendo o tecido celular (SUZUKI et al., 2012). Também, a peroxidação lipídica é indicativo de estresse oxidativo, determinada através do acúmulo de aldeído malônico (MDA) pelas espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), sendo esse parâmetro reconhecido para determinar peroxidação lipídica (LI et al., 2013). A competição entre as espécies induz maior quantidade de radicais livres que desencadeiam o processo de peroxidação das membranas das células (SILVA et al., 2014).

O aumento da peroxidação lipídica pode ser decorrente de aumento da permeabilidade da membrana celular, devido às alterações provocadas pela condição de estresse entre plantas, reduzindo a seletividade da membrana celular

modificando o fluxo de íons e outras substâncias que entram e saem da célula. Assim, a peroxidação causa a ruptura de bicamadas lipídicas, fazendo com que ocorra o vazamento celular, portanto, índices mais elevados de vazamento de eletrólitos refletem maior permeabilidade, e, conseqüentemente, danos por estresse oxidativo (CELIK; TURHAN, 2011; AGOSTINETTO et al., 2017).

No caso de estresse por competição foram reportados incrementos de  $H_2O_2$  em trigo e milho quando em associação com plantas daninhas, provocando danos no tecido celular, como, alterações no DNA, oxidação de proteínas e peroxidação lipídica (GILL; TUTEJA; 2010; AFIFI; SWANTON, 2012). Já, para condições de alagamento, níveis baixos de estresse oxidativo determinados através de  $H_2O_2$  e TBARS indicam tolerância ao estresse dependendo da espécie e período de exposição à inundação (CELIK; TURHAN, 2011). Desta forma, em batata doce, laranjeira e feijão, durante períodos de alagamento de três, um e 18 dias, respectivamente, não foram observadas diferenças no estresse oxidativo, no entanto, a tendência foi o aumento dos valores de  $H_2O_2$  e TBARS, portanto, indicando que, períodos maiores de alagamento provavelmente podem provocar maiores danos celulares a causa do estresse oxidativo (LIN et al., 2008; HOSSAIN et al., 2009; CELIK; TURHAN, 2011).

O incremento da produção de EROS causado por estresses como competição e alagamento, alteram a estrutura e organização da membrana celular e as funções das enzimas (SUZUKI et al., 2012), e, conseqüentemente, a massa seca e a produtividade (CAVERZAN et al., 2019). Ainda, o acúmulo de  $H_2O_2$  reduz o vigor de sementes de soja e a capacidade de repostas das plântulas produzidas a próximos estresses bióticos e abióticos (GAL et al., 2015). As diferentes alterações resultam em mudanças fisiológicas que representam custo energético para as plantas, afetando diretamente a produtividade e qualidade fisiológicas das sementes (MILLAR et al., 2011; AFIFI; SWANTON, 2012).

Tradicionalmente, para evitar as perdas por motivo da interferência das plantas daninhas, o controle químico tem sido utilizado por muitos anos com eficiência para o controle das plantas daninhas, devido a sua praticidade, porém seu uso incorreto está trazendo novos problemas para agricultura, como a resistência das plantas daninhas aos principais herbicidas utilizados. Por isso, antes que as plantas daninhas comecem a causar efeitos negativos nas produtividades das culturas, a melhor estratégia é fazer uso de manejo integrado de plantas daninhas

(MIPD) envolvendo vários métodos de controle, físicos, culturais, mecânicos, biológicos e químicos (MARTINS, 2013).

Para fazer uso de MIPD é preciso de estudos prévios sobre o comportamento e adaptabilidade das plantas daninhas a diferentes solos e estresses bióticos ou abióticos. Neste sentido, estudos relacionados a plantas daninhas de soja em terras baixas são praticamente inexistentes, dificultando a formulação de estratégias para estabelecer o MIPD. Pesquisas sobre mecanismos de sobrevivência, persistência do banco de sementes, tolerância ao estresse por alagamento e grau de interferência das plantas daninhas na cultura de soja, podem fornecer informação fundamental para compreender a biologia da germinação, emergência, capacidade reprodutiva e adaptabilidade das plantas daninhas, auxiliando na toma de decisões, planejando o manejo adequadamente, para favorecer o estabelecimento e habilidade competitiva da cultura, e, conseqüentemente reduzir os custos e aumentar a produção.

Esse trabalho teve como hipóteses que: a soja apresenta habilidade competitiva superior as plantas daninhas poáceas capim-amargoso e capim-massambará; e, eudicotiledôneas caruru-de-mancha e leiteira; o estresse por alagamento altera as trocas gasosas, aumenta a peroxidação lipídica e reduz a capacidade reprodutiva de plantas daninhas; e, a viabilidade do banco de sementes das plantas daninhas é reduzida após o cultivo sucessivo de arroz irrigado e azevém, em solo de terras baixas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar a superação da dormência física em sementes de plantas daninhas de soja; determinar a habilidade competitiva de soja quando associada a diferentes plantas daninhas; estudar a resposta nas trocas gasosas, metabolismo celular e capacidade reprodutiva (produtividade e qualidade de sementes) de plantas daninhas submetidas a diversos manejos de irrigação; e, avaliar a longevidade e persistência do banco de sementes de plantas daninhas de soja. Foram estudadas as espécies poáceas capim-amargoso e capim-massambará; e, eudicotiledôneas caruru-de-mancha e leiteira, em solo de terras baixas.

## **2 CAPÍTULO I – Superação da dormência em sementes de capim-massambará e leiteira**

### **2.1 Introdução**

A interferência das plantas daninhas nas culturas é considerada o principal problema biótico nos sistemas de produção agrícola, sendo responsáveis pela redução da agrobiodiversidade e produtividade dos cultivos, decorrente da competição pelos recursos do meio. Ainda, são hospedeiras de pragas e doenças, reduzem a qualidade do produto (grão ou sementes), e, conseqüentemente, incrementam o custo de produção da lavoura (GHARDE et al., 2018).

A necessidade de implementar diversos tipos de manejo para o combate das plantas daninhas é fundamental para o sucesso do agronegócio. Desse modo, são utilizados controles de tipo cultural, físico, mecânico, biológico e químico, de maneira associada, para estabelecer o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) (OWEN, 2016). No entanto, as plantas daninhas podem apresentar propriedades ou mecanismos especiais de sobrevivência, como a dormência de sementes, para prevenir a emergência em ambientes desfavoráveis e perturbados, e, garantir a perpetuação da espécie (VIVIAN et al., 2008).

A dormência de sementes caracteriza-se por impedir a germinação, mesmo quando as condições de temperatura, humidade e luz são as ótimas para a espécie, e, conservando a semente viável (DUCLOS et al., 2013). A dormência pode ser de tipo primário, quando apresenta padrão de desenvolvimento específico e programado geneticamente, o qual ocorre antes da semente ser liberada pela planta mãe; enquanto, a secundária se manifesta em resposta a determinada condição do ambiente (CORBINEAU et al., 2014). Ainda, os tipos de dormência podem ser

subdivididos em seis mecanismos, sendo esses: fisiológico, específico do embrião que impede a protusão da radícula; físico, pela impermeabilidade a água a causa de varias camadas lignificadas; químico, a presença de inibidores; mecânico, tegumento duro; e, combinado, físico e fisiológico (VIVIAN et al., 2008).

O capim-massambará (*S. halepense*) e a leiteira (*E. heterophylla*) estão entre as principais plantas daninhas da cultura da soja, que causam prejuízos de aproximadamente 88 e 11%, respectivamente (MESCHEDE et al., 2002; RIAR et al., 2011). Devido a dormência física de ambas as espécies (AARESTRUP et al., 2008; KRENCHINSKI et al., 2015), a germinação no campo ocorre em fluxos sucessivos, o qual possibilita a emergência em diferentes épocas do ano, com oportunidade de produzir semente o ano inteiro e incrementar o banco de sementes (BRESSANIN et al., 2015).

Tratamentos pré-germinativos baseados em escarificação química com ácido sulfúrico, e, mecânica com lixa, não tem favorecido a germinação em capim-massambará e leiteira, e ainda, em alguns casos prejudicaram a germinação e viabilidade das sementes (AARESTRUP et al., 2008; KRENCHINSKI et al., 2015). Portanto, para capim-massambará e leiteira há carência de informações sobre como ocorre a dormência, e, os protocolos de superação não tem sido bem elucidados, evidenciando a possibilidade de realizar modificações para melhorar os resultados.

Pesquisas que permitam compreender e superar a dormência destas espécies podem auxiliar na condução de futuros experimentos, uma vez que, dependendo do tipo de estudo é necessário grande quantidade de plantas no mesmo estágio vegetativo, que podem ser conseguidas através de tratamentos pré-germinativos. Além disso, favorece o incremento de informação para essas espécies e mais conhecimento para a formulação das estratégias do MIPD.

Diante disso, esse trabalho teve por objetivo avaliar a resposta na viabilidade e vigor de sementes nas espécies capim-massambará e leiteira, quando submetidas a tratamentos pré-germinativos de escarificação mecânica e química, para superar a dormência física.

## **2.2 Material e Métodos**

No Laboratório Didático de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, foram conduzidos experimentos

para estudar e superar a dormência em sementes de capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira. No entanto, esses testes foram executados somente para capim-massambará e leiteira, uma vez que, as sementes de capim-amargoso e caruru-de-mancha em ensaios preliminares não possuem dormência (dados não apresentados), sendo verificado germinação de 75 e 70%, para capim-amargoso e caruru-de-mancha, respectivamente.

### **2.2.1 Capim-massambará**

Para capim-massambará foram conduzidos dois experimentos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição composta por 100 sementes.

O primeiro experimento visou avaliar a superação da dormência desta espécie através de tratamentos físicos e químicos, comparados com as sementes não tratadas (testemunha). Os tratamentos foram: embebição em água 24 horas (A24H); embebição em água 48 horas (A48H); pré-esfriamento (PE10); corte distal (Corte); semente sem pericarpo (Cariopse); e, escarificação química com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), conforme descritos a seguir:

A24H: as sementes foram colocadas em frasco transparente aberto e embebidas em água destilada por período de 24 horas (BRASIL, 2009).

A48H: conduziu-se conforme foi descrito anteriormente para A24h, mas durante 48 horas, sendo trocada a água às 24 horas de embebição (BRASIL, 2009).

PE10: as sementes foram acondicionadas em embalagens de papel Kraft escuros e colocadas em câmara tipo BOD, no escuro a temperatura  $10^\circ C$  durante período de 72 horas (BRASIL, 2009).

Corte: realizou-se leve corte distal (lado oposto do eixo embrionário) na semente com auxílio de bisturi.

Cariopse: as sementes foram embebidas em água destilada por período de 24 horas, e, em seguida, com auxílio de duas lixas de madeira (número A60), as sementes foram friccionadas até separar o pericarpo da semente.

$H_2SO_4$ : as sementes foram colocadas em Becker de vidro e acrescentou-se solução de  $H_2SO_4$  concentrado (90%), até recobrir totalmente as sementes, sendo a mistura agitada por período de 60 segundos. Após, as sementes foram lavadas com água destilada durante dois minutos. O conteúdo foi vertido em peneira plástica

de malha fina e as sementes lavadas com água corrente por mais dois minutos. Após, as sementes foram colocadas em papel toalha absorvente por 20 minutos em temperatura ambiente para secagem.

Posteriormente, as sementes de todos os tratamentos, foram submetidas ao teste de germinação. As sementes foram colocadas sobre papel mata-borrão, utilizado como substrato, previamente umedecido com água destilada na proporção de três vezes o peso do papel seco, e colocadas em caixas tipo gerbox. O teste foi conduzido em câmara tipo “*Biological Oxygen Demand*” (BOD) a temperaturas alternadas, oito horas de luz a 30°C, e, 16 horas de escuro a 20°C, realizando-se a primeira contagem e final de germinação aos sete e 35 dias após a semeadura (DAS), respectivamente.

A partir do teste de germinação as variáveis avaliadas foram: primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM) e sementes dormentes (SD), todos expressados em porcentagem. Também foi determinado o índice de velocidade de germinação (IVG), através da contagem diária de sementes germinadas até o último dia de contagem de germinação, sendo consideradas germinadas somente as plântulas com protrusão da raiz primária superiores a 2mm, segundo Maguire (1962). Igualmente, 10 plântulas normais por repetição da PCG foram retiradas para medir o comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento da raiz (CR), expressados em cm planta<sup>-1</sup>, e, a massa seca total (MST), expressada em mg planta<sup>-1</sup>. A MST foi determinada em estufa, com circulação de ar forçada e temperatura de 60°C por 72 horas.

Após a finalização do teste de germinação, nos casos em que se apresentaram sementes dormentes, a viabilidade foi verificada através do teste de tetrazolio com o sal 2, 3, 5 trifenil cloreto de tetrazolio a 1,0 %, onde foi considerada semente viável aquela que apresentou cor rosa ou carmim na semente. Para isso as sementes foram colocadas na solução de tetrazolio, em recipiente de vidro transparente e fechado com papel alumínio, para evitar a entrada de luz por 24 horas a temperatura de ±30° C (BRASIL, 2009). A porcentagem de viabilidade das sementes dormentes (TZ) foi calculada baseada no número de sementes dormentes do teste de germinação.

O segundo experimento consistiu em avaliar a superação da dormência em sementes de capim-massaranduba através de escarificação química com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Para

isso, foi utilizado o mesmo procedimento e solução de  $H_2SO_4$  descritos no experimento I, sendo os períodos de exposição ao ácido zero, 30, 60, 90 e 120 segundos, indicados como tratamentos. Logo, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e avaliadas conforme a descrição acima para o experimento I.

### **2.2.2 Leiteira**

O estudo de superação da dormência em sementes de leiteira foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição composta por 100 sementes.

O experimento visou avaliar a superação da dormência desta espécie através de tratamentos físicos, e, testemunha (sem tratamento). Os tratamentos foram: A24h, A48h, PE10 e escarificação com lixa (ECL). Para os tratamentos A24h, A48h e PE10, foi adotado o protocolo descrito para capim-massambará. O tratamento ECL foi realizado com auxílio de duas lixas de madeira (número A60) de formato circular, onde as sementes foram colocadas entre as duas lixas e friccionadas.

Após aplicação dos tratamentos as sementes foram submetidas ao teste de germinação. Para o teste, o papel mata-borrão foi utilizado como substrato, o qual foi previamente umedecido com água destilada na proporção de três vezes o peso do papel seco, sendo colocados em caixas tipo gerbox, para cada tratamento. Os gerbox foram alocados em BOD a temperaturas alternadas oito horas de luz a  $30^\circ C$ , e, 16 horas de escuro  $20^\circ C$ , realizando-se a primeira contagem e final de germinação aos seis e 16 DAS, respectivamente. As avaliações realizadas e o teste de viabilidade através de tetrazolio foram realizadas de acordo com descrição do experimento I de capim-massambará.

### **2.2.3 Análise estatística**

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley, que indicaram a necessidade de transformação dos dados referentes às variáveis PA, SM, TZ e MST, do experimento I de capim-massambará, através da equação  $\sqrt{x+1}$ . Para o experimento II de capim-massambará e leiteira os testes de normalidade e homocedasticidade evidenciaram não ser necessária a transformação dos dados.

Posteriormente, o efeito dos tratamentos foi avaliado através da análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância estatística as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). No caso do experimento II de capim-massambará, constatada diferença estatística realizou-se análise de regressão para os tempos de exposição das sementes ao  $H_2SO_4$ , com auxílio do programa SigmaPlot 10.0 (SIGMAPLOT, 2007). O maior valor de  $R^2$  foi o critério utilizado para definir o ajuste dos dados.

Para os dados das variáveis PCG, G, SD, TZ e IVG, a equação de regressão de tipo polinomial quadrática foi a mais adequada:

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$$

onde:  $y$  = variável resposta de interesse;  $x$  = tempo de exposição ao  $H_2SO_4$ ;  $a$  = é o intercepto (valor da resposta para  $x=0$ );  $b$  = é a taxa de variação na origem;  $c$  = mede o grau de curvatura e orientação da concavidade da parábola.

Os dados das variáveis SM e CPA, ajustam-se à equação de regressão de tipo polinomial linear:

$$y = a + bx$$

onde:  $y$  = variável resposta de interesse;  $x$  = tempo de exposição ao  $H_2SO_4$ ;  $a$  = é o intercepto ou coeficiente linear e  $b$  = representa a inclinação da reta.

## 2.3 Resultados e Discussão

Os resultados e discussão são apresentados conforme a sequência das espécies e atividades apresentadas no material e métodos.

### 2.3.1 Capim-massambará

Verificou-se diferenças para todas as variáveis em resposta aos tratamentos pré-germinativos testados (experimento I), exceto para CR (Tabela 1 e Anexo A).

Com relação à PCG, verificou-se maiores valores em cariopse e corte, sendo estes 40 e 45% superiores à testemunha, respectivamente; e, o menor valor foi observado em A48H, apresentando diferença de 9% com relação a testemunha (Tabela 1). Comportamento similar foi observado para G, onde os tratamentos corte e cariopse apresentaram 43 e 38% mais G que a testemunha; enquanto, os demais tratamentos exibiram G intermediária entre os dois anteriores e testemunha, sendo

esta a que apresentou menor G. Resultados similares foram reportados para *Panicum virgatum*, quando o pericarpo foi removido e foram realizados vários tipos de cortes (longitudinal, lateral e transversal) no pericarpo da semente desta espécie (DUCLOS et al., 2013).

Os resultados de germinação confirmaram a dormência física das sementes de capim-massambará, causada pela impermeabilidade que impõe o pericarpo da semente (KRENCHINSKI et al., 2015), uma vez que esse foi removido (cariopse) ou aberto (corte), essa barreira física foi eliminada, permitindo a entrada de água e oxigênio na semente para iniciar o processo de germinação. Como estratégia de sobrevivência, plantas daninhas apresentam pericarpo nas sementes bloqueando a absorção de água para evitar a germinação e assim, impedindo a emergência no campo (HU; WANG; WU, 2009).

Analisando as PA, detectou-se valores 10 e 11% superiores à testemunha para cariopse e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, respectivamente; enquanto, os demais tratamentos não apresentaram diferença com a testemunha (Tabela 1). Para as SM verificou-se maior valor para Cariopse, seguido de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sendo esses valores 18 e 10% superiores à testemunha, não diferindo esta última de A24H, PE10 e Corte. Esses resultados evidenciaram efeito negativo dos tratamentos cariopse e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na qualidade das sementes. Tratamentos pré-germinativos de escarificação química ou física, podem ocasionar danos no eixo embrionário ou partes dele, que podem comprometer a qualidade sementes, ao incrementar a porcentagem de PA e SM no teste de germinação (SUDHAKARA; JIJESH, 2015).

Estes resultados podem decorrer a danos no processo de remoção do pericarpo da semente, tendo sido atingidas estruturas sensíveis, uma vez que, o procedimento foi realizado manualmente, podendo ocorrer diferença na intensidade e força do movimento retirar a cariopse do pericarpo. No caso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dependendo da concentração e tempo de exposição das sementes no ácido, podem ocorrer danos a causa do efeito abrasivo deste químico, como foi reportado para a mesma espécie quando foi submetida três e cinco minutos ao ácido, sendo detectado perda total da viabilidade em ambos os casos (KRENCHINSKI et al., 2015).

Tabela 1 - Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), sementes dormentes (SD), tetrazolio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e massa seca total (MST) de capim-massambará em resposta a diferentes tratamentos pré-germinativos para superação de dormência. FAEM/UFPEl, Capão do Leão/RS, 2018.

Tratamento	PCG	G	PA (%)	SM	SD
Testemunha	20 d <sup>1</sup>	30 d	1 b	6 d	63 a
A24H <sup>2</sup>	13 de	55 b	3 b	8 cd	34 c
A48H <sup>3</sup>	11 e	42 c	2 b	14 bc	42 b
PE10 <sup>4</sup>	35 c	54 b	2 b	6 d	38 bc
Corte <sup>5</sup>	33 c	72 a	3 b	11 bcd	14 e
Cariopse <sup>6</sup>	60 a	67 a	10 a	23 a	0 f
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>7</sup>	44 b	54 b	9 a	16 ab	21 d
C.V. (%)	16,10	10,98	31,29	20,16	11,11
	TZ (%)	IVG	CR (cm planta <sup>-1</sup> )	CPA (cm planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )
Testemunha	94 a	3,73 bc	2,73 <sup>ns8</sup>	3,95 b	1,40 b
A24H	93 a	1,85 c	2,05	2,74 c	1,06 b
A48H	90 a	3,05 bc	2,24	2,78 c	1,16 b
PE10	91 a	4,85 ab	3,28	4,21 b	1,27 b
Corte	38 b	5,60 ab	2,77	3,67 b	1,41 b
Cariopse	"0" c	6,29 a	3,23	4,90 a	2,07 a
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	86 b	5,38 ab	2,13	3,84 b	1,47 b
C.V. (%)	8,05	41,08	27,26	11,82	6,59

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ); <sup>2</sup>Embebição em água 24 horas; <sup>3</sup>Embebição em água 48 horas; <sup>4</sup>Pré-esfriamento 10°C; <sup>5</sup>Corte distal na semente; <sup>6</sup>Semente sem pericarpo (cariopse); <sup>7</sup>Escarificação química com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; <sup>8</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

Com relação as SD, observou-se que todos os tratamentos apresentaram valores inferiores à testemunha, sendo os menores valores verificados em cariopse (0%), seguido de corte e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, com valores 50 e 42% inferiores a testemunha, respectivamente (Tabela 1). Confirmando esses resultados a eficiência do tratamento cariopse na superação da dormência de sementes de capim-massambará. Resultados similares foram observados em *Hedysarum scoparium* Fisch. et Mey, quando o pericarpo foi removido, evidenciando também maior e mais rápida absorção de água nas sementes sem pericarpo, fatores que favoreceram o incremento de G (HU; WANG; WU, 2009), como provavelmente ocorreu nesta pesquisa.

Quando analisada a TZ detectou-se menor valor para cariopse, uma vez que, não apresentou SD, seguido de corte e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, com valores 56 e 8% inferiores à testemunha, respectivamente; enquanto, os demais tratamentos não diferiram da

testemunha (Tabela 1). Esses resultados evidenciam que, possivelmente, o corte em algumas ocasiões não foi realizado com precisão na região distal, atingindo estruturas essenciais para germinação, como plúmula, escutelo e radícula, comprometendo a viabilidade das sementes. No entanto, considerando a G de 72% verificada para o tratamento corte, pode-se inferir que o benefício na G foi superior que o prejuízo na TZ. Resultados semelhantes foram reportados em *Panicum virgatum*, indicando que o tipo de corte tem influencia na eficiência do tratamento para superar a dormência, e, que esse pode ter efeito na viabilidade das sementes (DUCLOS et al., 2013).

Embora esses resultados também evidenciaram prejuízo do tratamento H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na TZ, a porcentagem observada para essa variável foi alta, e, a diferença com a testemunha foi pequena, sugerindo esse resultado que, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> possui potencial como tratamento pré-germinativo para superar a dormência em sementes de capim-massambará, como já foi utilizado eficientemente em *Merremia cissoides* (DE SOUSA; ABUD; INNECCO, 2010), *Solanum rostratum* (WEI et al., 2010) e *Rhynchosia capitata* (ALI et al., 2011).

Ao analisar as variáveis de vigor, verificou-se maior IVG para cariopse, sendo este valor 41% superior à testemunha, mas não diferindo dos tratamentos PE10, corte e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Tabela 1). Da mesma forma, para a variável CPA, o tratamento cariopse apresentou maior valor, sendo este 19% superior à testemunha; enquanto, os tratamentos PE10, corte e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> não diferiram da testemunha, e, os valores inferiores foram observados em A24H e A48H. Para MST, o tratamento cariopse foi superior aos demais, sendo esse valor 32% superior a testemunha, a qual não foi diferente dos outros tratamentos.

Baseado nos resultados de vigor pode-se inferir que o tratamento cariopse favoreceu o crescimento inicial de plântulas de capim-massambará. O pericarpo nas sementes além de funcionar como barreira física para germinação (DUCLOS et al., 2013), pode limitar a protusão da radícula devido a presença de substâncias inibidoras da germinação (HU; WANG; WU, 2009), e, ainda, exercer restrição mecânica no embrião (LU et al., 2015), conseqüentemente, influenciando no crescimento e desenvolvimento inicial das plântulas, como pode ter ocorrido nesta pesquisa. Contudo, cabe salientar que, os tratamentos PE10, corte e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> não diferiram de testemunha em vigor, podendo-se inferir que, esses tratamentos não prejudicaram o desempenho das plântulas.

Considerando os resultados deste experimento, em geral, observou-se que o tratamento cariopse foi o mais eficiente para superar a dormência em sementes de capim-massambará, uma vez que, a dormência é imposta pela presença do pericarpo. No entanto, o procedimento para esse tratamento é laborioso, pois se deve realizar manual e separadamente em cada semente, inviabilizando seu uso a maior escala.

Na inviabilidade de utilizar o tratamento cariopse, o tratamento  $H_2SO_4$ , mostrou potencial, sendo que, a G foi superior a testemunha e não foram verificadas diferenças no vigor das plântulas. Portanto,  $H_2SO_4$  é alternativa viável para conduzir ensaios posteriores, realizando variações na concentração da solução e no tempo de exposição das sementes ao ácido, sendo este tratamento possível de empregar a maior escala e de forma mais rápida.

Com relação ao experimento II, determinou-se através da análise de variância, diferenças para todas as variáveis, com exceção de PA, CR e MST (Anexo A).

Quando analisada a PCG e G, verificou-se que os dados de ambas as variáveis se ajustaram a equação de regressão de tipo quadrática, onde os pontos máximos foram identificados em 84 e 73 segundos de exposição das sementes ao  $H_2SO_4$  (Figura 1 A-B).  $H_2SO_4$  atua permeabilizando o pericarpo, devido à alta abrasividade deste composto químico nos tecidos, permitindo a entrada de água e oxigênio na semente, estimulando rápida embebição (ALI et al., 2011; EVREN; KUCUKODUK 2012). Resultados similares foram observados em *Rhynchosia capitata* com 80 segundos de exposição, no entanto, tempos superiores prejudicaram a qualidade das sementes (ALI et al., 2011), como também foi verificado nesta pesquisa.

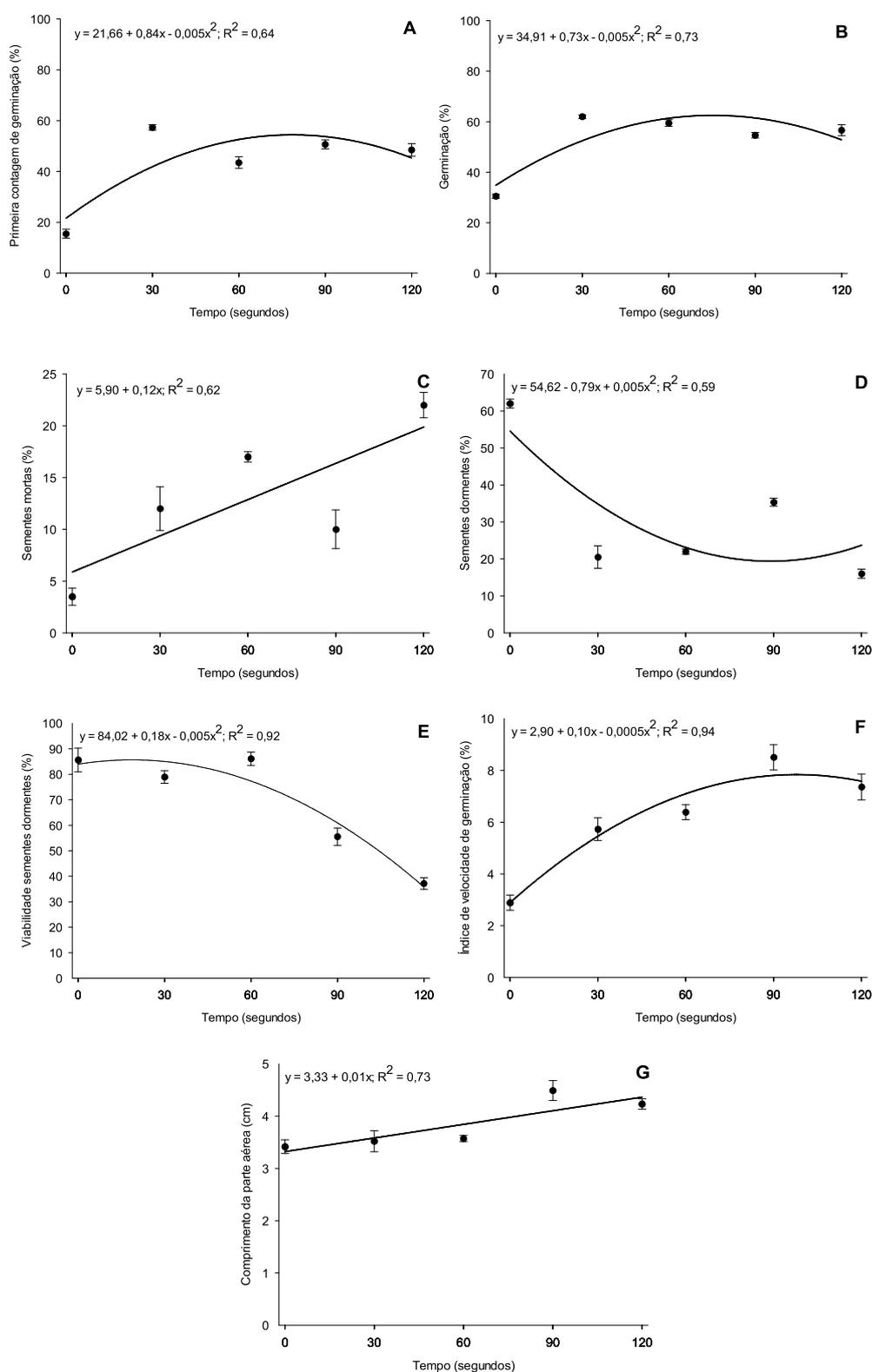


Figura 1 - Primeira contagem de germinação (A), germinação (B), sementes mortas (C), sementes dormentes (D), viabilidade das sementes dormentes (E), índice de velocidade de germinação (F) e comprimento da parte aérea (G) de sementes de capim-massambará, em função do tempo de exposição ao ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Analisando SM, observou-se que por cada aumento de um segundo de exposição das sementes ao  $H_2SO_4$  a porcentagem de SM incrementou 0,12%, de acordo com o modelo polinomial linear (Figura 1 C). Pela característica abrasiva do  $H_2SO_4$ , a eficiência do tratamento é relacionada à tolerância da espécie; e, ao tempo de exposição e concentração utilizados, sendo que, períodos de exposição maiores tenderam a incrementar a porcentagem de SM (EVREN; KUCUKODUK 2012), conforme observado nesta pesquisa. Quando a barreira física (pericarpo) é eliminada pela ação do ácido, a exposição das sementes por mais tempo acarretará perdas, pois o ácido atingirá estruturas vitais para germinação, comprometendo a viabilidade.

Para a variável SD, detectou-se mínima porcentagem de SD quando a exposição das sementes foi de 88 segundos, de acordo ao ajuste dos dados ao modelo de regressão de tipo quadrático (Figura 1 D). Analisando esse resultado e os anteriores, pode-se inferir que, o tempo de exposição das sementes em  $H_2SO_4$ , deve ser na faixa de 70 a 90 segundos, para minimizar a quantidade de SD e maximizar a G. Resultados semelhantes foram reportados para *Rhynchosia capitata*, onde 80 segundos foi o tempo indicado para garantir máxima G, uma vez que, tempos superiores reduziram a G (ALI et al., 2011), corroborando os resultados desta pesquisa.

Com relação a TZ, observou-se máxima viabilidade quando a exposição das sementes ao  $H_2SO_4$  foi de 20 segundos, sendo que, conforme aumentou o tempo de exposição maior foi o prejuízo na TZ, segundo o ajuste dos dados ao modelo polinomial quadrático (Figura 1 E). Embora, após 20 segundos de exposição se observou redução de TZ, deve-se considerar como base o tempo médio de 80 segundos, devido ao benefício na G e mínimo valor de SD. No entanto, salienta-se a necessidade de ajuste da metodologia, para aprimorar o protocolo e reduzir a perda de TZ, provavelmente, através de combinações entre diferentes concentrações e tempos de exposição, como foi reportado para *Afzelia africana*, onde foram testadas concentrações de 10, 50 e 98%, com tempos de 5, 10 e 30 minutos, sendo verificada maior G (87%) no tratamento 10% - 30 minutos (AMUSA, 2011).

Analisando os resultados de vigor, detectou-se valor máximo de IVG quando as sementes foram expostas 100 segundos ao ácido, sendo que os dados foram ajustados à equação de regressão de tipo quadrática (Figura 1 F). Já, para CPA,

verificou-se incremento de 0,01 cm por cada segundo de aumento no tempo de exposição das sementes ao  $H_2SO_4$ , sendo que os dados se ajustaram ao modelo de tipo linear (Figura 1 G). A escarificação química com  $H_2SO_4$  estimula a G das sementes, aumentando a permeabilidade e porosidade do pericarpo, acelerando o processo de embebição do embrião, e, conseqüentemente, incrementando a velocidade de germinação (MIRANDA et al., 2011). Menor tempo de germinação permite crescimento e desenvolvimento mais rápido das plântulas, e, por conseguinte, emergência de plantas de maior vigor (SOLIMAN; ABBAS, 2013).

Os resultados deste experimento permitem recomendar a exposição das sementes de capim-massambará ao  $H_2SO_4$  (concentrado) durante 75 segundos para superara a dormência física desta espécie, uma vez que, essa indicação máxima a G sem afetar o desempenho das plântulas. No entanto, precisa-se de estudos posteriores para aperfeiçoar o protocolo, testando diferentes concentrações e tempos de exposição, para reduzir a perda de TZ.

### **2.3.2 Leiteira**

A análise de variância para leiteira evidenciou efeito significativo dos tratamentos de superação da dormência para as variáveis PCG, G, SM, SD e IVG (Tabela 2 e Anexo A).

Para PCG, verificou-se maior G no tratamento ECL, sendo este 41% superior a testemunha, que não diferiu dos outros tratamentos (Tabela 2). O mesmo comportamento e diferença entre ECL e testemunha foram observados para G. Esses resultados confirmaram a dormência em sementes de leiteira, a qual é definida como de tipo primária de mecanismo físico, devido à impermeabilidade do tegumento e a mucilagem à água, que interferem na entrada de água e oxigênio para o embrião (AARESTRUP et al., 2008; KUMARI et al., 2011). Sendo possível superar essa dormência através da escarificação mecânica com lixa, evidenciando que o tratamento ECL promoveu a permeabilidade do tegumento para entrada de água e acelerar o processo germinativo.

Analisando a variável SM, detectou-se valores maiores para A24H e A48H, sendo estes 14 e 16% superiores a testemunha, respectivamente; enquanto, os demais tratamentos não diferiram da testemunha (Tabela 2). Os tratamentos de embebição demonstraram não ser efetivos para permeabilizar o tegumento da

semente ou remover a barreira física da mucilagem, a qual impede o aceso do embrião a água e oxigênio (WESTERN, 2012). Possivelmente, o tempo de embebição não foi o indicado para remover eficientemente a mucilagem, uma vez que, para diversas espécies a faixa de imersão em água é de 96 a 168 horas (ALVES; GODOY; OLIVEIRA, 2012; DE AGUIAR et al., 2014; BEZERRA et al., 2015), sendo essa superior ao período máximo de embebição testado nesta pesquisa. Contudo, o aumento de SM pode estar relacionado à presença de inibidores da germinação (GORAI et al., 2014), e, ação de microrganismos presentes na mucilagem, os quais podem ter sido favorecidos pelo ambiente de alta umidade da semente (ALVES; GODOY; OLIVEIRA, 2012), considerando também que, em espécies com a presença de mucilagem, a absorção de água é rápida (YANG et al., 2012).

Com relação as SD, verificou-se menor valor para ECL, quando comparado com os demais tratamentos e a testemunha, sendo a diferença com essa última de 44% (Tabela 2). Esse resultado confirma a eficiência do tratamento ECL para superar a dormência em sementes de leiteira, corroborando com resultados reportados em *E. antisiphilitica* Zucc. (FLORES-DEL ANGEL et al., 2013). A escarificação mecânica permite reduzir a espessura do tegumento das sementes, favorecendo a entrada de água e acelerando a embebição das sementes, e, finalmente a G (FLORES-DEL ANGEL et al., 2013).

Analisando as variáveis de vigor, verificou-se para IVG maior índice no tratamento ECL, sendo esse valor 40% superior a testemunha, que não apresentou diferença com os demais tratamentos (Tabela 2), evidenciando o benefício da escarificação mecânica para acelerar o processo de germinação em sementes de leiteira. Quando a dormência é superada através do tratamento pré-germinativo, a rápida germinação é a confirmação que o tratamento utilizado funcionou corretamente, permeabilizando o tegumento da semente de forma uniforme, para garantir germinação máxima, uniforme e rápida (OKUNLOLA; ADEBAYO; ORIMOJUNJE, 2011).

Apesar de que, para as variáveis PA, TZ, CR, CPA e MST, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos, esse resultado indica que, o tratamento ECL, permitiu desempenho normal das plântulas, uma vez que, não diferiram da testemunha (Tabela 2). Portanto, recomenda-se o tratamento ECL para superação

das sementes de leiteira, em virtude de G superior e desempenho igual o superior a testemunha nos testes de vigor.

Tabela 2 - Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), sementes dormentes (SD), tetrazolio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e massa seca total (MST) de leiteira em resposta a diferentes tratamentos pré-germinativos para superação de dormência. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Tratamento	PCG	G	PA	SM	SD
			(%)		
Testemunha	19 bc <sup>1</sup>	31 bc	3 <sup>ns2</sup>	8 c	58 a
A24H <sup>3</sup>	7 c	15 c	5	22 ab	58 a
A48H <sup>4</sup>	7 c	17 c	9	24 a	50 a
ECL <sup>5</sup>	60 a	72 a	6	8 c	14 b
PE10 <sup>6</sup>	26 b	35 b	7	14 bc	44 a
C.V. (%)	30,7	23,3	45,0	28,7	19,0
	TZ	IVG	CR	CPA	MST
	(%)		(cm planta <sup>-1</sup> )	(cm planta <sup>-1</sup> )	(g planta <sup>-1</sup> )
Testemunha	79 <sup>ns</sup>	4,8 b	4,1 <sup>ns</sup>	5,1 <sup>ns</sup>	4,5 <sup>ns</sup>
A24H	84	2,2 b	4,4	4,6	4,1
A48H	76	2,5 b	3,3	3,6	4,9
ECL	83	4,1 b	4,2	5,0	4,5
PE10	76	7,7 a	4,9	5,8	4,1
C.V. (%)	14,6	21,0	24,7	22,7	10,9

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ); <sup>2</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ); <sup>3</sup>Embebição em água 24 horas; <sup>4</sup>Embebição em água 48 horas; <sup>5</sup>Escarificação mecânica com lixa; <sup>6</sup>Pré-esfriamento 10°C.

Os resultados gerais deste capítulo confirmaram a dormência física de ambas as espécies e tratamentos efetivos para favorecer a germinação. Espera-se que os protocolos desenvolvidos possam facilitar o andamento de pesquisas no futuro próximo, e, auxiliar na formulação de estratégias mais adequadas para o manejo de plantas daninhas.

## 2.4 Conclusões

As sementes de capim-massambará possuem dormência física imposta pelo pericarpo, que pode ser superada pela remoção manual deste ou exposição à solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 75 segundos.

A dormência física em sementes de leiteira pode ser superada por meio de escarificação com lixa sem alterar o desempenho das plântulas.

### **3 CAPÍTULO II – Habilidade competitiva relativa, danos celulares e qualidade de sementes de soja em competição com as espécies *Digitaria insularis*, *Sorghum halepense*, *Amaranthus viridis* e *Euphorbia heterophylla*, em solo de terras baixas**

#### **3.1 Introdução**

A importância da soja em terras baixas tem aumentando consideravelmente nos últimos tempos, ampliando as áreas de semeadura e a necessidade de desenvolvimento de pesquisas que procuram incorporar novas tecnologias e mais adequadas para essas condições (ZANON et al. 2015). Para safra 2017/18 no Rio Grande do Sul, aproximadamente 297.453 hectares de soja foram semeadas em áreas de terras baixas em que se realiza rotação com a cultura do arroz irrigado, produzindo em média 2,45 toneladas ha<sup>-1</sup> (IRGA, 2019).

Essa rotação tem sido utilizada como parte da estratégia de manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) para diminuir o banco de sementes das principais plantas daninhas do arroz (AGOSTINETTO et al., 2009a). Entretanto, com o cultivo de soja nessas regiões de forma frequente e continuada, há também a introdução de plantas daninhas que ocorrem na cultura da soja quando cultivada em terras altas.

A nível mundial as plantas daninhas são responsáveis pelos maiores prejuízos na cultura da soja, competindo por luz, água e nutrientes, reduzindo a produtividade e a qualidade das sementes (GIBSON; YOUNG; WOOD, 2017; SOLTANI et al., 2017). Pesquisas revelaram redução de 44, 88 e 91% na produtividade da soja decorrente da interferência das espécies *D. insularis*, *S. halepense* e *A. palmari* 91% (BENSCH; HORAK; PETERSON, 2003; RIAR et al., 2011; GAZZIERO et al., 2012). Relacionada à época de emergência das plantas daninhas, sendo que, o controle químico deve ser adotado ao final do período

anterior à interferência, sendo esses 14, 15 e cinco dias após emergência da soja, para semeadura em 20 de outubro, 10 de novembro e 1 de dezembro, respectivamente (ZANDONÁ et al., 2018).

A competição exercida pelas plantas daninhas pelos recursos do meio, causa estresse biótico na cultura que pode alterar seu crescimento e desenvolvimento (SILVA et al., 2008); o metabolismo celular, com efeitos irreversíveis nas membranas (AGOSTINETTO et al., 2016) e consequente prejuízo na estrutura do aparato fotossintético (CAVERZAN et al., 2019); e, finalmente na produção de sementes (MILLAR et al., 2011), em função da espécie e o nível de infestação (DIAS et al., 2010).

Os efeitos da competição das plantas daninhas na produtividade das culturas podem ser estudado através da habilidade competitiva, em referência ao desenvolvimento de área foliar, raízes e estatura, os quais vão definir o ciclo e capacidade reprodutiva das plantas daninhas. Nesse sentido, diversos métodos têm sido desenvolvidos para estudar as interações competitivas entre as culturas e as plantas daninhas, considerando as populações, os arranjos espaciais e as proporções de plantas nas associações (GALON et al., 2015).

Para avaliar a intensidade da competição entre a cultura e a planta daninha são utilizados métodos em series aditivas, através de análises de curvas de regressão para as variáveis; e, principalmente, o método de séries substitutivas, para determinar qual das duas espécies é mais competitiva (GALON et al., 2015). Assim, as análises dos experimentos em série de substituição avaliam por meio de diagramas a produtividade relativa e total das diferentes variáveis, em que a população total para todos os tratamentos se mantem constante num arranjo espacial uniforme para cada monocultura, e, em diferentes proporções de plantas competindo (SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015).

Estudos em séries de substituição com soja revelam maiores prejuízos no crescimento da cultura em decorrência da competição intraespecífica, quando em associação com as plantas daninhas capim-arroz, milhã e leiteira (AGOSTINETTO et al., 2013; BASTIANI et al., 2016; ULGUIM et al., 2016); enquanto, a competição interespecífica foi prejudicial para a cultura quando em competição com buva e caruru-de-mancha (SILVA et al., 2014; RUCHEL, 2018).

As plantas reagem ao estresse pela competição alterando o metabolismo celular, através do incremento da peroxidação lipídica (CAVERZAN et al., 2019). No

entanto, essa reação pode causar danos irreversíveis nas membranas celulares pela produção de espécies reativas de oxigênio (EROS), como  $O_2^-$  (superóxido),  $H_2O_2$  (peróxido de hidrogênio) e  $\cdot OH$  (radical hidroxila) (AGOSTINETTO et al., 2016), como foi determinado em vários estudos (AFIFI; SWANTON, 2012; GAL et al., 2015; AGOSTINETTO et al., 2017; PIASECKI et al., 2018), mediante a quificação de peróxido de hidrogênio, peroxidação lipídica e o extravasamento de eletrólitos (AGOSTINETTO et al., 2016).

Em vista dos graves problemas das plantas daninhas na agricultura, e considerando que o controle químico, mesmo sendo a alternativa mais prática e econômica para o agricultor, em determinadas situações é limitado devido aos diferentes casos de biótipos resistentes aos herbicidas (MOSS; ULBER; HOED, 2019), faz-se necessário pesquisas que estudem as relações de interferência entre a cultura e as plantas daninhas. Estes estudos são fundamentais para entender os comportamentos das plantas sob estresse pela competição e utilizar esses conhecimentos na formulação das estratégias do MIPD, especialmente para a cultura da soja em terras baixas, em que a informação para algumas plantas daninhas é insuficiente.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar a habilidade competitiva das plantas daninhas poáceas capim-amargoso e capim-massambará; e, eudicotiledôneas caruru-de-mancha e leiteira com a cultura da soja, através de variáveis de crescimento, metabolismo celular, características agronômicas e qualidade das sementes produzidas.

### **3.2 Material e Métodos**

O capítulo foi dividido em quatro estudos: a) habilidade competitiva relativa; 2) danos celulares; 3) características agronômicas da cultura; e, 4) qualidade das sementes produzidas. Os quatro estudos foram conduzidos com a associação da cultura com as quatro plantas daninhas competindo individualmente com a soja. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e laboratórios pertencentes ao Centro de Herbologia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas (CEHERB/FAEM/UFPel), com delineamento experimental inteiramente casualizado, com nove repetições.

### **3.2.1 Habilidade competitiva relativa de capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira com a cultura da soja**

O estudo foi conduzido em duas etapas, sendo a primeira referente ao experimento em série aditiva, durante o período de novembro a dezembro de 2016; e, a segunda, de dois experimentos em série de substituição no período de dezembro de 2016 a março de 2017, repetidos durante o período de novembro de 2017 a fevereiro de 2018, considerados safras 2016/17 e 2017/18, respectivamente.

Na primeira etapa conduziu-se experimento de monocultivo de capim-amargoso, capim-massambará e leiteira em série aditiva, para determinar a população de plantas a partir da qual a massa seca da parte aérea (MSPA) por unidade de área ( $\text{g m}^{-2}$ ) tornava-se independente da população, de acordo com a “lei de produção final constante” (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). As populações foram 1, 2, 4, 8, 16, 32 e 64 plantas vaso<sup>-1</sup> (equivalentes a 32, 64, 128, 256, 512, 1024 e 2048 plantas  $\text{m}^{-2}$ ). Para caruru-de-mancha e a cultura da soja consideraram-se os dados obtidos por Ruchel (2018).

Para a realização do estudo, a cultivar de soja utilizada foi a NA 5909 RG e as sementes das plantas daninhas foram adquiridas comercialmente. O experimento foi semeado em vasos com capacidade de 4L e diâmetro de 20cm. O solo utilizado foi classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013), sendo a fertilidade corrigida pela aplicação de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubo na formulação 05-20-20, de acordo com análise de solo (SOCIEDADE..., 2004).

A MSPA foi determinada aos 45 dias após o transplante (DAT) para capim-massambará e 50 DAT para capim-amargoso, caruru-de-mancha e leiteira, todos em competição com soja, sendo pesada a parte aérea das plantas, após serem secas em estufa com circulação forçada de ar a  $60^{\circ}\text{C}$  por 72 horas. A análise dos dados permitiu determinar que a população de plantas por unidade experimental, onde a variável tornou-se constante foi de 40, 8, e 32 plantas, equivalente a população de 1278, 255 e 1019 plantas  $\text{m}^{-2}$  para capim-amargoso, capim-massambará e leiteira, respectivamente (dados não apresentados). Para a cultura da soja e caruru-de-mancha, consideraram-se as populações de 8 e 12 plantas vaso<sup>-1</sup>, equivalente a população de 255 e 382 plantas  $\text{m}^{-2}$ , conforme determinado por Ruchel (2018).

Para a segunda etapa do estudo, foram conduzidos quatro experimentos (I, II, III e IV), onde as populações de plantas por unidade experimental foram determinadas a partir do cálculo da média aritmética das populações das espécies obtidas na primeira etapa, resultando em 24, 8, 12 e 20 plantas vaso<sup>-1</sup>, equivalente a 764, 255, 319 e 637 plantas m<sup>-2</sup>, quando na presença de soja com capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteria, respectivamente. As unidades experimentais foram semelhantes à primeira etapa. No caso da soja em convivência com o caruru-de-mancha, embora a média entre as duas espécies foi de 10 plantas vaso<sup>-1</sup>, a média utilizada foi de 12, uma vez que, 10 não permite estabelecer as diferentes proporções entre a cultura e a planta daninha, e, 12 é o valor médio imediatamente superior que se admite para constituir corretamente as proporções.

Os experimentos em série de substituição, constaram de cinco proporções em competição de soja com as plantas daninhas: capim-amargoso (experimento I), capim-massambará (experimento II), caruru de mancha (experimento III) e leiteria (experimento IV), sendo as mesmas 100:0 (estande puro de soja), 75:25 (soja: planta daninha), 50:50, 25:75 (soja: planta daninha) e 0:100% (estande puro de planta daninha) equivalentes a 24:0, 18:6, 12:12, 6:18; 0:24; 8:0, 6:2, 4:4, 2:6; 0:8; 12:0, 9:3, 6:6, 3:9 e 0:12; e, 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20, para os experimentos I, II, III e IV, respectivamente.

A semeadura foi realizada em bandejas de polietileno, sendo que, quando as plantas das espécies se encontravam com as primeiras folhas verdadeiras expandidas, aos 5, 17, 5, 14 e 4 dias após emergência (DAE) para soja, capim-amargoso, capim-massambará, caruru de mancha e leiteria, respectivamente, foram transplantadas para os vasos.

As variáveis avaliadas aos 45 dias após o transplante (DAT) para o experimento II e 50 DAT para os experimentos I, III e IV foram: índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA). A CLO foi determinada com o auxílio de medidor portátil do índice relativo de clorofila (modelo SPAD). A EST foi mensurada em todas as plantas de cada repetição, com ajuda de régua milimetrada, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice das folhas, com o limbo foliar distendido. A AF foi determinada com auxílio de medidor de área foliar, modelo LI 3200 C, sendo o valor obtido em cm<sup>2</sup> e convertido em cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>; enquanto, a MSPA foi quantificada de modo idêntico ao descrito no experimento de monocultivo e expressa em g planta<sup>-1</sup>.

Para análise dos dados foi utilizado o método da análise gráfica da produtividade relativa (RADOSEVICH, 1987; ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991). O referido procedimento consiste na construção de diagramas, tendo por base as produtividades ou variações relativas (PR) e totais (PRT) nas proporções de plantas de 0, 25, 50, 75 e 100% da cultura e do competidor. A PR foi calculada pela média da mistura/média da monocultura, utilizando-se no cálculo a média por planta de cada espécie em cada unidade experimental. A PRT é representada pela soma das PR's do competidor e da cultura, nas respectivas proporções de plantas.

Nos diagramas, os resultados obtidos foram comparados aos valores da reta hipotética, que une os pontos zero e um do diagrama, a qual representou a ausência de interferência entre as espécies. Caso a PR resultar em linha côncava, significa que ocorre prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies, enquanto que se a linha apresentada pela PR for convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Quando a PRT for igual à unidade (um) (linha reta), significa que ocorre competição pelos mesmos recursos; se superior a um (linha convexa) a competição é evitada, devido ao suprimento de recursos superar a demanda ou porque as espécies possuem diferentes demandas pelos recursos do meio; e, quando inferior a um (linha côncava), significa que ocorre antagonismo, havendo prejuízo mútuo ao crescimento das espécies (COUSENS, 1991; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Além da PR e da PRT, calcularam-se índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). A CR representa o crescimento comparativo da cultura (soja) em relação aos competidores (capim-amargoso, capim-massambará, caruru de mancha e leiteira); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e, C aponta qual espécie manifesta-se mais competitiva (COUSENS, 1991; COUSENS; O'NEILL, 1993). Os índices CR, K e C foram calculados utilizando-se as equações propostas por Cousens e O'Neill (1993), conforme segue:

$$CR = PR_{soja} / PR_{competidor}$$

$$K_{soja} = PR_{soja} / (1 - PR_{soja})$$

$$K_{competidor} = PR_{competidor} / (1 - PR_{competidor})$$

$$C = PR_{soja} - PR_{competidor}$$

A interpretação conjunta desses valores indica com segurança, a competitividade das espécies envolvidas. A cultura da soja é mais competitiva que o

competidor quando  $CR > 1$ ,  $K_{soja} > K_{competidor}$  e  $C > 0$  (HOFFMAN; BUHLER, 2002). Já, o competidor é mais competitivo que a soja quando  $CR < 1$ ,  $K_{soja} < K_{competidor}$  e  $C < 0$ .

Para analisar estatisticamente a produtividade relativa, primeiramente foi calculada a diferença para os valores de PR (DPR) obtidos na proporção de 50% de plantas, em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas obtidas nas respectivas proporções (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; PASSINI; CHRISTOFFOLETI; YADA, 2003). Em seguida, foi utilizado o teste t ( $p \leq 0,05$ ) para avaliar as diferenças nos índices DPR, PRT, CR, K e C (ROUSH et al., 1989; HOFFMAN; BUHLER, 2002). As hipóteses de nulidade para testar as diferenças de DPR e C são de que as médias são iguais a zero ( $H_0=0$ ); para PRT e CR, que as médias são iguais a um ( $H_0=1$ ); para o índice K, que as médias das diferenças entre  $K_{soja}$  e  $K_{competidor}$  são iguais a zero [ $H_0=(K_{soja}-K_{competidor})=0$ ]. O critério para considerar a existência de diferenças em competitividade, para os índices CR, K e C, foi de que, no mínimo em dois índices, ocorressem diferenças pelo teste t (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Os resultados obtidos para CLO, EST, AF e MSPA das plantas, expressos em valores médios por planta, foram submetidos à análise de variância. Quando o teste F indicou significância ( $p \leq 0,05$ ), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ), tendo como tratamento padrão o respectivo monocultivo.

### 3.2.2 Danos celulares

Amostras foliares do terço médio da última folha completamente expandida foram coletadas aos 45 DAT para o experimento II e 50 DAT para os experimentos I, III e IV, e, armazenadas a  $-80^\circ\text{C}$  até o momento da análise de danos celulares através de extravasamento celular (EC), teor de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e quantificação das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).

O primeiro teste consistiu em avaliar a permeabilidade relativa das membranas, por meio do extravasamento de eletrólitos, conforme descrito por Tarhanen et al. (1999). Para isso, 0,2g de amostra de folhas foram seccionadas com tesoura e lavada três vezes com água ultrapura para a retirada do conteúdo das células rompidas durante o corte e de outros eletrólitos aderidos às folhas. Após este procedimento, as mesmas foram colocadas em 50mL de água ultrapura e deixadas

por 4 horas em banho-maria (25°C). Decorrido esse tempo, obteve-se a condutância inicial (Ci), utilizando-se condutivímetro (Lutron, CD-4301). Posteriormente a essa leitura, as amostras foram recolocadas em banho-maria a 90°C por 2 horas e feita a segunda leitura (Cf). A permeabilidade relativa foi calculada pela relação  $C_i/(C_i+C_f) \times 100$  e o resultado foi expresso em percentagem.

Os danos celulares nos tecidos foram também determinados em termos de teor de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, conforme descrito por Sergier, Alexieva e Karanov (1997) e TBARS, via acúmulo de aldeído malônico (MDA), conforme descrito por Heath e Packer (1968). Para a realização dessas duas análises, 0,2g de folhas foram macerados com nitrogênio líquido, homogeneizados em 2mL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e centrifugados a 12000 rpm por 20 minutos. Para a quantificação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, alíquotas de 0,2mL do sobrenadante foram adicionadas em 0,8mL de tampão fosfato 10mM (pH 7,0) e 1mL de iodeto de potássio 1M seguido de agitação em vortex. A solução foi mantida em repouso por 10 minutos em temperatura ambiente e após a absorvância foi lida a 390nm. A concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foi determinada através de curva padrão com concentrações conhecidas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e expressa em mM g<sup>-1</sup> de MF (massa fresca).

Para a determinação de TBARS, alíquotas de 0,5mL do sobrenadante descrito anteriormente foram adicionadas a 1,5mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e ácido tricloroacético 10% (m/v) e incubadas em banho-maria a 90°C por 20 minutos. A reação foi paralisada em banho de gelo por 10 minutos. Em seguida foi determinada a absorvância a 532nm, descontando-se a absorvância inespecífica a 600nm. A concentração de MDA foi calculada utilizando-se o coeficiente de absorvância de 155mM cm<sup>-1</sup> e os resultados expressos em nM MDA g<sup>-1</sup> de MF.

Os dados obtidos para as três variáveis dos danos celulares, foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley, que indicaram a necessidade de transformação dos dados pela equação  $\sqrt{x+1}$ , referente às variáveis TBARS e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para os experimentos I e II, e, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e EC, para os experimentos III e IV, respectivamente.

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (p≤0,05), sendo que, para o processamento das análises os efeitos do fator proporção de plantas e repetição foram considerados fixos e, o efeito do fator época de condução foi considerado aleatório, utilizando-se o procedimento MIXED do "Statistical

Analysis System” (SAS INSTITUTE, 1999), conforme descrito por Piana, Silva e Antunes (2012). Para efeitos do modelo estatístico utilizado, as repetições tiveram por objetivo isolar o erro dentro de cada época de condução, em função das proporções de plantas, enquanto que o fator época de condução foi utilizado a fim de validar o experimento. Quando constatada significância estatística pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), realizou-se comparação entre as médias utilizando o teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### **3.2.3 Características agronômicas e produtividade da cultura da soja**

Simultaneamente aos experimentos de habilidade competitiva e danos celulares, foram conduzidas quatro repetições até o final do ciclo da cultura da soja para avaliar produtividade, características agronômicas e qualidade das sementes produzidas pela cultura e as plantas daninhas. Assim, as colheitas foram realizadas aos 123 e 127 dias após a emergência da soja, para as safras 2016/17 e 2017/18, respectivamente.

Por ocasião da colheita da soja (estádio R8), foi avaliado a produtividade de grãos (P) em g planta<sup>-1</sup>. Para as características agronômicas, foram utilizadas todas as plantas de cada repetição, sendo avaliado EST, número de entrenós (NE), número de legumes (NL) e número de sementes (NS) planta<sup>-1</sup>.

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley, que não indicaram a necessidade de transformação dos dados. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), conforme o procedimento descrito anteriormente para as variáveis de danos celulares. Da mesma forma, quando constatada significância estatística pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), realizou-se comparação entre as médias utilizando o teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### **3.2.4 Qualidade de sementes**

Após a colheita, as amostras foram submetidas a secagem ambiente (25°C) e armazenadas em câmara (17°C) no Laboratório Didático de Análises de Sementes (LAS) durante dois meses. Posteriormente, a qualidade das sementes foi determinada através do peso de mil sementes (PMS), teste de germinação e

variáveis relacionadas ao vigor, para todas as espécies; enquanto, o teste de condutividade elétrica (CDE) foi realizado somente para a cultura da soja.

Para o PMS, foram tomadas oito repetições, contendo cada uma, 100 sementes, coletadas ao acaso de cada amostra, as quais foram pesadas em balança analítica.

No teste de germinação foram semeadas 200 sementes de soja por proporção (100:0, 75:25, 50:50 e 25:75), divididas em quatro repetições de 50 sementes, em rolos de papel tipo germitest umedecido previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, e alocados em germinador à temperatura de 25°C, sendo realizada a primeira contagem de germinação (PCG) e final (G), cinco e oito DAS, respectivamente.

A partir do teste de germinação para a cultura da soja, foram determinadas as variáveis PCG e G expressos em porcentagem, e, índice de velocidade de germinação (IVG), através da contagem diária de sementes germinadas até o último dia de contagem de germinação, sendo consideradas germinadas somente as plântulas com protrusão da raiz primária superiores a 2mm, conforme descrito por Maguire (1962). Ainda, na PCG foram retiradas 10 plântulas normais por repetição, em que foi medido o comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR), sendo estes expressados em  $\text{cm planta}^{-1}$ , e, a massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), expressados em  $\text{mg planta}^{-1}$ . A massa da matéria seca foi determinada em estufa, com circulação de ar forçada e temperatura de 60°C por 72 horas.

O teste de CDE nas sementes de soja foi realizado segundo metodologia descrita por Vieira e Krzyzanowski (1999). Para isso, quatro repetições de 50 sementes para cada proporção foram colocadas em copos plásticos com 75 ml de água deionizada, e mantidas em sala a temperatura ambiente ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ) durante 24 horas; logo após esse período, a leitura de CDE foi realizada com condutivímetro.

No caso das plantas daninhas, as sementes foram colocadas sobre papel mata-borrão, utilizado como substrato, previamente umedecido com água destilada na proporção de três vezes o peso do papel seco, e colocadas em caixas tipo gerbox, para cada proporção de competição. O teste de germinação foi conduzido em câmara tipo BOD a temperaturas alternadas, oito horas de luz à maior temperatura e 16 horas de escuro à menor, segundo a descrição para cada espécie. O teste para capim-amargoso foi conduzido a temperatura de 20-35°C, realizando a primeira contagem e final de germinação aos sete e 14 DAS, respectivamente

(MONDO et al., 2010); enquanto, as sementes de caruru-de-mancha foram colocadas a temperatura de 20-30°C, realizando a primeira contagem e final cinco e 14 DAS, respectivamente (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007b), e, para capim-massambará e leiteira o teste de germinação foi conduzido conforme descrito no Capítulo I, adotando os tratamentos de superação da dormência para ambas as espécies. Ainda, as variáveis avaliadas a partir do teste de germinação e após a finalização deste (tetrazolio), foram as mesmas descritas no Capítulo I.

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley, que não indicaram a necessidade de transformação. Logo, os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), conforme procedimento descrito para as variáveis de danos celulares. Do mesmo modo, em caso de diferença estatística realizou-se comparação de médias através do teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### **3.3 Resultados e Discussão**

Os resultados e discussão serão apresentados de acordo com a sequência das atividades apresentadas no material e métodos.

#### **3.3.1 Habilidade competitiva da soja com as plantas daninhas**

Ao analisar as combinações de plantas de soja e capim-amargoso (experimento I), na estação de cultivo 2016/17, verificou-se para a cultura que as variáveis EST, AF e MSPA o desvio observado da reta da PR resultou em linhas convexas e linha próxima à reta hipotética para CLO; sendo consideradas significativas as diferenças obtidas nas linhas de AF e MSPA (Figura 2 e Tabela 3), uma vez que deve ocorrer diferença em no mínimo duas das proporções testadas (BIANCHI, et al., 2006). Para a estação 2017/18, se constataram diferenças em EST e AF, representadas por linhas côncava e convexa, respectivamente. Para o capim-amargoso na safra 2016/17, os desvios observados da reta de PR foram significativos para as quatro variáveis e representados por linhas côncavas; enquanto, para estação 2017/18 foi verificada significância para AF e MSPA com linhas convexas.

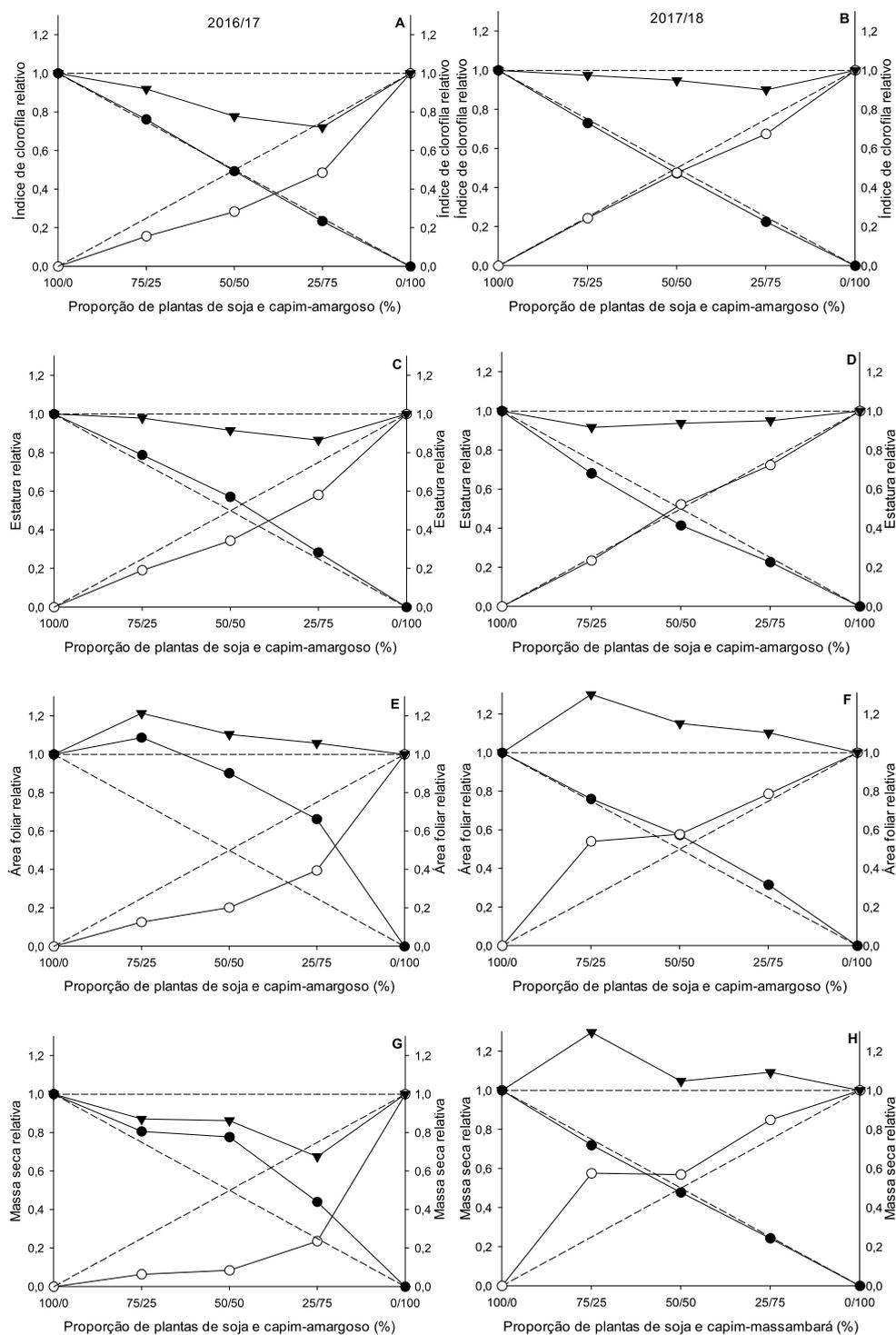


Figura 2 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A,B), estatura (C,D), área foliar (E,F) e massa seca da parte aérea (H,G) de soja e capim-amargoso em função da proporção entre as espécies na população e conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018. (●) PR da soja; (○) PR do capim-amargoso; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 3 - Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas proporções de plantas de soja e capim-amargoso, e, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	Safr	Proporção (%) de plantas associadas (soja: capim-amargoso)		
		75:25	50:50	25:75
Índice relativo de clorofila				
Soja		0,01 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,01 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
C.amargoso	2016/17	-0,09 ( $\pm 0,01$ )*	-0,22 ( $\pm 0,01$ )*	-0,26 ( $\pm 0,02$ )*
Total		0,92 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,78 ( $\pm 0,03$ )*	0,72 ( $\pm 0,03$ )*
Soja		-0,02 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,03 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
C.amargoso	2017/18	-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,08 ( $\pm 0,01$ )*
Total		0,97 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	0,95 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	0,90 ( $\pm 0,02$ )*
Estatura				
Soja		0,04 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,07 ( $\pm 0,01$ )*	0,03 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
C.amargoso	2016/17	-0,06 ( $\pm 0,01$ )*	-0,16 ( $\pm 0,01$ )*	-0,17 ( $\pm 0,03$ )*
Total		0,98 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,92 ( $\pm 0,01$ )*	0,87 ( $\pm 0,04$ )*
Soja		-0,07 ( $\pm 0,01$ )*	-0,09 ( $\pm 0,01$ )*	-0,02 ( $\pm 0,01$ )*
C.amargoso	2017/18	-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,03 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Total		0,92 ( $\pm 0,01$ )*	0,94 ( $\pm 0,01$ )*	0,95 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Área foliar				
Soja		0,34 ( $\pm 0,02$ )*	0,40 ( $\pm 0,02$ )*	0,41 ( $\pm 0,02$ )*
C.amargoso	2016/17	-0,12 ( $\pm 0,01$ )*	-0,30 ( $\pm 0,01$ )*	-0,35 ( $\pm 0,01$ )*
Total		1,21 ( $\pm 0,02$ )*	1,10 ( $\pm 0,01$ )*	1,06 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Soja		0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,07 ( $\pm 0,01$ )*	0,07 ( $\pm 0,01$ )*
C.amargoso	2017/18	0,29 ( $\pm 0,07$ )*	0,08 ( $\pm 0,01$ )*	0,04 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
Total		1,30 ( $\pm 0,07$ )*	1,15 ( $\pm 0,01$ )*	1,10 ( $\pm 0,02$ )*
Massa seca da parte aérea				
Soja		0,06 ( $\pm 0,06$ ) <sup>ns</sup>	0,28 ( $\pm 0,02$ )*	0,19 ( $\pm 0,03$ )*
C.amargoso	2016/17	-0,19 ( $\pm 0,01$ )*	-0,42 ( $\pm 0,01$ )*	-0,51 ( $\pm 0,02$ )*
Total		0,87 ( $\pm 0,07$ ) <sup>ns</sup>	0,86 ( $\pm 0,02$ )*	0,68 ( $\pm 0,04$ )*
Soja		-0,03 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	-0,02 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	-0,01 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>
C.amargoso	2017/18	0,33 ( $\pm 0,08$ )*	0,07 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	0,10 ( $\pm 0,03$ )*
Total		1,30 ( $\pm 0,06$ )*	1,05 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>	1,09 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo; \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Esses resultados evidenciam que o capim-amargoso não causou em perdas representativas para a cultura, mesmo com efeito prejudicial da planta daninha verificado na segunda estação de cultivo, a cultura se apresentou como a espécie dominante, acarretando perdas de crescimento no capim-amargoso (Figura 2 e Tabela 3). Resultados similares foram observados em soja submetida a convivência com a gramínea capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), onde a cultura demonstrou habilidade competitiva superior, quando avaliada a variável MSPA (FRANCO et al., 2017). Cabe salientar que, o capim-amargoso possui crescimento inicial lento até 45

DAE (GEMELLI et al., 2012), portanto, no momento da avaliação (50 DAE) o crescimento atingido pela planta daninha não alterou negativamente os parâmetros de crescimento da cultura.

Com relação à PRT, verificou-se na primeira safra diferenças para as quatro variáveis, representadas por linhas côncavas para CLO, EST e MSPA, e, convexa para AF. Para a segunda estação de cultivo, as diferenças foram observadas somente para EST e AF, apresentando linhas côncava e convexa, respectivamente (Figura 2 e Tabela 3). Embora as linhas côncavas da PRT das variáveis EST e MSPA indiquem prejuízo mútuo do crescimento entre as duas espécies pelos recursos do meio, observou-se para a cultura linhas convexas para as PR's, demonstrando o benefício da cultura na convivência e prejuízo para a planta daninha. Portanto, pode-se inferir que a redução na PRT decorreu principalmente da menor contribuição da planta daninha, ocasionada pela maior competitividade da soja e não propriamente pela ocorrência de prejuízo mútuo entre as espécies, como foi reportado em estudo de séries substitutivas na associação entre soja e milhã (*D. ciliaris*) (AGOSTINETTO et al., 2013).

As variáveis avaliadas CLO, EST, AF e MSPA na primeira estação de cultivo (2016/17) foram reduzidas para capim-amargoso quando conviveu no mesmo nicho com a soja; enquanto o contrário foi verificado para soja, a qual se beneficiou nas associações com a planta daninha, aumentando as variáveis de AF e MSPA. Na estação 2017/18 foram constatadas poucas diferenças entre a cultura e a planta daninha, sendo que a soja apresentou prejuízo da EST em convivência com capim-amargoso (Tabela 4). A partir desses resultados pode-se inferir que, mesmo com poucas diferenças na segunda estação de cultivo a tendência da cultura foi apresentar benefício quando em competição com a planta daninha, sendo, portanto maiores os prejuízos na planta daninha conforme foi aumentada a proporção da cultura.

Os resultados apurados de maneira geral indicam que, a competição intraespecífica que ocorre na cultura (monocultivo) é prejudicial para o desempenho individual de cada planta, do que a competição interespecífica que ocorre entre a soja e o capim-amargoso, indiferente da proporção da associação entre planta daninha e cultura no nicho ecológico. Resultados similares foram observados quando a soja conviveu com capim-arroz e milhã (AGOSTINETTO et al., 2013; BASTIANI et al., 2016). Geralmente, nos casos de grandes culturas (milho, soja,

etc.) associadas com plantas daninhas em proporções definidas de plantas, as culturas possuem vantagem de crescimento relativo, por isso frequentemente as culturas mostram efeito prejudicial da competição intraespecífica (AGOSTINETTO et al., 2013; WANDSCHEER et al., 2014).

Nos índices CR, K e C, observou-se para todas as variáveis na estação de cultivo 2016/17 superioridade competitiva da cultura; enquanto, na estação 2017/18 se encontraram diferenças somente para EST, sendo o capim-amargoso mais competitivo que a soja (Tabela 5). Em termos gerais a soja se apresentou como a espécie com crescimento superior, comprovado através dos índices avaliados.

Tabela 4 - Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja competindo com capim-amargoso, sob diferentes proporções de plantas, e, avaliada em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	Safr	Proporção de plantas associadas (soja: capim-amargoso)					C.V. (%)
		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
		Índice relativo de clorofila (Unidades SPAD planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	29,98	30,47 <sup>ns</sup>	29,59 <sup>ns</sup>	28,18 <sup>ns</sup>	-	7,78
C. amargoso		-	19,51*	17,13*	18,91*	30,11	8,94
Soja	2017/18	31,27	30,47 <sup>ns</sup>	29,59 <sup>ns</sup>	28,18 <sup>ns</sup>	-	6,37
C. amargoso		-	29,01 <sup>ns</sup>	30,66 <sup>ns</sup>	31,45 <sup>ns</sup>	32,24	5,61
		Estatura (cm planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	50,54	53,16 <sup>ns</sup>	57,78 <sup>ns</sup>	57,40 <sup>ns</sup>	-	7,42
C. amargoso		-	28,30*	25,12*	27,90*	36,48	6,90
Soja	2017/18	39,98	36,31*	33,17*	36,22*	-	3,70
C. amargoso		-	38,29 <sup>ns</sup>	41,46 <sup>ns</sup>	37,35 <sup>ns</sup>	39,67	7,74
		Área Foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	102,40	148,43*	184,76*	271,50*	-	5,82
C. amargoso		-	11,61*	8,90*	11,09*	22,02	8,23
Soja	2017/18	136,33	138,29 <sup>ns</sup>	156,45 <sup>ns</sup>	172,35*	-	9,13
C. amargoso		-	38,17 <sup>ns</sup>	42,03 <sup>ns</sup>	78,67*	36,37	19,59
		Massa seca da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	1,44	1,55 <sup>ns</sup>	2,24*	2,54*	-	11,06
C. amargoso		-	0,14*	0,07*	0,11*	0,43	24,72
Soja	2017/18	0,97	0,94 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	-	15,06
C. amargoso		-	0,51 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	1,04*	0,45	23,45

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C. V. – Coeficiente de variação.

Em estudos de competição de soja com capim-pé-de-galinha, milhã ou capim-arroz foram observados resultados similares ao deste estudo, em que a soja possui maior habilidade competitiva (AGOSTINETTO et al., 2013; BASTIANI et al., 2016; FRANCO et al., 2017), diferente do que geralmente ocorre à campo, em razão que,

o prejuízo das plantas daninhas no crescimento das culturas é efeito não só da habilidade competitiva, mas também da densidade populacional, e, a disponibilidade de recursos, em razão que, em condições de fatores limitantes as plantas daninhas apresentam vantagem competitiva pela captação dos recursos (VILÀ; WILLIAMSON; LONSDALE, 2004; WANDSCHEER; RIZZARDI; REICHERT, 2013).

Tabela 5 - Índices de competitividade de soja competindo com capim-amargoso, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C), em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.

	Safra	CR	K <sub>a</sub>	K <sub>b</sub>	C
CLO <sup>1</sup>	2016/17	1,74 (±0,06)*	0,99 (±0,07)*	0,40 (±0,02)	0,21 (±0,02)*
	2017/18	1,00 (±0,04) <sup>ns</sup>	0,91 (±0,08) <sup>ns</sup>	0,91 (±0,04)	0,00 (±0,02) <sup>ns</sup>
EST <sup>2</sup>	2016/17	1,67 (±0,08)*	1,34 (±0,05)*	0,53 (±0,03)	0,23 (±0,02)*
	2017/18	0,80 (±0,03)*	0,71 (±0,02)*	1,10 (±0,06)	-0,11 (±0,02)*
AF <sup>3</sup>	2016/17	4,54 (±0,35)*	9,89 (±1,40)*	0,26 (±0,02)	0,70 (±0,03)*
	2017/18	0,99 (±0,03) <sup>ns</sup>	1,35 (±0,04) <sup>ns</sup>	1,37 (±0,07)	-0,00 (±0,02) <sup>ns</sup>
MSPA <sup>4</sup>	2016/17	10,44 (±2,61)*	3,60 (±0,40)*	0,09 (±0,02)	0,69 (±0,03)*
	2017/18	0,84 (±0,06) <sup>ns</sup>	0,93 (±0,09) <sup>ns</sup>	1,35 (±0,45)	-0,09 (±0,03) <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Índice relativo de clorofila; <sup>2</sup>Estatura; <sup>3</sup>Área foliar; <sup>4</sup>Massa seca da parte aérea; K<sub>a</sub> - soja; K<sub>b</sub> - capim-amargoso; <sup>ns</sup>Não significativo e \* significativo pelo teste t (p≤0,05). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Analisando a soja em competição com capim-massambará (experimento II), verificou-se para a cultura que as diferenças relativas entre as retas observadas e as esperadas nas duas estações de cultivo, para as variáveis CLO, EST e AF não foram significativas; enquanto, a exceção ocorreu para MSPA, apresentando linhas côncava e convexa, nas estações 2016/17 e 2017/18, respectivamente (Figura 3 e Tabela 6). Mesmo comportamento foi detectado para a planta daninha, sendo observado linhas côncavas nas duas safras. Resultados similares foram encontrados em pesquisa quando milho conviveu com capim-massambará, sob condições favoráveis de fertilidade de solo, irrigação e temperatura, onde as duas espécies apresentaram habilidade competitiva similar, com tendência de domínio da cultura sobre a planta daninha, em relação à quantidade de biomassa relativa (LEGUIZAMÓN et al., 2011).

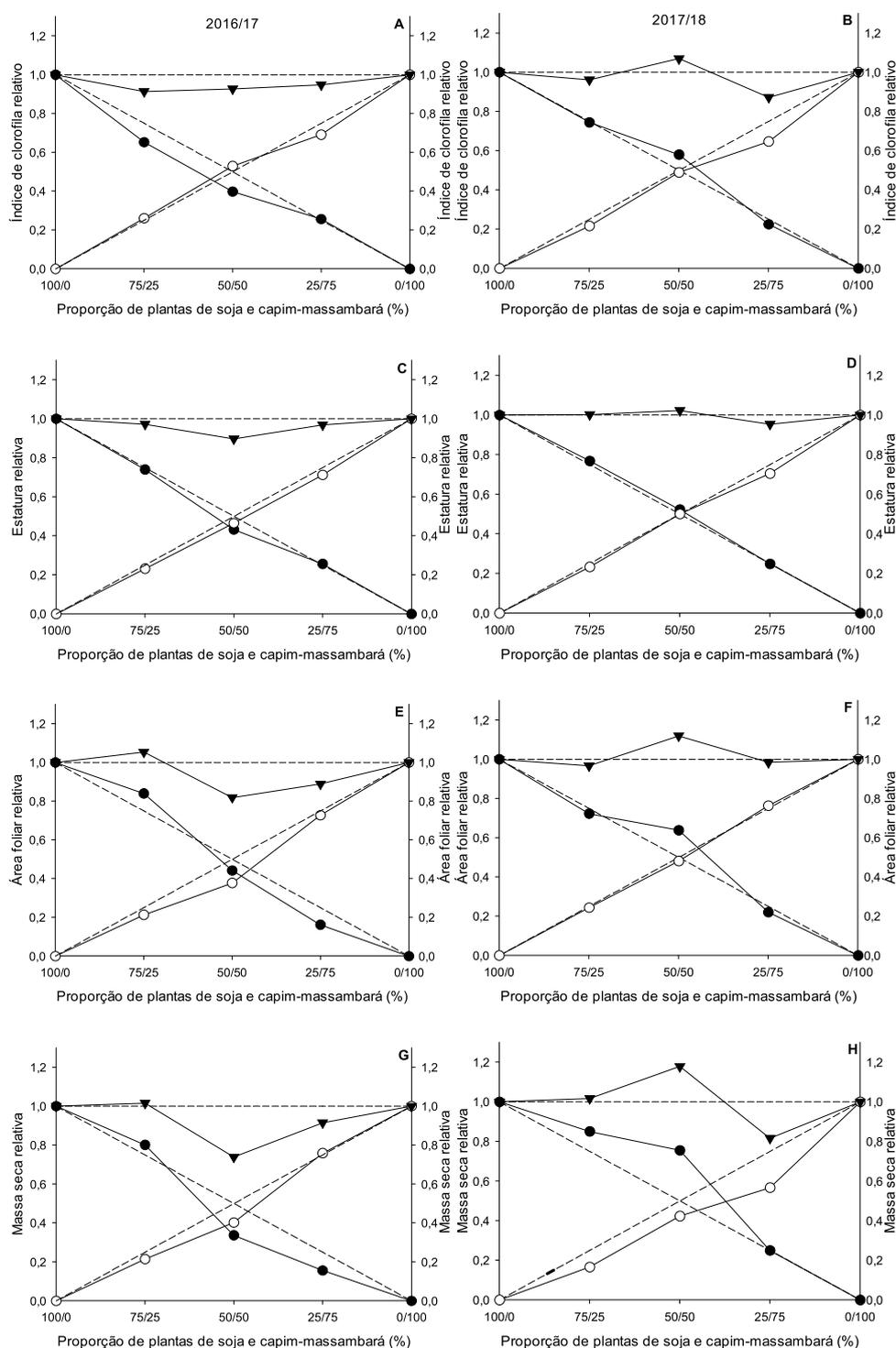


Figura 3 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A,B), estatura (C,D), área foliar (E,F) e massa seca da parte aérea (H,G) de soja e capim-massambará em função da proporção entre as espécies na população e conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018. (●) PR da soja; (○) PR do capim-massambará; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 6 - Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas proporções de plantas de soja e capim-massambará, e, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	Safr	Proporção (%) de plantas associadas (soja:c. massambará)		
		75:25	50:50	25:75
Índice relativo de clorofila				
Soja		-0,10 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	-0,10 ( $\pm 0,03$ ) <sup>*</sup>	0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
C. massambará	2016/17	0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,03 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,06 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>
Total		0,91 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,93 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>	0,95 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>
Soja		-0,01 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,08 ( $\pm 0,02$ ) <sup>*</sup>	-0,03 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>
C. massambará	2017/18	-0,03 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,10 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>
Total		0,96 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	1,07 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,87 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>
Estatura				
Soja		-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,07 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
C. massambará	2016/17	-0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	-0,03 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,04 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Total		0,97 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	0,90 ( $\pm 0,03$ ) <sup>*</sup>	0,97 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Soja		0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,00 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>
C. massambará	2017/18	-0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,00 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,04 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Total		1,00 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	1,02 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	0,95 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Área foliar				
Soja		0,09 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>	-0,06 ( $\pm 0,05$ ) <sup>ns</sup>	-0,09 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>
C. massambará	2016/17	-0,04 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,12 ( $\pm 0,02$ ) <sup>*</sup>	-0,02 ( $\pm 0,05$ ) <sup>ns</sup>
Total		1,05 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,82 ( $\pm 0,06$ ) <sup>ns</sup>	0,89 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>
Soja		-0,03 ( $\pm 0,10$ ) <sup>ns</sup>	0,14 ( $\pm 0,09$ ) <sup>ns</sup>	-0,03 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
C. massambará	2017/18	-0,01 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>	-0,02 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>	0,01 ( $\pm 0,06$ ) <sup>ns</sup>
Total		0,97 ( $\pm 0,13$ ) <sup>ns</sup>	1,12 ( $\pm 0,07$ ) <sup>ns</sup>	0,98 ( $\pm 0,06$ ) <sup>ns</sup>
Massa seca da parte aérea				
Soja		0,05 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	-0,16 ( $\pm 0,02$ ) <sup>*</sup>	-0,09 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>
C. massambará	2016/17	-0,04 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	-0,10 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	0,01 ( $\pm 0,06$ ) <sup>ns</sup>
Total		1,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,74 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	0,92 ( $\pm 0,06$ ) <sup>ns</sup>
Soja		0,10 ( $\pm 0,03$ ) <sup>*</sup>	0,26 ( $\pm 0,03$ ) <sup>*</sup>	-0,00 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>
C. massambará	2017/18	-0,08 ( $\pm 0,02$ ) <sup>*</sup>	-0,08 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup>	-0,18 ( $\pm 0,03$ ) <sup>*</sup>
Total		1,02 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	1,18 ( $\pm 0,03$ ) <sup>*</sup>	0,82 ( $\pm 0,05$ ) <sup>*</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo; \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Para a PRT, foram verificadas diferenças para EST na estação de cultivo 2016/17, sendo representada por linha côncava (Figura 3 e Tabela 6), o que denota antagonismo, ou seja, indica prejuízo mútuo devido à competição que se estabeleceu entre ambas as espécies pelos recursos do mesmo nicho (COUSENS, 1991). Resultado semelhante foi observado para AF e MSPA quando a soja conviveu com papuã (*Urochloa plantaginea*), em que o antagonismo foi mais importante que a predominância de uma das espécies (AGOSTINETTO et al., 2008). O antagonismo entre as culturas e plantas daninhas pode potencializar grandes

perdas de produtividade (ZHANG et al., 2016), pois características de crescimento como EST, podem determinar a habilidade competitiva de uma espécie, devido a maior capacidade de captação dos recursos por dominar o dossel e aperfeiçoar a absorção de luz (ULGUIM et al., 2017).

Na estação de cultivo 2016/17 a MSPA foi reduzida na cultura da soja nas menores proporções quando em convivência com capim-massambará. No caso da planta daninha, as diferenças foram observadas somente na estação de cultivo 2018, onde diminuiu CLO e MSPA na presença da cultura; embora, para a proporção 50:50 não se detectou diferença em ambas as variáveis, os valores foram inferiores ao monocultivo, mantendo a tendência observada nas outras duas proporções (Tabela 7). Esses resultados indicam que, para ambas as espécies na associação a competição interespecífica foi predominante, e, os efeitos prejudiciais acometeram ambas às espécies.

Outras espécies em convivência com soja apresentaram resultados similares com este estudo, como milhã, buva e picão-preto, que demonstraram prejuízo também da MSPA devido à competição interespecífica (AGOSTINETTO et al., 2013; SILVA et al., 2014; RUCHEL, 2018). Esses resultados evidenciaram que houve competição pelos recursos do meio, e, que o estresse pela convivência das duas espécies reduziu a matéria seca das plantas, pois os recursos desse nicho foram insuficientes para suprir a demanda de todas as plantas (WANDSCHEER et al., 2014).

Considerando os resultados dos índices de competitividade e o critério para considerar a existência de diferenças em competitividade, para os índices CR, K e C, verificou-se para as variáveis CLO e EST, na estação de cultivo 2016/17, que o capim-massambará foi mais competitivo, enquanto contrário na estação 2017/18 para as variáveis CLO e MSPA, a soja foi mais competitiva que a planta daninha (Tabela 8). Desta forma, não se pode afirmar qual das espécies apresenta maior habilidade competitiva, em vista que, algumas variáveis não apresentaram diferenças, e quando houve, foram em épocas diferentes para cada espécie, sendo de maneira geral o capim-massambará mais competitivo em 2016/17 e a soja na estação de 2017/18.

A cultura da soja, geralmente, nos estudos de habilidade competitiva apresenta superioridade com relação às plantas daninhas (AGOSTINETTO et al., 2013; BASTIANI et al., 2016; FRANCO et al., 2017). Isso decorre do efeito

prejudicial das plantas daninhas depende principalmente da densidade populacional e não da habilidade competitiva (KAVURMACI et al., 2010). Desta forma, mesmo em populações constantes o capim-massambará se mostrou mais competitivo que a cultura em uma safra, evidenciando a capacidade competitiva desta espécie.

Em estudo similar, a cultura da soja apresentou antagonismo com o papuã, e, poucas diferenças nas variáveis avaliadas (AF e MSPA), semelhante ao determinado nesta pesquisa, indicando que isto pode decorrer das características específicas das espécies em convivência e a tolerância ao estresse por competição (AGOSTINETTO et al., 2009b; LEGUIZAMÓN et al., 2011). Desta maneira, foi verificado que, sob condições ótimas de crescimento e desenvolvimento o capim-massambará não apresentou habilidade competitiva superior ao milho, mas incrementou sua competitividade à medida que ocorreram restrições a disponibilidade hídrica (LEGUIZAMÓN et al., 2011).

Tabela 7 - Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja competindo com capim-massambará, sob diferentes proporções de plantas, e, avaliada em duas estações de cultivo (safra 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	Safra	Proporção de plantas associadas (soja: c. massambará)					C.V. (%)
		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
		Índice relativo de clorofila (Unidades SPAD planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	33,15	28,87 <sup>ns</sup>	26,41*	34,03 <sup>ns</sup>	-	7,75
C.massambará		-	16,35 <sup>ns</sup>	18,78 <sup>ns</sup>	18,50 <sup>ns</sup>	17,73	7,81
Soja	2017/18	22,53	22,38 <sup>ns</sup>	26,13*	20,23 <sup>ns</sup>	-	5,92
C.massambará		-	22,48*	25,50 <sup>ns</sup>	22,53*	26,05	4,42
		Estatura (cm planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	63,33	62,48 <sup>ns</sup>	64,92 <sup>ns</sup>	54,75*	-	3,26
C.massambará		-	101,03 <sup>ns</sup>	98,91 <sup>ns</sup>	98,78 <sup>ns</sup>	106	4,34
Soja	2017/18	44,74	45,85 <sup>ns</sup>	46,76 <sup>ns</sup>	44,50 <sup>ns</sup>	-	4,75
C.massambará		-	93,48 <sup>ns</sup>	99,59 <sup>ns</sup>	92,72 <sup>ns</sup>	99,43	4,42
		Área Foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	351,75	394,00 <sup>ns</sup>	310,56 <sup>ns</sup>	227,75*	-	12,10
C.massambará		-	146,25 <sup>ns</sup>	113,94 <sup>ns</sup>	128,67 <sup>ns</sup>	150,81	15,81
Soja	2017/18	256,25	247,17 <sup>ns</sup>	327,33 <sup>ns</sup>	225,83 <sup>ns</sup>	-	23,52
C.massambará		-	182,96 <sup>ns</sup>	172,81 <sup>ns</sup>	175,13 <sup>ns</sup>	179,63 <sup>ns</sup>	19,19
		Massa seca da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	3,50	3,74*	2,36*	2,18*	-	4,48
C.massambará		-	2,32 <sup>ns</sup>	1,84*	1,96 <sup>ns</sup>	2,29	10,88
Soja	2017/18	1,76	2,00 <sup>ns</sup>	2,66*	1,76 <sup>ns</sup>	-	11,51
C.massambará		-	2,09*	2,34 <sup>ns</sup>	1,84*	2,76	10,93

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C. V. – Coeficiente de variação.

Tabela 8 - Índices de competitividade de soja competindo com capim-massambará, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C), em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

	Safra	CR	K <sub>a</sub>	K <sub>b</sub>	C
CLO <sup>1</sup>	2016/17	0,75 (±0,03)*	0,67 (±0,08)*	1,13 (±0,08)	-0,13 (±0,01)*
	2017/18	1,19 (±0,02)*	1,40 (±0,11)*	0,96 (±0,06)	0,09 (±0,01)*
EST <sup>2</sup>	2016/17	0,93 (±0,01)*	0,76 (±0,04) <sup>ns</sup>	0,87 (±0,05)	-0,03 (±0,01)*
	2017/18	1,04 (±0,02) <sup>ns</sup>	1,10 (±0,07) <sup>ns</sup>	1,00 (±0,03)	0,02 (±0,01) <sup>ns</sup>
AF <sup>3</sup>	2016/17	1,16 (±0,07) <sup>ns</sup>	0,83 (±0,16) <sup>ns</sup>	0,61 (±0,06)	0,06 (±0,05) <sup>ns</sup>
	2017/18	1,39 (±0,26) <sup>ns</sup>	2,26 (±0,70) <sup>ns</sup>	0,97 (±0,34)	0,16 (±0,12) <sup>ns</sup>
MSPA <sup>4</sup>	2016/17	0,84 (±0,05) <sup>ns</sup>	0,51 (±0,04)*	0,68 (±0,03)	-0,07 (±0,02) <sup>ns</sup>
	2017/18	1,79 (±0,06)*	3,29 (±0,60)*	0,73 (±0,03)	0,33 (±0,02)*

<sup>1</sup>Índice relativo de clorofila; <sup>2</sup>Estatura; <sup>3</sup>Área foliar; <sup>4</sup>Massa seca da parte aérea; K<sub>a</sub> - soja; K<sub>b</sub> - capim-massambará; <sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo pelo teste t (p≤0,05). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Ao analisar as associações entre a soja com o caruru-de-mancha (experimento III), observou-se para soja na estação de cultivo 2016/17 que as diferenças relativas dos valores observados com as retas hipotéticas foram significativas para as variáveis EST, apresentado linha côncava, e, para AF e MSPA com linhas convexas; enquanto, na estação 2017/18 as diferenças se apresentaram em todas as variáveis com linhas côncavas (Figura 4 e Tabela 9). Para caruru-de-mancha, observou-se na estação 2016/17 diferenças em todas as variáveis, mostrando linhas côncavas; enquanto, na estação 2017/18 da mesma forma houve diferenças para todas as variáveis, porém, as linhas foram convexas. Esses resultados demonstraram superioridade da soja no primeiro ano de condução do experimento; enquanto, para a segunda safra o resultado observado foi o inverso, onde a planta daninha demonstrou incremento das variáveis avaliadas em detrimento do prejuízo constatado na cultura.

Maior grau de interferência de caruru (*A. retroflexus* L.) em algodoeiro foi reportado segundo a época de condução do experimento, tendo a planta daninha habilidade competitiva superior para uma época em particular (MA et al., 2015), como foi observado neste estudo. No caso particular do algodão, a competitividade das plantas daninhas depende da morfologia, fenologia e das respostas a fatores ambientais que podem permitir crescimento mais rápido e vigoroso, refletindo em maiores ou menores perdas de crescimento na cultura (MA et al., 2015). Portanto, neste estudo provavelmente as condições ambientais do segundo ano foram mais

favoráveis para o crescimento do caruru-de-mancha, refletindo em maiores perdas na cultura.

A luz apresenta papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto em quantidade quanto qualidade (OLOGUNDUDU; ADELUSI; ADEKOYA, 2013). Assim, as espécies do gênero *Amaranthus* respondem de acordo à qualidade de luz percebida, seja essa estabelecida pelas condições ambientais ou pela convivência com outras plantas, reduzindo o sinal da relação vermelho:vermelho-distante (LIU et al., 2009). Em razão disso, possivelmente, as plantas de caruru-de-mancha na primeira estação de cultivo interceptaram baixa qualidade de luz, que refletiu em perdas de crescimento, pois existe relação linear entre o nível de interceptação de luz e as perdas de crescimento (MEYERS et al., 2010).

Com relação à PRT no primeiro ano de cultivo, observou-se que, para todas as variáveis o crescimento foi prejudicado devido à competição entre as duas espécies; no entanto, não houve prejuízo mútuo, pois, como foi mencionado anteriormente para associação soja e capim-amargoso, a PR da soja foi representada por linhas convexas para AF e MSPA, enquanto, o caruru-de-mancha côncavas, inferindo-se que, a redução da PRT foi principalmente causada pela maior competitividade da soja (Figura 4 e Tabela 9). Casos similares foram reportados para soja em competição com picão-preto e milhã, em que a cultura contribuiu mais na PRT que as plantas daninhas, para as variáveis AF e MSPA (AGOSTINETTO et al., 2013; RUCHEL, 2018).

No segundo ano de cultivo resultados inversos foram observados, onde as variáveis CLO, EST e MSPA apresentaram valores maiores que um de PRT acarretando em linhas convexas, no entanto, esse aumento de crescimento foi somente refletido pela contribuição adicional do caruru-de-mancha, em razão que a soja apresentou linhas da PR côncavas, demonstrando assim que, o aumento foi causado pela maior competitividade da planta daninha (Figura 4 e Tabela 9). Esse mesmo comportamento foi verificado quando a soja foi submetida à convivência com nabo e buva (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006; SILVA et al., 2014).

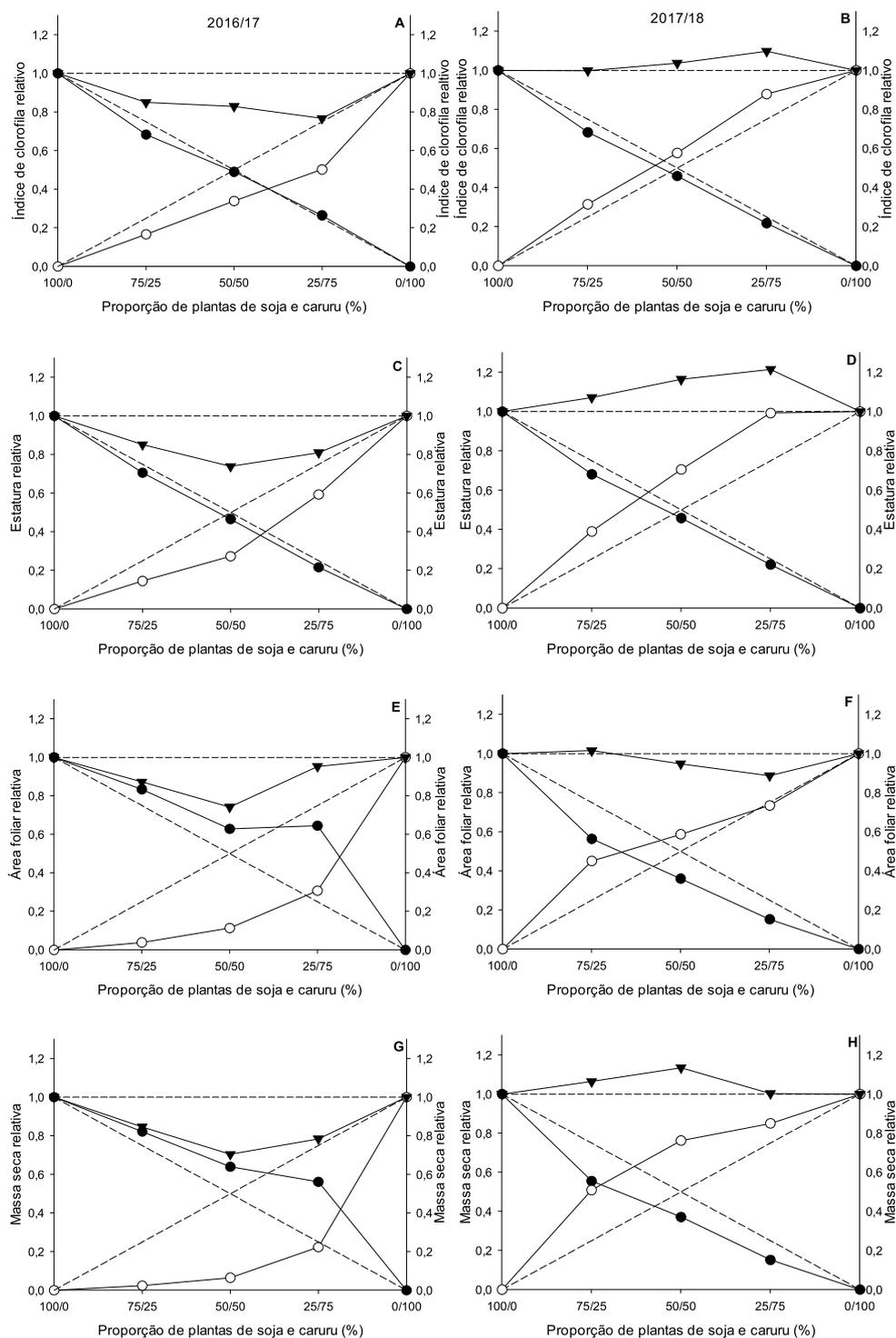


Figura 4 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A,B), estatura (C,D), área foliar (E,F) e massa seca da parte aérea (H,G) de soja e caruru-de-mancha em função da proporção entre as espécies na população e conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018. (●) PR da soja; (○) PR do caruru-de-mancha; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 9 - Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas proporções de plantas de soja e caruru-de-mancha, e, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	Saфра	Proporção (%) de plantas associadas (soja: c.mancha)		
		75:25	50:50	25:75
Índice relativo de clorofila				
Soja		-0,07 ( $\pm 0,02$ )*	-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,02 ( $\pm 0,01$ )*
C. mancha	2016/17	-0,08 ( $\pm 0,01$ )*	-0,16 ( $\pm 0,02$ )*	-0,25 ( $\pm 0,01$ )*
Total		0,85 ( $\pm 0,02$ )*	0,83 ( $\pm 0,03$ )*	0,77 ( $\pm 0,01$ )*
Soja		-0,07 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,04 ( $\pm 0,01$ )*	-0,03 ( $\pm 0,01$ )*
C. mancha	2017/18	0,07 ( $\pm 0,01$ )*	0,08 ( $\pm 0,01$ )*	0,13 ( $\pm 0,02$ )*
Total		1,00 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	1,04 ( $\pm 0,01$ )*	1,10 ( $\pm 0,02$ )*
Estatura				
Soja		-0,04 ( $\pm 0,01$ )*	-0,03 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,03 ( $\pm 0,01$ )*
C. mancha	2016/17	-0,10 ( $\pm 0,01$ )*	-0,23 ( $\pm 0,01$ )*	-0,16 ( $\pm 0,01$ )*
Total		0,85 ( $\pm 0,01$ )*	0,74 ( $\pm 0,02$ )*	0,81 ( $\pm 0,01$ )*
Soja		-0,07 ( $\pm 0,01$ )*	-0,04 ( $\pm 0,01$ )*	-0,03 ( $\pm 0,01$ )*
C. mancha	2017/18	0,14 ( $\pm 0,01$ )*	0,21 ( $\pm 0,01$ )*	0,24 ( $\pm 0,03$ )*
Total		1,07 ( $\pm 0,01$ )*	1,16 ( $\pm 0,01$ )*	1,21 ( $\pm 0,03$ )*
Área foliar				
Soja		0,08 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,13 ( $\pm 0,01$ )*	0,40 ( $\pm 0,02$ )*
C. mancha	2016/17	-0,21 ( $\pm 0,01$ )*	-0,39 ( $\pm 0,01$ )*	-0,44 ( $\pm 0,03$ )*
Total		0,87 ( $\pm 0,03$ )*	0,74 ( $\pm 0,01$ )*	0,95 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>
Soja		-0,19 ( $\pm 0,01$ )*	-0,14 ( $\pm 0,02$ )*	-0,10 ( $\pm 0,01$ )*
C. mancha	2017/18	0,20 ( $\pm 0,02$ )*	0,09 ( $\pm 0,01$ )*	-0,02 ( $\pm 0,01$ )*
Total		1,02 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	0,95 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,89 ( $\pm 0,01$ )*
Massa seca da parte aérea				
Soja		0,07 ( $\pm 0,01$ )*	0,14 ( $\pm 0,02$ )*	0,31 ( $\pm 0,03$ )*
C. mancha	2016/17	-0,23 ( $\pm 0,01$ )*	-0,43 ( $\pm 0,01$ )*	-0,53 ( $\pm 0,01$ )*
Total		0,85 ( $\pm 0,02$ )*	0,70 ( $\pm 0,02$ )*	0,79 ( $\pm 0,03$ )*
Soja		-0,19 ( $\pm 0,02$ )*	-0,13 ( $\pm 0,01$ )*	-0,10 ( $\pm 0,01$ )*
C. mancha	2017/18	0,26 ( $\pm 0,03$ )*	0,26 ( $\pm 0,01$ )*	0,10 ( $\pm 0,01$ )*
Total		1,06 ( $\pm 0,02$ )*	1,13 ( $\pm 0,01$ )*	1,00 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo; \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

A variável EST da cultura da soja, na primeira safra, foi reduzida quando em convivência com o caruru-de-mancha; enquanto, as variáveis AF e MSPA aumentaram a resposta a medida que a cultura foi submetida a competição em diferentes proporções com a planta daninha (Tabela 10). Na estação de cultivo 2017/18 todas as variáveis diminuíram na presença do competidor nas diferentes proporções. No caso do caruru-de-mancha na estação 2016/17 todas as variáveis apresentaram redução do crescimento na presença da cultura; enquanto, o oposto

ocorreu na safra 2017/18, em que todas as variáveis aumentaram o crescimento na convivência com a cultura.

Em termos gerais, a competitividade interespecífica acarretou maior prejuízo na cultura na safra 2017/18, como foi determinado da mesma forma para competição estabelecida entre soja e picão-preto (RUCHEL, 2018). Enquanto, para o caruru-de-mancha no segundo ano de condução do experimento a competição intraespecífica foi mais importante, concordando com estudos de competição entre a soja e as plantas daninhas papuã e caruru-de-mancha (AGOSTINETTO et al., 2009b; RUCHEL, 2018).

Tabela 10 - Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja competindo com caruru-de-mancha, sob diferentes proporções de plantas, e, avaliada em duas estações de cultivo (safra 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	Safr	Proporção de plantas associadas (soja: c.mancha)					C.V. (%)
		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
Índice relativo de clorofila (Unidades SPAD planta <sup>-1</sup> )							
Soja	2016/17	25,21	22,97*	24,73 <sup>ns</sup>	26,74 <sup>ns</sup>	-	3,61
C. mancha		-	10,65*	10,80*	10,60*	15,90	5,67
Soja	2017/18	27,08	24,68*	24,88*	26,63*	-	4,45
C. mancha		-	19,03*	18,75*	20,47*	16,23	4,74
Estatura (cm planta <sup>-1</sup> )							
Soja	2016/17	46,58	43,86 <sup>ns</sup>	43,40*	40,31*	-	3,61
C. mancha		-	20,06*	13,86*	14,72*	25,35	5,44
Soja	2017/18	43,74	39,74*	40,10*	38,78*	-	3,02
C. mancha		-	42,06*	44,86*	49,64*	31,78	3,61
Área Foliar (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )							
Soja	2016/17	218,08	242,54 <sup>ns</sup>	274,33*	563,05*	-	6,85
C. mancha		-	40,67*	22,54*	15,36*	99,29	11,28
Soja	2017/18	244,06	183,58*	175,83*	148,67*	-	6,83
C. mancha		-	136,70 <sup>ns</sup>	163,94*	251,78*	139,50	5,82
Massa seca da parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )							
Soja	2016/17	1,77	1,94 <sup>ns</sup>	2,26*	3,97*	-	7,84
C. mancha		-	0,24*	0,11*	0,08*	0,81	12,40
Soja	2017/18	1,47	1,09*	1,09*	0,90*	-	7,01
C. mancha		-	1,61 <sup>ns</sup>	2,17*	2,90*	1,42	8,46

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C. V. – Coeficiente de variação.

Os índices de competitividade evidenciaram para todas as variáveis na estação de cultivo 2016/17 que a soja apresentou maior habilidade competitiva que o caruru-de-mancha; enquanto, o contrário ocorreu na safra seguinte, em que a planta daninha foi mais competitiva que a cultura (Tabela 11). Embora, a planta

daninha apresentou menor habilidade competitiva que a cultura numa safra, a dominância de caruru-de-mancha em convivência com a soja já foi confirmado em dois anos de cultivo para as variáveis EST e AF (RUCHEL, 2018). O caruru-de-mancha pode apresentar habilidade competitiva superior à cultura da soja devido à rota fotossintética C<sub>4</sub> que possui (VALERIO et al., 2011; RUCHEL, 2018), pois em competição no dossel das plantas a redução das concentrações de CO<sub>2</sub> favorece a enzima fosfoenolpiruvato carboxilase, a qual é 100 vezes mais eficiente que a rubisco (ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase), beneficiando o potencial fotossintético das plantas C<sub>4</sub>, como caruru-de-mancha (SILVA et al., 2007; SANON et al., 2009).

O menor prejuízo da cultura na primeira safra pode ter ocorrido em função de condições ambientais pouco favoráveis para o crescimento de caruru-de-mancha durante a condução do experimento nesse ano em particular. Em vista que, as plantas de *Amaranthus* spp., são influenciadas pela qualidade de luz percebida, e, ainda, podem ser mais competitivas que a cultura sob outras condições de estresse, como a temperatura (LIU et al., 2009; HYVÖNEN; RAMULA, 2014).

Tabela 11 - Índices de competitividade de soja competindo com caruru-de-mancha, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C), em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

	Safra	CR	K <sub>a</sub>	K <sub>b</sub>	C
CLO <sup>1</sup>	2016/17	1,45 (±0,06)*	0,97 (±0,04)*	0,52 (±0,04)	0,15 (±0,01)*
	2017/18	0,80 (±0,02)*	0,85 (±0,03)*	1,37 (±0,04)	-0,12 (±0,01)*
EST <sup>2</sup>	2016/17	1,71 (±0,04)*	0,88 (±0,04)*	0,38 (±0,02)	0,19 (±0,01)*
	2017/18	0,65 (±0,01)*	0,85 (±0,01)*	2,41 (±0,14)	-0,25 (±0,01)*
AF <sup>3</sup>	2016/17	5,57 (±0,23)*	1,71 (±0,10)*	0,13 (±0,01)	0,52 (±0,01)*
	2017/18	0,61 (±0,03)*	0,57 (±0,05)*	1,43 (±0,08)	-0,23 (±0,02)*
MSPA <sup>4</sup>	2016/17	9,82 (±0,33)*	1,79 (±0,15)*	0,07 (±0,01)	0,57 (±0,02)*
	2017/18	0,49 (±0,02)*	0,59 (±0,03)*	3,22 (±0,05)	-0,39 (±0,01)*

<sup>1</sup>Índice relativo de clorofila; <sup>2</sup>Estatura; <sup>3</sup>Área foliar; <sup>4</sup>Massa seca da parte aérea; K<sub>a</sub> - soja; K<sub>b</sub> - caruru-de-mancha; <sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo pelo teste t (p≤0,05). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Analisando a competição entre soja e leiteira (experimento IV), verificou-se diferenças para a cultura na primeira estação de cultivo na variável CLO com linha côncava; enquanto, na safra do segundo ano, as diferenças se apresentaram como linhas côncava para CLO e convexas para MSPA e AF (Figura 5 e Tabela 12). Para a leiteira, no primeiro ano as diferenças relativas de crescimento foram significativas

para todas as variáveis, e, representadas por linhas côncavas, ainda, já na segunda safra os resultados foram similares, mas somente para AF e MSPA foram observadas diferenças significativas.

De forma geral, em ambas as estações de cultivo a soja se apresentou como a espécie mais competitiva. Esse comportamento foi verificado em ensaio de série de substituição entre soja e leiteira, em que as variáveis AF e MSPA apresentaram crescimento superior na cultura, corroborando com os resultados observados neste experimento (ULGUIM et al., 2016).

Ao analisar à PRT, determinaram-se valores inferiores que um para as variáveis CLO, EST e MSPA na primeira estação de cultivo, e representados por linhas côncavas, demonstrando o efeito antagônico entre as duas espécies sob competição, acarretando prejuízo mútuo no crescimento de ambas espécies (Figura 5 e Tabela 12). O mesmo comportamento foi observado na segunda estação de crescimento para as variáveis AF e MSPA.

Resultados similares com este estudo foram encontrados para EST quando a soja conviveu com leiteira (ULGUIM et al., 2016). Ainda, ensaio de competição entre soja e papuã, evidenciou também efeito antagônico nas diferentes proporções da associação entre as duas espécies para AF e MSPA (AGOSTINETTO et al., 2009b). As respostas antagônicas em casos de competição entre duas espécies pode estar relacionada com diferenças nutricionais, capacidade de absorção de água, e, às características próprias do arranjo espacial de acordo com a morfologia da planta, onde esta plasticidade é específica de cada espécie, sob condições particulares do ambiente, que interferem diretamente na capacidade de interceptação de luz e tolerância a estresse, dentre eles a competição por espaço e recursos (LODGE; BOSCHMA; HARDEN, 2009).

A variável CLO na estação 2016/17 para soja reduziu os valores quando em competição com a planta daninha (Tabela 13). Da mesma forma, para a segunda safra se observou o mesmo comportamento para essa variável; enquanto, o contrário ocorreu com AF e MSPA, em que a convivência da leiteira favoreceu o incremento nos valores dessas variáveis. Estudo em milho detectou redução da CLO, provocado pela competição imposta pelas plantas daninhas (LINDQUIST et al., 2010).

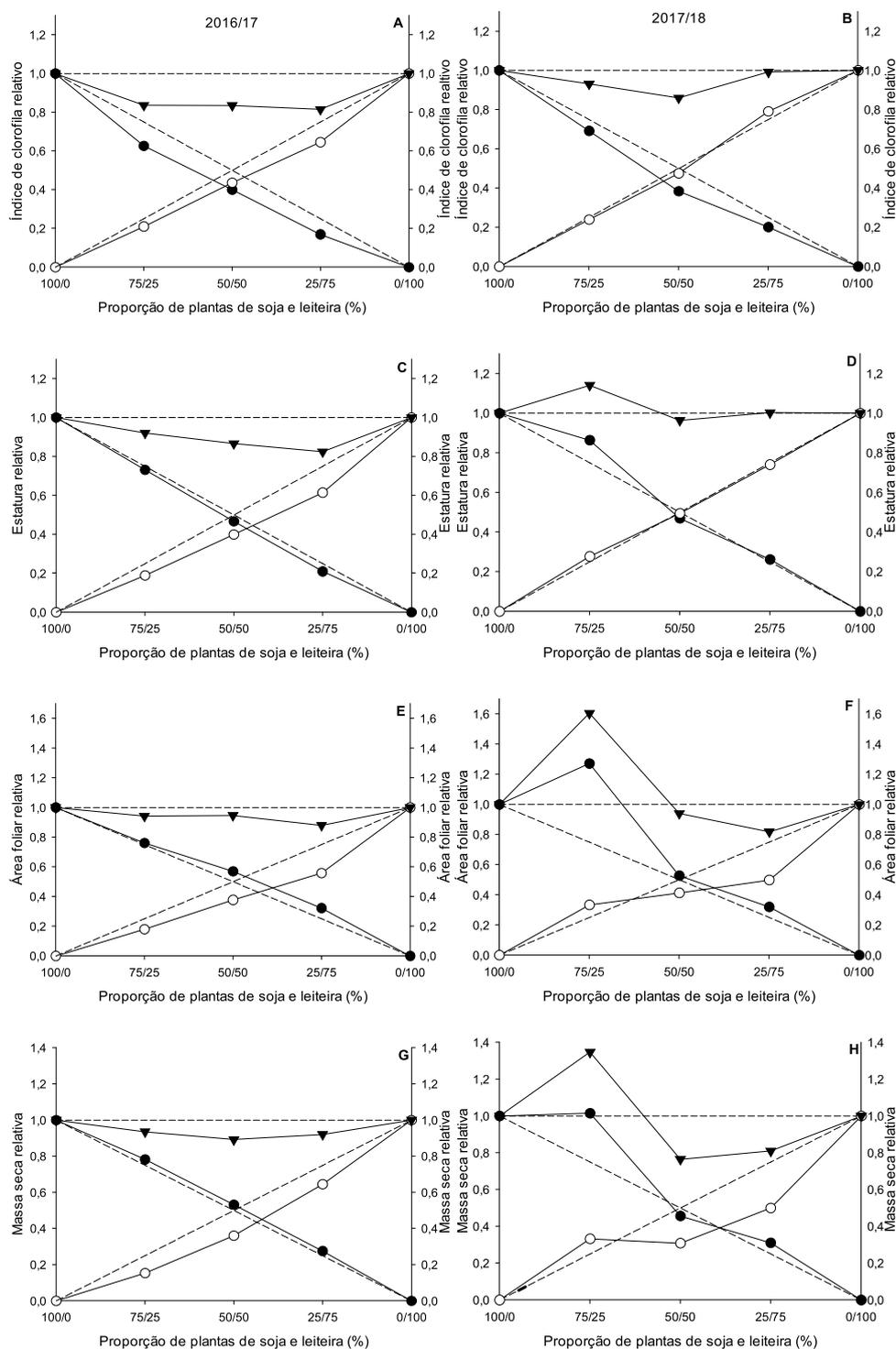


Figura 5 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para o índice relativo de clorofila (A,B), estatura (C,D), área foliar (E,F) e massa seca da parte aérea (H,G) de soja e leiteira em função da proporção entre as espécies na população e conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018. (●) PR da soja; (○) PR da leiteira; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 12 - Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT) para as variáveis índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) nas proporções de plantas de soja e leiteira, e, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	Safra	Proporção (%) de plantas associadas (soja: leiteira)		
		75:25	50:50	25:75
Índice relativo de clorofila				
Soja	2016/17	-0,12 ( $\pm 0,01$ )*	-0,10 ( $\pm 0,02$ )*	-0,08 ( $\pm 0,01$ )*
Leiteira		-0,04 ( $\pm 0,01$ )*	-0,06 ( $\pm 0,01$ )*	-0,10 ( $\pm 0,01$ )*
Total		0,84 ( $\pm 0,02$ )*	0,84 ( $\pm 0,02$ )*	0,81 ( $\pm 0,01$ )*
Soja	2017/18	-0,06 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,12 ( $\pm 0,02$ )*	-0,05 ( $\pm 0,01$ )*
Leiteira		-0,01 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,02 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,04 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Total		0,93 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,86 ( $\pm 0,02$ )*	0,99 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Estatura				
Soja	2016/17	-0,02 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	-0,03 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	-0,04 ( $\pm 0,01$ )*
Leiteira		-0,06 ( $\pm 0,01$ )*	-0,10 ( $\pm 0,01$ )*	-0,13 ( $\pm 0,01$ )*
Total		0,92 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,87 ( $\pm 0,02$ )*	0,82 ( $\pm 0,01$ )*
Soja	2017/18	0,11 ( $\pm 0,02$ )*	-0,03 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,01 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Leiteira		0,03 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,01 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	-0,01 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>
Total		1,14 ( $\pm 0,03$ )*	0,96 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	1,00 ( $\pm 0,05$ ) <sup>ns</sup>
Área foliar				
Soja	2016/17	0,01 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	0,07 ( $\pm 0,01$ )*	0,07 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>
Leiteira		-0,07 ( $\pm 0,01$ )*	-0,12 ( $\pm 0,01$ )*	-0,19 ( $\pm 0,02$ )*
Total		0,94 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	0,95 ( $\pm 0,01$ )*	0,88 ( $\pm 0,03$ )*
Soja	2017/18	0,52 ( $\pm 0,05$ )*	0,03 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup>	0,07 ( $\pm 0,01$ )*
Leiteira		0,08 ( $\pm 0,01$ )*	-0,09 ( $\pm 0,02$ )*	-0,25 ( $\pm 0,06$ )*
Total		1,60 ( $\pm 0,05$ )*	0,94 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>	0,82 ( $\pm 0,06$ ) <sup>ns</sup>
Massa seca da parte aérea				
Soja	2016/17	0,03 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup>	0,03 ( $\pm 0,01$ )*	0,03 ( $\pm 0,01$ )*
Leiteira		-0,10 ( $\pm 0,01$ )*	-0,14 ( $\pm 0,03$ )*	-0,10 ( $\pm 0,01$ )*
Total		0,94 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup>	0,89 ( $\pm 0,02$ )*	0,92 ( $\pm 0,01$ )*
Soja	2017/18	0,26 ( $\pm 0,02$ )*	-0,04 ( $\pm 0,01$ ) <sup>ns</sup>	0,06 ( $\pm 0,01$ )*
Leiteira		0,08 ( $\pm 0,01$ )*	-0,19 ( $\pm 0,04$ )*	-0,25 ( $\pm 0,10$ ) <sup>ns</sup>
Total		1,35 ( $\pm 0,01$ )*	0,76 ( $\pm 0,04$ )*	0,81 ( $\pm 0,10$ ) <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Não significativo; \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

A estimativa indireta da clorofila através de clorofilômetro permite transformar os valores de unidade SPAD para conteúdo de nitrogênio foliar, e se utilizar como ferramenta para avaliar o grau de interferência do competidor na cultura, e, ainda, determinar a severidade do prejuízo (LINDQUIST et al., 2010; GALON et al., 2018). Considerando que o nível de nitrogênio no tecido foliar é indicador da condição das plantas e sua capacidade fotossintética (VIGNEAUA et al., 2011), pode-se inferir que a competição de leiteira prejudicou a eficiência da fotossíntese das plantas de soja.

No caso da leiteira, na estação 2016/17 foi determinado redução dos valores em todas as variáveis na associação com a cultura, e, também para MSPA na segunda estação de cultivo (Tabela 13). Assim, pode-se inferir que a competição intraespecífica foi mais prejudicial para a cultura, enquanto, a interespecífica prejudicou a planta daninha. Estes resultados concordam com estudos prévios de competição entre soja e as plantas daninhas milhã, leiteira e capim-pé-de-galinha (AGOSTINETTO, et al., 2013; ULGUIM et al., 2016, FRANCO et al., 2017).

Tabela 13 - Respostas para índice relativo de clorofila (CLO), estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja competindo com leiteira, sob diferentes proporções de plantas, e, avaliada em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	Safr	Proporção de plantas associadas (soja: leiteira)					C.V. (%)
		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
		Índice relativo de clorofila (Unidades SPAD planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	32,93	27,50*	26,32*	22,29*	-	9,42
Leiteira		-	20,37*	20,64*	19,89*	23,67	4,63
Soja	2017/18	34,90	32,18 <sup>ns</sup>	26,80*	28,03*	-	6,41
Leiteira		-	29,07 <sup>ns</sup>	26,20 <sup>ns</sup>	26,40 <sup>ns</sup>	27,55	4,93
		Estatura (cm planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	59,92	58,43 <sup>ns</sup>	55,98 <sup>ns</sup>	50,25*	-	5,95
Leiteira		-	56,66*	55,17*	52,30*	69,10	5,13
Soja	2017/18	53,50	61,62*	50,22 <sup>ns</sup>	56,13 <sup>ns</sup>	-	6,84
Leiteira		-	48,24 <sup>ns</sup>	48,28 <sup>ns</sup>	54,18 <sup>ns</sup>	48,85	8,87
		Área Foliar (cm planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	207,98	211,22 <sup>ns</sup>	237,03 <sup>ns</sup>	268,00*	-	9,26
Leiteira		-	40,95*	41,53*	39,63*	55,05	8,22
Soja	2017/18	185,83	341,94*	196,07 <sup>ns</sup>	237,71*	-	8,63
Leiteira		-	37,66*	46,74 <sup>ns</sup>	75,62*	56,62	10,15
		Massa seca da parte aérea (cm planta <sup>-1</sup> )					
Soja	2016/17	2,24	2,34 <sup>ns</sup>	2,39 <sup>ns</sup>	2,47*	-	4,32
Leiteira		-	1,09 <sup>ns</sup>	0,91*	0,77*	1,26	10,35
Soja	2017/18	1,46	1,98*	1,34 <sup>ns</sup>	1,82*	-	6,99
Leiteira		-	0,54*	0,50*	1,08*	0,81	17,61

<sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C. V. – Coeficiente de variação.

Analisando os índices de competitividade, se observou na primeira safra maior habilidade competitiva da soja para as variáveis MSPA e AF; enquanto, na segunda estação de cultivo, a superioridade da soja se apresentou somente para a variável MSPA (Tabela 14). Resultados semelhantes foram observados para as variáveis AF e MSPA, quando a soja competiu com leiteira em experimento de séries substitutivas (ULGUIM et al., 2016), confirmando os resultados deste experimento.

Contudo, no segundo ano a leiteira apresentou maior habilidade competitiva nas variáveis CLO e EST. A convivência de leiteira pode diminuir significativamente a EST da cultura da soja, e, AF e MSPA em feijoeiro, sendo esperados prejuízos maiores a densidades superiores (CARVALHO; BIANCO; GUZZO, 2010; GALON et al., 2018).

A EST é característica de crescimento que pode representar vantagem competitiva para as espécies, sendo que, plantas mais altas conseguem capturar os recursos do meio rapidamente, desenvolver maior porte para dominar o dossel, e, conseqüentemente, otimizar o uso da radiação fotossinteticamente ativa (ULGUIM et al., 2017; RUCHEL, 2018). Portanto, pode-se inferir neste estudo, que as plantas de maior EST de leiteira apresentaram a vantagem competitiva de interceptar luz de melhor qualidade para o processo de fotossínteses, o qual foi confirmado através de maiores valores de CLO.

Tabela 14 - Índices de competitividade de soja competindo com leiteira, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C), em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

	Safra	CR	K <sub>a</sub>	K <sub>b</sub>	C
CLO <sup>1</sup>	2016/17	0,92 (±0,03) <sup>ns</sup>	0,67 (±0,05) <sup>ns</sup>	0,77 (±0,02)	-0,04 (±0,01) <sup>ns</sup>
	2017/18	0,81 (±0,03)*	0,63 (±0,05)*	0,91 (±0,04)	-0,09 (±0,01)*
EST <sup>2</sup>	2016/17	1,18 (±0,06) <sup>ns</sup>	0,88 (±0,05)*	0,67 (±0,04)	0,07 (±0,02) <sup>ns</sup>
	2017/18	0,95 (±0,01)*	0,87 (±0,04) <sup>ns</sup>	0,98 (±0,06)	-0,02 (±0,01)*
AF <sup>3</sup>	2016/17	1,51 (±0,04)*	1,33 (±0,05)*	0,61 (±0,02)	0,19 (±0,01)*
	2017/18	1,29 (±0,09) <sup>ns</sup>	1,15 (±0,15) <sup>ns</sup>	0,71 (±0,07)	0,11 (±0,04)*
MSPA <sup>4</sup>	2016/17	1,51 (±0,13)*	1,14 (±0,03)*	0,57 (±0,07)	0,17 (±0,03)*
	2017/18	1,55 (±0,22) <sup>ns</sup>	0,84 (±0,05)*	0,46 (±0,07)	0,15 (±0,04)*

<sup>1</sup>Índice relativo de clorofila; <sup>2</sup>Estatura; <sup>3</sup>Área foliar; <sup>4</sup>Massa seca da parte aérea; K<sub>a</sub> - soja; K<sub>b</sub> - leiteira; <sup>ns</sup> Não significativo e \* significativo pelo teste t (p<0,05). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Analisando os resultados em conjunto para as quatro espécies em convivência com a soja, verificou-se que, as espécies poáceas causaram maior prejuízo na produtividade relativa da cultura, alterando as características morfológicas e a capacidade fotossintética das plantas. Normalmente, as plantas daninhas eudicotiledôneas têm sido reportadas como as principais espécies que causam perdas na cultura da soja, sendo geralmente associada a altas densidades populacionais destas espécies no campo, e, não exatamente a habilidade competitiva (JESCHKE et al., 2011).

Cabe salientar que nesta pesquisa a densidade populacional foi mantida constante, modificando unicamente as proporções entre a cultura e a espécie competidora, portanto, é possível que as características de solo de terras baixas favoreceram o crescimento e desenvolvimento mais rápido das plantas daninhas poáceas, provocando maior prejuízo na cultura. Ainda, sabe-se que, sob condições estressantes, as plantas daninhas poáceas apresentam vantagem competitiva em relação à cultura, pois, alteram características morfológicas e fisiológicas para aumentar a captação dos recursos e se impor sobre as outras espécies (LEGUIZAMÓN et al., 2011).

### 3.3.2 Danos celulares

Avaliando o estresse oxidativo verificou-se através da análise de variância diferenças quando a soja conviveu com o capim-amargoso, em que a cultura apresentou diferenças no teor de  $H_2O_2$  e EC, enquanto, a planta daninha apresentou diferenças em todas as variáveis avaliadas (Anexo B).

Analisando-se o EC, verificou-se que, os dados para as duas espécies incrementaram conforme aumentou a presença do competidor, com os maiores valores na proporção de 25:75, para ambas as espécies (Tabela 15). Estes resultados demonstraram prejuízo pela associação em ambas às espécies, causando danos celulares na cultura, os quais já foram reportados para soja em competição com buva (SILVA et al., 2014), provocados pelo aumento da produção de EROs que provocam a ruptura da membrana celular, e, conseqüentemente, maior extravasamento de eletrólitos (AGOSTINETTO et al., 2017).

Para a variável de teor de  $H_2O_2$ , verificou-se para a cultura que o menor valor se apresentou na proporção de 75:25, e, evidenciando maior prejuízo nas proporções 100:0 e 25:75 (Tabela 15). Enquanto para a planta daninha, observou-se o menor valor de  $H_2O_2$  em 75% de plantas de capim-amargoso.

Através desses resultados pode-se inferir que a competição intraespecífica foi mais prejudicial para o capim-amargoso. De igual forma, resultados similares foram observados com azevém em convivência com soja (AGOSTINETTO et al., 2016). Esse comportamento pode-se confirmar ao analisar o conteúdo de MDA no tecido foliar da planta daninha, em que o menor valor foi verificado na proporção de 25% de plantas de capim-amargoso (Tabela 15). Para azevém, também foi verificado o

mesmo efeito prejudicial da competição intraespecífica quando em convivência com a cultura do trigo (AGOSTINETTO et al., 2017).

Tabela 15 - Extravasamento celular (EC - %), teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (mM/g) e TBARS (nM MDA g<sup>-1</sup> de MF), extraídos de folhas de soja e capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha ou leiteira em competição. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção de plantas	Experimento I (soja:capim-amargoso)			Proporção de plantas	Experimento II (soja:capim-massambará)		
	EC	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	TBARS		EC	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	TBARS
	100% Soja	35,15 b <sup>1</sup>	0,71 a		28,05 <sup>ns</sup>	100% Soja	35,61 b
75% Soja	36,60 a	0,41 b	28,02	75% Soja	35,98 b	1,00 a	31,75 a
50% Soja	37,13 a	0,61 ab	39,56	50% Soja	37,96 a	0,75 b	36,44 ab
25% Soja	37,98 a	0,73 a	23,82	25% Soja	37,97 a	0,96 a	21,27 b
C.V. (%)	3,79	41,02	26,75	C.V. (%)	3,96	5,33	21,84
100% Capim	35,81 b	0,91 a	20,40 a	100% Capim	34,78 ns	1,02 a	18,45 a
75% Capim	36,76 ab	0,83 a	19,49 a	75% Capim	35,31	0,92 a	12,74 b
50% Capim	37,37 ab	0,80 a	16,64 ab	50% Capim	34,93	0,97 a	11,57 b
25% Capim	37,87 a	0,29 b	12,99 b	25% Capim	35,63	0,39 b	10,07 b
C.V. (%)	4,48	9,09	15,53	C.V. (%)	7,11	42,97	21,15
	Experimento III (soja:caruru-de-mancha)			Experimento IV (soja:leiteira)			
100% Soja	35,02 ns	1,67 ns	22,69 ns	100% Soja	37,23 b	0,92 ns	45,15 a
75% Soja	33,30	1,26	27,05	75% Soja	36,59 b	0,81	39,59 a
50% Soja	33,46	1,32	23,16	50% Soja	36,82 b	0,72	31,23 b
25% Soja	34,23	1,47	23,77	25% Soja	40,09 a	1,07	22,52 c
C.V. (%)	4,08	12,76	25,43	C.V. (%)	2,59	44,85	21,32
100% Caruru	38,78 ns	0,55 ns	16,55 ns	100% Leiteira	36,05 ns	0,86 ns	27,69 ns
75% Caruru	36,97	0,49	15,15	75% Leiteira	33,63	1,13	24,58
50% Caruru	39,18	0,60	18,72	50% Leiteira	34,53	0,78	19,59
25% Caruru	38,47	0,76	17,42	25% Leiteira	37,15	1,01	30,67
C.V. (%)	5,20	14,51	22,02	C.V. (%)	5,82	39,56	43,87

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando proporções de cada espécie para cada variável, não diferem significativamente pelo teste de Duncan (p≤0,05). <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F (p≤0,05). Médias de duas estações de cultivo (safra 2016/17 e 2017/18).

Com relação às variáveis do estresse oxidativo para o ensaio de competição entre soja e capim-massambará, verificou-se diferenças significativas para as três variáveis em ambas as espécies, exceto para EC na planta daninha (Anexo B).

Analisando o EC na cultura, verificou-se que o aumento porcentual na proporção da planta daninha na convivência significou incremento nos valores (Tabela 15). Através desses resultados pode-se inferir que, a convivência de soja com o capim-massambará foi prejudicial para a cultura, uma vez que, aumentou o

extravasamento de eletrólitos, devido a danos causados na permeabilidade da membrana celular.

No caso da variável de teor de  $H_2O_2$ , os dados mostraram para a cultura que o aumento da proporção de planta daninha representou incremento no teor de  $H_2O_2$  (Tabela 15). No caso da planta daninha ocorreu o contrário, conforme aumentou a convivência com a cultura diminuiu o teor de  $H_2O_2$ , com valor menor na proporção de 25% de plantas de capim-massambará. Assim, para a cultura a competição interespecífica foi mais prejudicial, corroborando resultados similares que se apresentaram em arroz quando em competição com arroz-daninho (NOHATTO, 2014).

Ao analisar o teor de MDA na cultura não se detectou tendência claro dos dados com relação as proporções testadas (Tabela 15). Por sua vez, na planta daninha os dados evidenciaram que o aumento da densidade da cultura na proporção representou redução dos valores de TBARS no tecido foliar de capim-massambará. De esta forma, para esta variável a competição intraespecífica foi mais importante para o capim-massambará, comportamento que foi reportado para buva em competição com soja (SILVA, 2014), indicando que a convivência com soja não causa estresse nesta planta daninha.

Ao analisar o ensaio de competição entre soja e caruru-de-mancha, não se observaram diferenças para as variáveis do estresse oxidativo, nas diferentes proporções testadas, tanto para a cultura quanto a planta daninha (Tabela 15). Resultados similares foram observados quando se estudou a competição entre soja e azevém, onde não se apresentaram diferenças para as mesmas três variáveis avaliadas neste trabalho (AGOSTINETTO et al., 2016), indicando que a convivência entre ambas as espécies não causou dano oxidativo nos tecidos foliares, e, igualmente, não provocou dano na degradação das membranas celulares, como ficou demonstrado através da variável EC. Provavelmente, a ação do sistema antioxidante foi eficiente para prevenir os danos celulares causados pelo estresse da interferência da planta daninha (AGOSTINETTO et al., 2016).

Com relação às variáveis do estresse oxidativo quando a soja competiu com leiteira, detectaram-se diferenças somente para a cultura nas variáveis TBARS e EC (Anexo B). Estudo verificou resultados similares com este estudo, em que dois biótipos de leiteira (sensível e resistente ao glifosato) não apresentaram danos

celulares em decorrência do estresse oxidativo quando competiram com a cultura da soja no mesmo nicho (ULGUIM et al., 2017).

Apesar de que na proporção de 25:75 observou-se o valor maior de EC, nas outras proporções não foram observadas diferenças ou tendência alguma definida, portanto, não se pode afirmar que o efeito prejudicial decorre da competição interespecífica (Tabela 15). Entretanto, analisando o teor de MDA no tecido foliar da soja, verificou-se redução dos valores desta variável conforme aumentou a proporção de indivíduos da espécie competidora. Portanto, verificando-se maior prejuízo pela competição intraespecífica na cultura, confirmando o efeito. Igualmente, a competição intraespecífica foi verificada como predominante quando a cultura do trigo conviveu com o azevém, provocando estresse oxidativo e prejuízo no metabolismo da cultura (AGOSTINETTO et al., 2017).

Em geral, as espécies poáceas (gramíneas) provocaram maior prejuízo no sistema metabólico das plantas de soja através do aumento do estresse oxidativo gerado em função da interferência. No entanto, historicamente, as plantas daninhas eudicotiledôneas tem se apresentado como as espécies que causam as maiores perdas na cultura da soja, devido às altas densidades populacionais no campo (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007; JESCHKE et al., 2011). Contudo, em razão das diferenças nas características morfológicas e de arquitetura no dossel entre as plantas daninhas poáceas e eudicotiledôneas (JESCHKE et al., 2011), possivelmente, as poaceas apresentaram vantagem competitiva para a captação dos recursos quando em convivência com a soja, sem afetar o metabolismo celular; enquanto, caruru-de-mancha e leiteira por apresentarem similaridade foliar com a cultura, competiram de igual forma para obter os recursos. De maneira semelhante, para arroz irrigado e arroz-daninho não foram verificadas diferenças quando as duas espécies conviveram no mesmo nicho pelos recursos do meio (RUBIN et al., 2014).

### **3.3.3 Características agronômicas**

Avaliando as características agronômicas, verificaram-se diferenças significativas para as variáveis NL e NS, na convivência da soja com as quatro plantas daninhas (Anexo C). Algumas características morfológicas e agronômicas das plantas de soja são definidas principalmente nos estágios vegetativos e a primeira fase do reprodutivo, portanto, estresses como a competição, nesses

períodos alteram o crescimento e desenvolvimento das espécies, com efeitos prejudiciais irreversíveis nas características da planta que determinam o rendimento da cultura (EL-SHEMY, 2011).

Tabela 16 - Características agronômicas de número de legumes (NL) e sementes (NS) de soja (unidades planta<sup>-1</sup>) em função da proporção de competição com as plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	NL (unidades planta <sup>-1</sup> )	NS (unidades planta <sup>-1</sup> )	Proporção plantas de soja	NL (unidades planta <sup>-1</sup> )	NS (unidades planta <sup>-1</sup> )
	Experimento I (soja:capim-amargoso)			Experimento II (soja:capim-massambará)	
100%	3 b <sup>1</sup>	2 b	100%	8 b	18 b
75%	3 b	2 b	75%	9 b	17 b
50%	3 b	2 b	50%	9 b	19 b
25%	6 a	3 a	25%	16 a	28 a
C.V. (%)	2,93	19,84	C.V. (%)	8,50	19,39
	Experimento III (soja:caruru-de-mancha)		Experimento IV (soja:leiteira)		
100%	4 b	8 c	100%	3 b	7 c
75%	6 ab	10 bc	75%	4 ab	7 c
50%	7 a	13 ab	50%	4 ab	10 b
25%	8 a	16 a	25%	5 a	19 a
C.V. (%)	30,22	25,91	C.V. (%)	51,88	6,39

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando proporções de cada espécie para cada variável, não diferem significativamente pelo teste de Duncan (p≤0,05). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Independentemente do competidor com a soja, tanto no NL quanto NS, a tendência dos resultados foi incrementar os valores das variáveis conforme aumentou a proporção de indivíduos da planta daninha (Tabela 16). De esta forma, se observou que os dados da soja em convivência com capim-amargoso e capim-massambará, foram superiores na proporção 25:75 quando comparado com os demais tratamentos tanto para NL quanto NS. De forma similar, quando a soja conviveu com o caruru-de-mancha e leiteira conforme aumentou progressivamente a proporção de plantas do competidor incrementou-se os valores de NL e NS, sendo verificado o maior valor na proporção de 25:75.

Esses resultados demonstram que as características agrônômicas de NL e NS planta<sup>-1</sup> foram prejudicadas pela competição intraespecífica da cultura. Diferentes pesquisas têm reportado que densidades superiores na cultura da soja afetam em maior medida as características que determinam o rendimento nesta

espécie, em decorrência da competição intraespecífica (COX; CHERNEY, 2011; CRUZ et al., 2016; FERREIRA et al., 2016). Em competição, se reduz a disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo, que são fundamentais para o desenvolvimento das estruturas reprodutivas, e, pelo contrário a planta investe na haste principal (CRUZ et al., 2016).

Embora, neste ensaio a soja conviveu até o final de ciclo com as plantas daninhas, provavelmente, o estresse da competição pelas plantas daninhas foi menor a medida que o ciclo da cultura avançou. Em vista que, o ciclo reprodutivo das quatro espécies é menor que a soja (122 dias) (GESTEIRA et al., 2015), na faixa entre 60 e 90 dias após emergência (HOLM et al., 1997; MACHADO et al., 2006; CARVALHO; LÓPEZ-OVEJERO; CHRISTOFFOLETI, 2008; LORENZI, 2008). Portanto, quando a soja ainda se encontrava em estágio reprodutivo, por exemplo R6, 80-100 dias após emergência (EL-SHEMY, 2011), conseguiu aumentar o NL e NS conforme aumentou a proporção da planta daninha, em razão do menor efeito prejudicial da competição interespecífica em estágios avançados do ciclo da cultura. Esse resultado é esperado, em vista da alta plasticidade fenotípica da cultura da soja que permite alterar as características morfológicas em função da densidade de plantas por área para aumentar a produtividade planta<sup>-1</sup> (PROCÓPIO et al. 2013).

Analisando a P da soja, verificou-se comportamento similar ao observado para as variáveis NL e NS, havendo aumento dos valores de P conforme aumentou a proporção das plantas daninhas, sendo que o maior valor detectado apresentou-se na proporção 25:75 de plantas de soja na convivência com as quatro espécies avaliadas (Tabela 17).

Esses resultados evidenciam o prejuízo da competição intraespecífica para esta variável. Como foi comentado anteriormente para as outras características agronômicas avaliadas, a soja possui alta plasticidade fenotípica, podendo alterar a morfologia das plantas para aumentar a produtividade planta<sup>-1</sup> em menores densidades e manter a produtividade por área praticamente invariável. As plantas de soja compensam o menor número de plantas por área aumentando a massa seca, NL e NS, e, conseqüentemente maior produtividade planta<sup>-1</sup>, através de modelos de regressão quadráticos, como foi observado neste estudo para capim-amargo, capim-massaral e leiteira (COX; CHERNEY, 2011). Maior densidade de plantas por área resulta em menos recursos disponíveis para cada planta, portanto, esperam-se maiores produtividades planta<sup>-1</sup> nas menores proporções de plantas de soja, como

foi verificado neste estudo, favorecendo o enchimento das sementes, e, finalmente a produtividade (FERREIRA et al., 2016).

Tabela 17 - Produtividade ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de sementes em plantas de soja em função da proporção de competição com as plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPeL, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	Produtividade ( $\text{g planta}^{-1}$ )		Proporção plantas de soja	Produtividade ( $\text{g planta}^{-1}$ )	
	Experimento I (soja:capim-amargoso)			Experimento II (soja:capim-massambará)	
100%	0,49 c <sup>1</sup>		100%	1,95 b	
75%	0,56 cb		75%	2,21 b	
50%	0,80 b		50%	2,36 b	
25%	1,65 a		25%	4,15 a	
C.V. (%)	7,50		C.V. (%)	8,51	
		Experimento III (soja:caruru-de-mancha)		Experimento IV (soja:leiteira)	
100%	1,07 b		100%	0,77 d	
75%	1,04 b		75%	1,00 c	
50%	1,27 ab		50%	1,21 b	
25%	1,571 a		25%	2,33 a	
C.V. (%)	29,03		C.V. (%)	3,93	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando proporções de cada espécie para cada variável, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Pode-se inferir através desses resultados que, independentemente do tipo de planta daninha (poáceas ou eudicotiledôneas), a interferência dos competidores na cultura da soja apresentou comportamento semelhante para as características agrônomicas e produtividade da soja, e, a competição intraespecífica causou prejuízo nas variáveis NL, NS e P. Provavelmente, nos estágios reprodutivos da cultura o ciclo das plantas daninhas estava mais adiantado e o grau de competição foi menor que nos estágios anteriores, permitindo que as plantas de soja das menores proporções aumentaram a produtividade em razão da alta plasticidade desta espécie.

### 3.3.4 Qualidade das sementes produzidas

Analisando a qualidade das sementes de soja produzidas quando em convivência com o capim-amargoso, verificou-se diferenças significativas para as variáveis PCG, IVG, CR e CPA (Anexo D). Efeitos negativos na qualidade de

sementes de soja foram reportados em função da convivência com plantas daninhas devido ao estresse provocado pela competição (DIAS et al., 2011).

Para PCG e IVG verificou-se valores superiores nas proporções de 100:0 e 25:75 de plantas de soja em associação com capim-amargoso (Tabela 18). Esses resultados indicam que a convivência da cultura com capim-amargoso prejudicou o vigor das sementes, pois testes como PCG e IVG permitem avaliar o desempenho do lote de sementes num período curto de tempo (WANG et al., 2010). Assim, a velocidade de germinação é atributo relevante para determinar o vigor do lote de sementes, a rápida emergência é indicador de alta qualidade fisiológica, e, possibilidade de alto desempenho das plântulas, mesmo em condições desfavoráveis do ambiente (MARCOS-FILHO, 2015).

Para as variáveis CR e CPA, os dados não exibiram comportamento claro (Tabela 18), sendo que os dados apresentaram tendência de redução e aumento dos valores para CPA e CR, respectivamente, conforme se incrementou a porcentagem de indivíduos de capim-amargoso. Testes que permitem avaliar o desempenho das plântulas através do comprimento tanto da parte aérea quanto da raiz são utilizados com frequência para determinar o vigor de lotes de sementes (OHSEI et al., 2012). No entanto, os resultados desta pesquisa para as variáveis CR e CPA não apresentaram um padrão definido, portanto, através destes parâmetros não é possível inferir se o potencial fisiológico das plântulas produzidas foi afetado pela competição com a planta daninha.

Tabela 18 - Primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR) e comprimento da parte aérea (CPA) de soja em função da proporção de competição com capim-amargoso, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	PCG (%)	IVG	CR (cm planta <sup>-1</sup> )	CPA (cm planta <sup>-1</sup> )
100%	89 a <sup>1</sup>	13,69 a	8,94 ab	6,47 a
75%	71 b	10,61 bc	9,24 ab	5,41 b
50%	68 b	8,46 c	8,00 b	5,72 b
25%	88 a	11,72 ab	10,33 a	5,79 b
C.V. (%)	11,25	14,71	11,13	7,23

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Com relação à competição entre a soja e o capim-massambará, detectaram-se diferenças para as variáveis G, MSR, MSPA e CDE (Anexo D). Atualmente, além do teste de germinação, são utilizados diversos testes de vigor para determinar a qualidade das sementes, através do desempenho das plântulas, por meio da medição do peso da matéria seca da raiz e da parte (BAALBAKI et al., 2009).

Observou-se para G que conforme aumentou a proporção de plantas de capim-massambará a porcentagem diminuiu pelo incremento da planta daninha (Tabela 19). Considerando que a G no monocultivo foi de 85%, pode-se inferir que a qualidade das sementes foi comprometida na convivência com o capim-massambará, ao ponto que afeta sua comercialização com valores inferiores ao mínimo aceito (CARVALHO et al., 2012).

Tabela 19 - Germinação (G), condutividade elétrica (CDE), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja em função da proporção de competição com capim-massambará, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	G (%)	CDE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	MSR ( $\text{g planta}^{-1}$ )	MSPA ( $\text{g planta}^{-1}$ )
100%	85 a	99,47 ab	10,60 a	98,24 a
75%	79 ab	64,05 b	9,02 ab	111,09 a
50%	73 ab	67,97 b	6,91 b	69,98 b
25%	67 b	138,57 a	9,02 ab	95,25 a
C.V. (%)	16,80	35,25	15,45	11,98

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Embora não houve consistência dos dados para as variáveis MSR e MSPA, a tendência observada foi redução dos valores conforme a proporção de plantas de capim-massambará aumentou, demonstrando perda de vigor nas plântulas decorrente da convivência com a planta daninha (Tabela 19). Esse comportamento pode ser confirmado através da CDE, em que se verificou aumento dos valores quanto maior foi a proporção de plantas de capim-massambará, sendo detectado o maior valor na proporção de 25:75. Esses resultados permitiram constatar os danos causados na integridade das membranas celulares das sementes de soja em função do estresse da competição com a planta daninha, provocando um processo de deterioração mais acelerado, que leva a redução do potencial fisiológico e vigor do lote de sementes (FESSEL et al., 2010).

Salienta-se que, independentemente dos resultados na qualidade de sementes, o capim-massambará de acordo com o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento é regulamentado como espécie nociva proibida, portanto, a presença desta durante a produção, comercialização e/ou transporte é motivo de descarte para qualquer lote de sementes (BRASIL, 2013).

Para o ensaio de competição entre soja e caruru-de-mancha as variáveis IVG, CDE, CR, MSR, MSPA e PMS apresentaram diferenças significativas nas diferentes proporções entre a associação das duas espécies (Anexo D). Resultados similares foram observados quando o sorgo conviveu com plantas daninhas, em que não foram encontradas diferenças na qualidade da semente da cultura para G e PCG (NAKAGAWA et al., 2009).

Tabela 20 - Índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica (CDE), comprimento da raiz (CR), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e peso de mil sementes (PMS) de soja em função da proporção de competição com caruru-de-mancha, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	IVG	CDE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	CR (cm planta <sup>-1</sup> )
100%	8,63 a <sup>1</sup>	54,12 b	8,49 a
75%	6,38 bc	40,49 b	7,77 a
50%	5,86 c	39,34 b	8,76 a
25%	7,37 b	105,04 a	6,61 b
C.V. (%)	11,38	27,22	9,00
	MSR (g planta <sup>-1</sup> )	MSPA (g planta <sup>-1</sup> )	PMS (g)
100%	7,42 a	83,39 a	133,93 a
75%	7,90 a	74,88 a	120,40 b
50%	7,21 a	75,94 a	108,60 c
25%	4,90 b	45,67 b	103,97 c
C.V. (%)	17,88	11,41	9,78

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Apesar de que os testes de viabilidade (G e PCG) demonstraram que não houve diferenças na qualidade das sementes nas diferentes proporções de interferência da planta daninha, para estimar a qualidade fisiológica do lote de sementes, é preciso avaliar através de testes de vigor de sementes (IVG e CDE), e, de desempenho das plântulas (CR, CPA, MSR e MSPA). Sabe-se que, no processo

sequencial de deterioração das sementes, a germinação é o último atributo que a semente perde antes da inviabilidade, ocorrendo uma série de acontecimentos prévios como, danificação das membranas e perda de velocidade de germinação nas etapas iniciais (PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2012). Em vista disso, a qualidade fisiológica das sementes deve ser analisada por vários testes, além dos testes de viabilidade, para evitar interpretações incorretas sobre o potencial e vigor de um lote de sementes.

Analisando os dados das variáveis IVG, CR, MSR e MSPA, verificou-se valores inferiores conforme aumentou a densidade da planta daninha; enquanto, para CDE, ocorreu o contrário (Tabela 20). Esses resultados demonstram o efeito prejudicial da competição interespecífica exercida pelo caruru-de-mancha, afetando negativamente o vigor das sementes, o desempenho das plântulas e, portanto, a qualidade fisiológica das sementes.

Lotes de sementes com menor vigor acarretam problemas de estande no campo, desuniformidade de emergência e reduzem o potencial de armazenamento (MARCOS-FILHO, 2015). Determinar a qualidade fisiológica de um lote de sementes de soja através dos testes de viabilidade e vigor é fundamental para estabelecer uma lavoura com sucesso. Ainda, os resultados desta pesquisa inferem que, a presença de caruru-de-mancha afeta o vigor e futuro desempenho do lote de sementes.

Apesar de que a medida de PMS não avalia o potencial fisiológico das sementes, apresentou um comportamento similar aos testes de vigor, em que o aumento na proporção de plantas de caruru-de-mancha significou em redução nos valores de PMS (Tabela 20). Esse resultado permite confirmar novamente o efeito prejudicial na qualidade das sementes de soja como consequência da convivência com essa planta daninha. Fato que pode estar relacionado à menor disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento das sementes, o qual pode ser explicado pela maior quantidade de drenos (legumes e sementes) quando a proporção da planta daninha se incrementou (DA CUNHA et al., 2015), como foi observado neste experimento quando foram avaliadas as características agronômicas da cultura da soja (Tabela 16).

A análise de variância para o estudo de competição entre soja e leiteira demonstrou diferenças para as variáveis IVG, CDE e MSPA (Anexo D). Para IVG e CDE o aumento na mistura de plantas de leiteira significou redução dos valores

destas variáveis; e, para MSPA não foi determinada tendência definida dos dados (Tabela 21).

Tabela 21 - Índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica (CDE) e massa seca da parte aérea (MSPA) de soja em função da proporção de competição com leiteira, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	IVG	CDE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	MSPA ( $\text{g planta}^{-1}$ )
100%	17,13 a <sup>1</sup>	158,66 a	100,75 a
75%	13,29 b	149,51 a	108,11 a
50%	14,50 b	122,72 b	89,62 b
25%	10,19 c	104,51 b	98,71 ab
C.V. (%)	8,97	10,48	6,41

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Embora os resultados de IVG mostrem efeito prejudicial pela competição interespecífica, o teste de CDE demonstrou o contrário, portanto, não se pode inferir se a planta daninha afetou a qualidade das sementes de soja. Ainda, para a maioria das variáveis testadas não foram observadas diferenças significativas, indicando que a interferência da planta daninha não provocou prejuízo na qualidade das sementes em nenhuma das proporções. Salienta-se que a média do valor de G foi superior a 80%, indicando que as sementes possuem a qualidade mínima para comercialização no mercado local (BRASIL, 2013). Possivelmente, a interferência da leiteira não impediu o crescimento mínimo da cultura para produzir os fotoassimilados suficientes para encher as sementes adequadamente, com qualidade fisiológica aceitável (LAMEGO et al., 2015).

Os resultados de qualidade das sementes de soja, em geral, evidenciaram que, foi mais importante a competição imposta pelas plantas daninhas poáceas, onde o capim-amargoso afetou o vigor, e, o capim-massambará prejudicou tanto a viabilidade quanto o vigor das sementes. Neste sentido, foi reportado redução na qualidade nutricional das sementes de soja quando conviveu com *D. sanguinalis*, alterando a composição e diminuindo o conteúdo de proteína (GIBSON et al., 2008), e conseqüentemente, afetando a germinação e o vigor, pelo aumento da incidência de dano por embebição (LEVAN; GOGGI; MULLEN, 2008).

Ao analisar as variáveis da qualidade das sementes de capim-amargoso em competição com soja verificou-se diferenças para G, PCG, PA, SM, IVG, CPA, MST e PMS (Anexo E).

Através dos dados das variáveis PCG e G, verificou-se que o aumento de plantas de soja representou redução dos valores para estas variáveis; enquanto, para PA e SM, observou-se o efeito contrário (Tabela 22). Embora esses resultados demonstraram efeito prejudicial na qualidade das sementes em função da competição interespecífica, os valores observados para G foram superiores a 88%, evidenciando alta capacidade germinativa, o qual é característico para essa espécie (MENDONÇA et al., 2014).

Tabela 22 - Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST) e peso de mil sementes (PMS) de capim-amargoso em função da proporção de competição com soja, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	PCG (%)	G (%)	PA (%)	SM (%)
100%	97 a <sup>1</sup>	98 a	1 b	1 b
75%	93 ab	93 b	4 a	4 ab
50%	85 b	90 bc	3 ab	7 a
25%	69 c	88 c	6 a	7 a
C.V. (%)	5,75	2,90	56,19	24,08
	IVG	CPA (cm planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )	PMS (g)
100%	9,88 ab	1,46 b	0,225 b	0,91 b
75%	8,19 bc	1,99 a	0,234 b	0,92 b
50%	10,35 a	1,86 a	0,256 ab	1,09 a
25%	7,71 c	1,44 b	0,305 a	0,99 ab
C.V. (%)	13,30	2,92	1,48	8,18

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Para as variáveis que avaliam o vigor das sementes se observaram diversos comportamentos. No caso de IVG, a tendência dos dados foi reduzir os valores conforme aumentou a presença da cultura, no entanto (Tabela 22). Já para o CPA verificou-se valores maiores nas proporções 75:25 e 50:50. Enquanto, os dados para MST mostraram que o aumento de soja significou incremento do peso das plântulas

da planta daninha. Ainda, para o PMS, a tendência dos dados demonstrou incremento dos valores conforme aumentou a proporção de plantas de soja.

Os resultados das diferentes variáveis que avaliaram o vigor das sementes de capim-amargoso foram inconsistentes e não permitem estabelecer uma relação clara, pois para algumas variáveis não houve ajuste dos dados para um modelo linear o quadrático (IVG e PMS), enquanto, para MST se observou efeito prejudicial da competição interespecífica, e, para CPA praticamente um efeito sinérgico entre as duas espécies em função da convivência em 61% de plantas de capim-amargoso. Portanto, estabelecer efeitos da competição no vigor de sementes para essa espécie através desses resultados é insuficiente, recomenda-se o uso de testes adicionais como envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para estudar possíveis efeitos ou relações, uma vez que, dependendo da espécie, com certa frequência são encontrados resultados inconsistentes nos diferentes testes de vigor de sementes (KHAN et al., 2010).

Para o experimento de competição entre soja e capim-massambará verificou-se diferenças para as variáveis G, SM, IVG, CR, CPA, MST e PMS (Anexo E).

Observou-se perda de G e acréscimo de SM com o aumento proporcional de plantas de soja (Tabela 23). Esses resultados demonstram efeito prejudicial na qualidade sementes em função da convivência do capim-massambará com a soja, no entanto, é importante salientar que a G foi superior a 70%, indicando uma capacidade germinativa considerável, sendo classificado como semente de qualidade intermediária (LUDWIG et al., 2009).

No caso das variáveis IVG, CR, CPA e MST os dados tenderam a incrementar os valores conforme aumento a densidade populacional de plantas de soja (Tabela 23). Já, para PMS não houve tendência clara dos dados, no entanto, o comportamento foi similar ao observado nas variáveis anteriores, em que houve maior prejuízo da competição intraespecífica.

A maioria das pesquisas sobre plantas daninhas que avaliam a produtividade e qualidade das sementes são realizadas em condições de isolamento de plantas individuais, portanto, revelam alta produção e qualidade fisiológica das sementes (ZIMDAHL, 2013). Contudo, sob condições de estresse como competição, espera-se resultados inferiores no potencial fisiológico das sementes produzidas devido à interferência da competição entre as espécies (MILLAR et al., 2011). Em competição, a planta daninha precisa alterar sua morfologia para favorecer a

captação de recursos, no entanto, a quantidade e direcionamento dos fotoassimilados produzidos pode ser modificado, reduzindo o fornecimento de energia para o enchimento das sementes, afetando a composição das sementes, e, portanto, a qualidade fisiológica (LAMEGO et al., 2015; GIBSON; YOUNG; WOOD, 2017).

Tabela 23 - Germinação (G), sementes mortas (SM), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST) e peso de mil sementes (PMS) de capim-massambará em função da proporção de competição com soja, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	G (%)	SM (%)	IVG	CR (cm planta <sup>-1</sup> )
100%	92 a <sup>1</sup>	5 b	7,23 ab	1,36 b
75%	82 b	13 ab	6,18 b	0,82 c
50%	82 b	11 ab	4,61 c	1,78 ab
25%	77 b	18 a	8,07 a	1,92 a
C.V. (%)	4,79	45,08	14,14	22,23
	CPA (cm planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )	PMS (g)	
100%	2,5 b	0,91 c	4,12 ab	
75%	2,15 b	0,95 c	3,33 b	
50%	2,19 b	1,28 b	4,91 a	
25%	2,15 a	1,79 a	4,38 ab	
C.V. (%)	21,63	16,85	24,98	

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan (p≤0,05). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Analisando as variáveis de qualidade de sementes no experimento de competição entre soja e caruru-de-mancha, não foram observadas diferenças significativas para nenhuma das variáveis (Anexo E). Pode-se inferir através desses resultados que, a qualidade e o vigor das sementes desta planta daninha não foram afetadas pela convivência com a cultura da soja. No entanto, é importante salientar que a média de G observada foi de 28%, e, que apenas 5% das sementes dormentes foram viáveis, após verificação por meio do teste de tetrazolio. Desta forma, os testes de viabilidade demonstraram baixa qualidade das sementes para essa espécie, onde, aproximadamente 67% das sementes eram inviáveis, devido principalmente a danos por umidade no eixo embrionário (observações pessoais).

O gênero *Amaranthus* caracteriza-se por apresentar embrião periférico ao redor do tecido de reserva, coberto por fino mas resistente tegumento (HABER et al., 2017), sendo que um único dano em qualquer parte do tecido do eixo embrionário (radícula e cotilédones) compromete gravemente a viabilidade da semente (AOSA, 2010). Provavelmente, durante o desenvolvimento das sementes de caruru-de-mancha se apresentaram condições ambientais de alternância entre úmido e seco, as quais provocaram sucessivas contrações e expansões do volume da semente, acarretando rupturas no eixo embrionário (BORNHOFEN et al., 2015).

Alta produção de sementes é a principal estratégia reprodutiva do caruru-de-mancha para incrementar suas possibilidades de sobrevivência e perpetuação da espécie (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007a), contudo, essa característica pode ter favorecido para a baixa qualidade fisiológica das sementes nesta pesquisa.

Em condições de estresse por competição a quantidade de fotoassimilados disponíveis se reduz consideravelmente em função da menor área foliar desenvolvida, afetando também a distribuição dessas fontes de energia para os diferentes drenos da planta, especialmente as sementes (LAMEGO et al., 2015). Desta maneira, comprometendo o enchimento das sementes, e, mesmo quando conseguiram se desenvolver corretamente, apresentaram alta sensibilidade às condições ambientais, sendo inviabilizadas por rupturas no eixo embrionário, possivelmente decorrente de mudanças na umidade relativa do ar que provocou contrações no tecido.

Analisando o ensaio de competição entre leiteira e soja, verificou-se diferença para a variável CR (Anexo E). Os dados para essa variável verificaram os valores maiores nas proporções 75:25 e 50:50 (Tabela 24). Apesar de que houve diferenças para o CR, através de somente uma variável não é possível inferir se o vigor das sementes de leiteira foi prejudicada ou favorecida pela competição com a soja.

Diferentemente do ocorrido com caruru-de-mancha, a leiteira apresentou G média de 93% e, em geral, não houve diferenças nas variáveis que avaliaram o vigor das sementes, deduzindo-se, portanto que, mesmo em condições de estresse e recursos limitados pela convivência com a soja, a qualidade fisiológica das sementes não foi alterada.

Tabela 24 - Comprimento da raiz de leiteira em função da proporção de competição com soja, conduzido em duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.

Proporção plantas de soja	Comprimento de raiz (cm planta <sup>-1</sup> )
100%	4,41 b
75%	5,38 a
50%	5,07 a
25%	4,50 b
C.V. (%)	10,94

<sup>†</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando tratamentos, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Médias de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

A habilidade competitiva desenvolvida pelas plantas para captação dos diferentes recursos do meio é em função dos requerimentos específicos de cada espécie, sendo determinada por atributos morfológicos e fisiológicos, que permitem explorar e captar eficientemente esses recursos. Assim, a absorção de luz é em função da capacidade de interceptação deste recurso, a qual é determinada pelo índice de área foliar, estatura e a eficiência de absorção das folhas (orientação, espessura, distribuição vertical da área foliar) (SWANTON; NKOA; BLACKSHAW, 2015). Desta forma, provavelmente as plantas de leiteira conseguiram alterar a morfologia ou fisiologia para garantir a captação dos recursos nas quantidades necessárias para garantir sementes de alta qualidade fisiológica, demonstrando assim, alta capacidade reprodutiva mesmo em condições de competição.

Analisando os resultados de qualidade das sementes para as quatro plantas daninhas, em geral, as espécies poáceas apresentaram qualidade superior, no entanto, é importante destacar que, a leiteira mostrou alta qualidade, demonstrando elevada capacidade reprodutiva mesmo em convivência com a cultura da soja. Portanto, não é possível confirmar superioridade absoluta das plantas daninhas poáceas, uma vez que, as espécies eudicotiledôneas possuem alta plasticidade na formação da arquitetura do dossel da planta, apresentando maior habilidade na interceptação da luz, mesmo em competição (JESCHKE et al., 2011). Deste modo, podem-se esperar resultados mais consistentes nas espécies gramíneas que possuem menor plasticidade, no entanto, para as eudicotiledôneas é necessário de estudos específicos para cada espécie, devido à característica de alta plasticidade.

Neste estudo, em geral, a competição interespecífica imposta pelas plantas daninhas poáceas foi mais prejudicial na cultura da soja, afetando o crescimento, aumentando o estresse oxidativo e os danos celulares na membrana, e,

prejudicando a qualidade das sementes produzidas, confirmando-se assim, a maior capacidade competitiva destas plantas daninhas sobre as espécies eudicotiledôneas, em condições de solo de terras baixas.

### **3.4 Conclusões**

A soja apresenta maior habilidade competitiva que o capim-amargoso e leiteira, sendo que a competição intraespecífica é mais prejudicial à cultura; enquanto, a competição interespecífica foi mais importante quando a cultura da soja conviveu com capim-massambará.

O estresse oxidativo na soja aumenta em função da competição interespecífica com as plantas daninhas capim-amargoso e capim-massambará, aumentando a peroxidação lipídica e alterando a permeabilidade da membrana celular.

A qualidade fisiológica da semente de soja é prejudicada pela competição interespecífica com as espécies poáceas, sendo que, o capim-amargoso reduz o vigor, e, o capim-massambará afeta germinação e vigor.

A viabilidade (germinação e tetrazolio) das sementes de caruru-de-mancha são seriamente afetadas pela competição interespecífica com a cultura da soja; enquanto, as outras plantas daninhas são pouco prejudicadas, e, possuem qualidade intermediária ou alta.

## **4 CAPÍTULO III – Respostas fisiológicas e capacidade reprodutiva das plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira submetidas a diferentes manejos de irrigação em solo de terras baixas**

### **4.1 Introdução**

O sistema de rotação entre arroz irrigado e soja tem se tornado alternativa importante em terras baixas, em razão da rentabilidade da cultura da soja e o auxílio no manejo das principais plantas daninhas da cultura do arroz, através da redução do banco de sementes dessas espécies (AGOSTINETTO et al., 2009). No entanto, com a introdução da soja nestas regiões, existe também a preocupação devido à entrada das principais plantas daninhas associadas à cultura, havendo poucas informações sobre o comportamento e desempenho destas espécies nas condições típicas de manejo da irrigação nos solos de terras baixas.

Na cultura de arroz irrigado, o método de irrigação por inundação continua sendo o mais utilizado, devido à praticidade e alta qualidade de grão (CORDEIRO et al., 2010). Contudo, visando um uso mais racional e eficiente da água, tem sido utilizado o método intermitente, o qual reduz em até 50% o consumo de água total, comparado à lâmina contínua (SARTORI et al., 2013; MASSEY et al., 2014). Esse tipo de irrigação consiste em inundações intermitentes (ciclos alternados de solo saturado e não saturado), onde a irrigação é interrompida e a água diminui naturalmente até certa umidade do solo ou 2cm de altura de lâmina, quando o campo é alagado novamente (geralmente, lâmina de 10cm) (SARTORI et al., 2013; CARRIJO; LUNDY; LINQUIST, 2017).

Ambos os sistemas podem apresentar produtividades similares (MASSEY et al., 2014; CARRIJO; LUNDY; LINQUIST, 2017), porém, a supressão de plantas daninhas é maior no sistema de irrigação de lâmina contínua, em que a cultura de arroz irrigado permanece a maior parte do ciclo (80 dias) sob alagamento, sendo essa condição tolerada somente por algumas plantas daninhas (CORDEIRO et al., 2010; MASSEY et al., 2014). Por sua vez, no sistema intermitente, para garantir o mesmo sucesso, é preciso adotar outros métodos de controle de plantas daninhas, como o químico através de herbicidas residuais, em vista que, a lâmina de água não é permanente e permite o escape de algumas plantas daninhas, mesmo em condições de estresse por alagamento (MASSEY et al., 2014).

Algumas plantas daninhas apresentam maior plasticidade para tolerar o alagamento, alterando características anatômicas (MACEDO, 2015), como a produção de raízes adventícias (CHEN; QUALLS; MILLER, 2002), aumento das regiões com aerênquima nas raízes e folhas, bem como o diâmetro dos mesmos, e maior medula fistulosa em caules (MACEDO, 2015), e, fisiológicas, incrementando a produção de fotossíntese, para melhorar captação dos recursos e aumentar a sobrevivência em condições de estresse por alagamento (MOLLARD et al., 2008).

A resposta depende da espécie, assim, em *Urochloa plantaginea* sob alagamento, a duração do ciclo de desenvolvimento foi reduzida (MACEDO, 2015). *Lepidium latifolium*, sobreviveu 50 dias em condições de inundação permanente, reduzindo a fotossíntese e o teor de clorofila entre 30 e 40 %, respectivamente, sendo que, apenas três dias depois de iniciar o estresse aumentou o número de raízes adventícias na base do caule, a porosidade e a produção de etileno nas raízes, mas a reprodução foi comprometida (CHEN; QUALLS; MILLER, 2002; CHEN; QUALLS; BLANK, 2005). Plantas de *Paspalum dilatatum* aumentaram a fotossínteses em 35 % quando submetidas ao alagamento por 60 dias em solo de terras baixas, isto sem afetar outras características, como, condutância estomática, taxa de transpiração e o potencial hídrico das folhas (MOLLARD et al., 2008).

Estudos que avaliem o desempenho fisiológico e reprodutivo de plantas daninhas de soja em solo de terras baixas são determinantes para avaliar o comportamento ou potencial de sobrevivência dessas espécies sob estresse por alagamento, especialmente nas espécies poáceas: capim-amargoso e capim-massambará; e, eudicotiledôneas: caruru-de-mancha e leiteira, devido às perdas importantes reportadas na cultura da soja pela interferência destas plantas daninhas

(MESCHEDE et al., 2002; RIAR et al., 2011; GAZZIERO et al., 2012). Assim, por meio desses estudos pode-se identificar as espécies com maior potencial de sobrevivência e interferência na cultura, permitindo estabelecer estratégias de manejo integrado de plantas daninhas (MIPD) para o controle eficientes destas espécies

Diante esse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar as alterações nas trocas gasosas e metabólicas que ocorrem nas plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, quando submetidas a diferentes manejos de irrigação em solo de terras baixas, e, o efeito na capacidade reprodutiva.

#### **4.2.1 Material e Métodos**

O capítulo foi dividido de acordo com as variáveis avaliadas: 1) alterações nas trocas gasosas; 2) estresse oxidativo e permeabilidade da membrana; e, 3) qualidade das sementes produzidas das plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira em diferentes manejos de irrigação.

O estudo foi conduzido no período de dezembro de 2016 a março de 2017; e, repetido durante o período de novembro de 2017 a fevereiro de 2018. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação e laboratórios pertencentes ao Centro de Herbologia, e, Laboratório Didático de Análise de Sementes pertencentes à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas (CEHERB/FAEM/UFPel), com delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições.

No trabalho, foram utilizadas sementes de capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, adquiridas em empresa especializada na produção de sementes de plantas daninhas. Os tratamentos consistiram de três condições de irrigação: 1) lâmina de água contínua (lâmina); 2) lâmina intermitente, sequência de três dias de lâmina de água contínua e três dias sem (intermitente); e, 3) capacidade de campo (CC).

O experimento foi realizado em vasos, com capacidade volumétrica de quatro litros, contendo solo de terras baixas, classificado como Planossolo hidromórfico eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013), sendo a fertilidade corrigida pela aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de adubo na

formulação 05-20-20, de acordo com análise de solo (SOCIEDADE..., 2004). A semeadura das espécies foi realizada em bandejas de polietileno, e no momento que as plântulas se encontravam em estágio de primeira folha verdadeira expandida (aos 17, 5, 14 e 4 dias após emergência (DAE) para capim-amargoso, capim-massambará, caruru de mancha e leiteria, respectivamente), cinco plântulas foram transplantadas, e, posteriormente desbastadas mantendo-se três plantas por vaso.

As plantas foram submetidas aos tratamentos no estágio vegetativo entre V5-V6, aproximadamente 30-40 dias após emergência, dependendo da espécie, em ambas as safras. Para tanto, no tratamento lâmina foi adicionada água mantendo lâmina constante de 10cm acima do nível do solo. No intermitente foi aplicada a mesma lâmina de água durante três dias e depois foi retirada por três dias, sendo adotada esta sequência até o final do ciclo. O tratamento CC consistiu na aplicação de água na capacidade de campo do solo. Para isso, foi determinada a massa dos vasos na capacidade de campo, por meio da metodologia adaptada de Petter et al. (2013), onde os vasos foram saturados com água e deixados em repouso por 12 horas para escoar a água em excesso e determinar a massa; em seguida, foi aplicado o tratamento, no qual, a cada dia foi adicionado a quantidade de água para completar a capacidade de campo, por meio da diferença de massa calculada do vaso no estado de capacidade de campo e da massa atual do vaso. Em todos os tratamentos o solo foi mantido a 100% de CC até o estágio V5-V6, ocasião de início do experimento.

#### **4.2.2 Alterações nas trocas gasosas**

Os parâmetros relacionados às trocas gasosas das plantas foram avaliados em duas épocas, aos sete e 14 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), através do analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca LI-COR, modelo LI-6400, tomando-se como critério a última folha completamente expandida. Durante as leituras foi estabelecido injeção de CO<sub>2</sub> dentro da câmara de 400µmol mol<sup>-1</sup>, temperatura da folha em 28°C e fluxo de ar de 500µmol s<sup>-1</sup>.

As variáveis avaliadas foram taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci). Também foi calculada a eficiência da carboxilação (CE) e a eficiência instantânea do uso da água (EUA), pela relação A/Ci e A/E, respectivamente.

### **4.2.3 Estresse oxidativo e permeabilidade da membrana**

Amostras foliares foram coletadas em duas épocas, aos sete e 14 DAT, e, armazenadas a  $-80^{\circ}\text{C}$  até o momento da análise dos danos celulares através do extravasamento celular (EC), o teor de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), e, as espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), sendo as quantificações dessas variáveis realizadas conforme metodologia descrita no Capítulo II.

### **4.2.4 Qualidade das sementes produzidas**

No final do ciclo foram colhidas as sementes das quatro espécies, sendo avaliado o peso de mil sementes (PMS) e o número de sementes planta<sup>-1</sup> (NSP) no Laboratório Didático de Análises de Sementes (LDAS). Para o PMS, foram tomadas oito repetições ao acaso, contendo cada uma, 100 sementes, as quais foram pesadas em balança analítica.

Após dois meses de armazenamento em câmara fria ( $15^{\circ}\text{C}$ ), as sementes foram submetidas ao teste de germinação e avaliadas conforme as descrições metodológicas indicadas nos Capítulos I e II.

### **4.2.5 Análise estatística**

Todas as variáveis foram analisadas considerando o efeito simples do fator tratamentos, exceto, para caruru-de-mancha, uma vez que, as plantas não sobreviveram aos tratamentos de irrigação intermitente e lâmina até os 14 DAT, portanto, não foram realizadas as variáveis relacionadas a qualidade de sementes

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley, que indicaram a necessidade de transformação dos dados referentes às variáveis A, Gs, CE, EUA, PA, SM, SD, TZ e NSP, sendo a transformação realizada pela equação  $\sqrt{x+1}$ . Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), sendo que, para o processamento das análises, os efeitos do fator manejo de irrigação e repetição foram considerados fixos e, o efeito do ano de condução do experimento foi considerado aleatório, utilizando-se o procedimento MIXED do “Statistical Analysis System” (SAS INSTITUTE, 1999), conforme descrito por Piana et al. (2012).

Para efeitos do modelo estatístico utilizado, as repetições tiveram por objetivo isolar o erro dentro de cada época de condução, em função dos tipos de irrigação, enquanto que o fator ano de condução foi utilizado a fim de validar o experimento. Quando constatada significância estatística pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), realizou-se comparação entre as médias utilizando o teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

### 4.3 Resultados e Discussão

Os resultados e discussão estão apresentados de acordo com a sequência das atividades descritas no material e métodos.

#### 4.3.1 Alterações nas trocas gasosas

Ao analisar os parâmetros das trocas gasosas, para capim-amargoso, observou-se efeito do tratamento de irrigação aos sete e 14 DAT para as variáveis A,  $C_i$ , CE e EUA; e, somente aos sete e 14 DAT para E e  $G_s$ , respectivamente (Tabela 25 e Anexo F).

Para A, aos sete DAT, verificou-se redução aproximada dos valores de 59 e 54% de intermitente e lâmina, respectivamente, quando comparados com CC; e, mesma tendência foi detectada aos 14 DAT, onde a redução foi de 82 e 85%, respectivamente (Tabela 25). Enquanto, para  $G_s$  observou-se diferença somente aos 14 DAT, onde CC foi superior aos demais tratamentos em 65%. O contrário foi verificado para  $C_i$ , sendo o tratamento CC inferior aos outros tratamentos nas duas épocas de avaliação, com diferenças de 18 e 20% na primeira avaliação, e, 28 e 31% na segunda época, com relação a intermitente e lâmina, respectivamente. Para E, verificou-se diferença aos sete DAT, onde o tratamento CC foi superior ao intermitente e lâmina em aproximadamente 25 e 32%, respectivamente. Resultados similares foram demonstrados em *Jatropha curcas* sob condições de alagamento, onde aos sete DAT observou-se redução de A,  $G_s$  e E, onde a exposição prolongada à inundação aumentou as perdas (VERMA et al., 2014).

No caso da CE, tanto na primeira quanto na segunda avaliação observou-se valores superiores para CC, sendo aos sete DAT de 71 e 65%, e, aos 14 DAT de 76 e 81%, quando comparado com intermitente e lâmina, respectivamente (Tabela 25).

O mesmo comportamento foi detectado para EUA, sendo as diferenças de 36 e 46% na primeira época, e, 61 e 67% na segunda, com relação a intermitente e lâmina.

Pode-se inferir através desses resultados que, os tratamentos intermitente e lâmina provocaram interferências no fluxo adequado das trocas gasosas em capim-amargoso, as quais podem ser caracterizadas por decréscimos na eficiência da carboxilação pelas condições expostas pelo estresse por alagamento (MARTINAZZO et al., 2011), e, portanto, eventualmente afetando a conversão do CO<sub>2</sub> em assimilados fotossintéticos para o crescimento e desenvolvimento das plantas (RUCHEL, 2018).

Tabela 25 - Efeito do manejo de irrigação nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de capim-amargoso, aos sete e 14 dias após aplicação do tratamento. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2018.

Manejo de irrigação	A ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		Gs ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		Ci ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ )	
	Dias após a aplicação do tratamento					
	7	14	7	14	7	14
CC <sup>1</sup>	22,02 a <sup>2</sup>	14,31 a	0,38 <sup>ns3</sup>	0,20 a	221,84 b	229,62 b
Intermitente	9,14 b	3,96 b	0,40	0,07 b	271,55 a	316,96 a
Lâmina	10,10 b	3,24 b	0,34	0,07 b	277,01 a	333,55 a
CV(%)	14,49	14,79	7,17	1,55	10,45	8,33
	E ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		CE ( $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		EUA ( $\mu\text{mol CO}_2 [\text{mmol H}_2\text{O}]^{-1}$ )	
CC	5,62 a	4,75 <sup>ns</sup>	0,105 a	0,055 a	4,09 a	3,00 a
Intermitente	4,22 b	3,48	0,030 b	0,013 b	2,60 b	1,17 b
Lâmina	3,83 b	3,78	0,037 b	0,010 b	2,30 b	0,99 b
CV(%)	27,96	29,87	0,64	0,44	37,99	32,53

<sup>1</sup>CC: capacidade de campo. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ). <sup>3</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Ao analisar os parâmetros de trocas gasosas em capim-massambará verificou-se efeito dos tratamentos de irrigação nas duas épocas de avaliação para as variáveis A, Gs, E e CE, enquanto, para EUA somente aos 14 DAT, e, para Ci não foi verificada significância (Tabela 26 e Anexo F).

Para A, aos sete DAT verificou-se valor médio de 41% superior de CC e intermitente quando comparados com lâmina, e, aos 14 DAT, o tratamento CC foi superior a lâmina em 19% (Tabela 26). No caso da Gs, verificou-se valor superior de

CC e intermitente de 54% em relação a lâmina, enquanto, aos 14 DAT, o tratamento CC foi superior ao intermitente e lâmina 19 e 33%, respectivamente. Reduções de A e Gs são normalmente reportadas em plantas submetidas ao estresse por alagamento, como consequência das limitações estomáticas, sendo que, a intensidade e redução dependem da tolerância da espécie (DE OLIVEIRA; JOLY, 2010). No entanto, salienta-se que, mesmo com tolerância ao alagamento há desequilíbrios nas trocas gasosas provocados pela perda de dinâmica estomática (abertura e fechamento estomático), aumentando a perda do O<sub>2</sub> celular, a disponibilidade de CO<sub>2</sub>, e, finalmente, redução da assimilação fotossintética do CO<sub>2</sub> (VERMA et al., 2014).

Para E, aos sete DAT, detectou-se DAT valores superiores de CC e intermitente quando comparados com lâmina, sendo esses valores de 60 e 51%, respectivamente (Tabela 26). Por sua vez, para CE observou-se valores de 60 e 54% maiores para CC e intermitente com relação a lâmina, respectivamente; enquanto que, aos 14 DAT, o CC foi 30% superior ao intermitente. A redução de E e CE no tratamento lâmina é relacionada aos decréscimos observados em A e Gs, devido a maior exposição das plantas ao alagamento, uma vez que, maiores períodos de alagamento diminuem a condutância estomática, limitando o influxo de CO<sub>2</sub> no mesófilo, portanto, restringindo a perda de água através da transpiração e reduzindo CE (MARTINAZZO et al., 2011).

No caso de EUA, somente detectou-se diferença aos 14 DAT, onde o tratamento CC foi 21% inferior a intermitente (Tabela 26). Esse comportamento pode ocorrer em plantas submetidas ao alagamento, no entanto, eventualmente com maior exposição e/ou dependendo da tolerância da espécie a esse tipo de estresse, os valores de EUA serão similares ou inferiores a CC, como foi verificado para laranja (ARBONA et al., 2009).

Esses resultados demonstraram diferenças mínimas entre os tratamentos CC e Intermitente, evidenciando tolerância das plantas de capim-massambará ao alagamento, mas também sugerem possíveis mecanismos de adaptação sob condições de estresse por inundação, uma vez que, em alguns casos não houve diferenças entre CC e lâmina, como na variável CE. A tolerância ao alagamento pode mudar de uma espécie para outra, de acordo com as alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que as plantas realizam para manter a massa seca relativamente intacta, terminar o ciclo, se reproduzir, e, ser consideradas como

tolerantes (VERMA et al., 2014). Ainda, a tolerância é relacionada principalmente a mudanças na melhora na difusão do oxigênio da parte aérea da planta para o sistema radicular (VERMA et al., 2014).

Tabela 26 - Efeito do manejo de irrigação nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de capim-massambará, aos sete e 14 dias após aplicação do tratamento. FAEM/UFPel, Capão do Leão, 2018.

Manejo de irrigação	A ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		Gs ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		Ci ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ )		
	Dias após a aplicação do tratamento						
	7	14	7	14	7	14	
CC <sup>1</sup>	20,46 a <sup>2</sup>	24,01 a	0,14 a	0,21 a	153,04 <sup>ns3</sup>	169,67 <sup>ns</sup>	
Intermitente	17,12 a	21,24 ab	0,12 a	0,17 b	155,73	196,51	
Lâmina	10,68 b	19,46 b	0,06 b	0,14 b	176,89	173,70	
CV(%)	25,80	16,46	40,55	25,97	27,68	23,04	
	E ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		CE ( $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		EUA ( $\mu\text{mol CO}_2 [\text{mmol H}_2\text{O}]^{-1}$ )		
	CC	2,46 a	5,22 a	0,130 a	0,146 a	8,59 <sup>ns</sup>	4,67 b
	Intermitente	1,99 a	3,68 b	0,112 a	0,103 b	9,23	5,90 a
Lâmina	0,99 b	4,17 b	0,052 b	0,117 ab	9,86	4,80 ab	
CV(%)	26,81	17,84	32,90	28,63	14,33	8,56	

<sup>1</sup>CC: capacidade de campo. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ). <sup>3</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Com relação ao caruru-de-mancha, verificou-se efeito dos tratamentos para todas as variáveis avaliadas somente aos sete DAT, uma vez que, as plantas dos tratamentos intermitente e lâmina, não conseguiram sobreviver até a segunda avaliação (Tabela 27 e Figura 6). Desta forma, o tratamento CC apresentou valores em média superiores de 85, 75, 58, 94 e 69% aproximadamente, com relação aos demais tratamentos para as variáveis A, Gs, E, CE, EUA, respectivamente; enquanto, para Ci o comportamento foi oposto, em que os valores superiores foram observados nos tratamentos intermitente e lâmina, com porcentagens de 55 e 58%, respectivamente.

Esses resultados evidenciaram alta sensibilidade de caruru-de-mancha ao alagamento, mesmo em condições de intermitência de irrigação. A rápida redução dos diferentes parâmetros relacionados às trocas gasosas indica decréscimo na eficiência das reações redox na cadeia de transporte de elétrons, o qual se considera sinal de vitalidade nas plantas (SLABBERT AND KRÜGER, 2011;

HÜTHERA et al., 2017). Ainda, como resultado da sensibilidade ao alagamento, há diminuição na assimilação do CO<sub>2</sub>, da condutância estomática e transpiração, desencadeando desequilíbrios na dinâmica funcional dos estômatos, reduzindo o oxigênio celular e aumentando a perda do CO<sub>2</sub> através do processo de transpiração (DE SOUZA et al., 2011; VERMA et al., 2012). O oxigênio é essencial como substrato no processo respiratório como cofator do metabolismo celular primário e secundário, portanto, em condições de deficiência como no alagamento, há mudanças na partição dos fotoassimilados, inibindo o crescimento foliar, reduzindo o crescimento do caule e das raízes, e a biomassa total da planta, promovendo a senescência dos tecidos e eventualmente a morte (VERMA et al., 2014).

Tabela 27 - Efeito do manejo de irrigação, nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de caruru-de-mancha, aos sete dias após aplicação do tratamento. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2018.

Manejo de irrigação	A ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Gs ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Ci ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ )
CC <sup>1</sup>	5,25 a <sup>2</sup>	0,04 a	149,97 b
Intermitente	0,81 b	0,01 b	330,20 a
Lâmina	0,74 b	0,01 b	357,94 a
CV(%)	14,14	1,30	26,76
	E ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	CE ( $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )	EUA ( $\mu\text{mol CO}_2 [\text{mmol H}_2\text{O}]^{-1}$ )
CC	0,92 a	0,038 a	5,76 a
Intermitente	0,38 b	0,003 b	2,14 b
Lâmina	0,40 b	0,002 b	1,44 b
CV(%)	3,91	1,48	18,69

<sup>1</sup>CC: capacidade de campo. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Ao analisar às variáveis das trocas gasosas para leiteira, segundo a análise de variância, verificou-se efeito dos tratamentos para todas as variáveis avaliadas, nas duas épocas avaliadas (Tabela 28 e Anexo F).

Para a variável A, observou-se valor de CC em média de 81 e 25% superior aos demais tratamentos aos sete e 14 DAT, respectivamente (Tabela 28). No caso de Gs, aos sete DAT detectou-se valor médio de 96% superior para CC quando comparado aos outros tratamentos, enquanto, aos 14 DAT, o CC foi 85% superior ao intermitente, mas diferiu do tratamento com lâmina. Para Ci, aos sete DAT, os

tratamentos CC e Intermitente foram 55 e 52% maiores do que lâmina, e, aos 14 DAT não verificou-se diferenças entre o tratamento CC e os demais, no entanto o intermitente foi 29% superior a lâmina. Geralmente, condições de alagamento podem reduzir significativamente  $C_i$  (KISSMANN et al., 2014), mas especialmente  $G_s$ , sendo este um comportamento frequentemente reportado logo no início deste tipo de estresse (MEDINA et al., 2009; DE OLIVEIRA and JOLY, 2010), uma vez que, essa é a ação imediata das plantas para evitar o excesso de transpiração (KISSMANN et al., 2014).

Analisando a variável E, detectou-se aos sete DAT valor médio superior de CC de 90% em relação aos demais tratamentos, e, tendência similar foi verificada aos 14 DAT, onde o valor de CC foi 79 e 38% superior a intermitente e lâmina, respectivamente (Tabela 28). Para CE verificou-se superioridade de CC de 44 e 72% com relação a intermitente e lâmina, respectivamente; enquanto que, aos 14 DAT CC foi 62% inferior a lâmina.

A redução das variáveis A e E, verificadas nos tratamentos com saturação de água, pode ser explicada pela diminuição nos valores de  $G_s$ , uma vez que, essas duas variáveis são interligadas a  $G_s$  (RUCHEL, 2018), indicando que, baixos valores de  $G_s$  indicam limitação da disponibilidade de  $CO_2$  para a fotossíntese em plantas sob alagamento (KISSMANN et al., 2014). Desta forma, períodos de alagamento reduzem a fixação do carbono devido à inibição dos processos fotossintéticos, alterando a atividade das enzimas do ciclo Calvin, e, portanto, elevando a degradação dos pigmentos fotossintéticos, o que pode diminuir a eficiência da carboxilação (BERTOLDE et al., 2012).

Analisando a EUA, aos sete DAT, observou-se valor 33% inferior de CC quando comparado com lâmina, e, aos 14 DAT, CC foi 73% inferior ao intermitente (Tabela 28). Embora esses resultados demonstraram superioridade dos tratamentos intermitente e lâmina para EUA, essa variável frequentemente apresenta inconsistência nas avaliações iniciais de pesquisas que envolvem estresse por alagamento, mesmo entre genótipos da própria espécie, sendo necessário realizar avaliações por período de exposição maior a 15 dias, uma vez que, conforme aumenta o tempo de alagamento, o valor de EUA tende a estabilizar e diminuir (ARBONA et al., 2009; BERTOLDE et al., 2012). Portanto, para poder realizar inferências e conclusões a partir desta variável é necessário considerar as demais,

e, ainda, recomenda-se período mínimo de 40 dias sob inundação contínua para conseguir resultado mais correto (BERTOLDE et al., 2012).

Tabela 28 - Efeito do manejo de irrigação nos parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de leiteira, aos sete e 14 dias após aplicação do tratamento. FAEM/UFPEL, Capão do Leão, 2018.

Manejo de irrigação	A ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		Gs ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		Ci ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ )	
	Dias após a aplicação do tratamento					
	7	14	7	14	7	14
CC <sup>1</sup>	13,63 a <sup>2</sup>	18,58 a	0,64 a	0,60 a	295,15 a	286,11 ab
Intermitente	2,40 b	13,81 b	0,03 b	0,09 b	277,30 a	343,65 a
Lâmina	2,67 b	14,01 b	0,02 b	0,37 a	133,63 b	203,02 b
CV(%)	31,51	26,82	11,69	10,28	38,63	39,16
	E ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		CE ( $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ )		EUA ( $\mu\text{mol CO}_2 [\text{mmol H}_2\text{O}]^{-1}$ )	
CC	4,35 a	10,73 a	0,046 a	0,068 b	4,14 b	1,77 b
Intermitente	0,43 b	2,31 c	0,026 b	0,048 b	5,46 ab	6,62 a
Lâmina	0,45 b	6,61 b	0,013 b	0,180 a	6,20 a	2,89 b
CV(%)	24,66	15,60	0,88	4,00	32,26	39,46

<sup>1</sup>CC: capacidade de campo. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Analisando os resultados gerais para as quatro espécies, determinou-se a capacidade de sobrevivência ao estresse por alagamento para capim-amargoso, capim-massambará e leiteira, a qual pode estar relacionada ao desenvolvimento de raízes adventícias como mecanismos de adaptação, uma vez que, no final do ciclo, detectou-se essa alteração morfológica em todas as repetições dos tratamentos intermitente e lâmina para as três espécies. As raízes adventícias atuam como drenos de fotoassimilados, mantendo em funcionamento o aparato fotossintético, através da reabertura dos estômatos e o fluxo da transpiração, mesmo em condições de alagamento, sendo característica associada a espécies tolerantes a inundação (SAUTER, 2013; KISSMANN et al., 2014). Resultados similares foram reportados para *Styrax pohlilii*, com formação de raízes adventícias apenas 15 dias após início do alagamento (KISSMANN et al., 2014).

As espécies que sobrevivem ao estresse por alagamento conseguem manter um balanço positivo de carbono, e, parte da estratégia é reduzir o crescimento e

desenvolvimento como resposta para utilizar um metabolismo de baixo custo energético (KISSMANN et al., 2014). Neste sentido, no geral, as plantas poáceas apresentaram maior tolerância ao estresse por alagamento, apresentando menores alterações nas trocas gasosas, especialmente o capim-massambará. Ainda, plantas tolerantes podem mudar o metabolismo da respiração aeróbica para via de fermentação alcoólica, como mecanismo adaptativo para sobrevivência sob condições anaeróbicas, como ocorre com *Cyperus rotundus* (PEÑA-FRONTERRAS et al., 2009).

#### 4.3.2 Estresse oxidativo e permeabilidade da membrana

Analisando a permeabilidade da membrana celular em plantas de capim-amargoso, não verificou-se significância estatística para as variáveis EC, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e TBARS (Tabela 29 e Anexo G).

Pode-se inferir através desses resultados que, o capim-amargoso não apresentou danos na membrana e tecido celular, independentemente do tipo de irrigação, portanto, evidenciando estabilidade da membrana e tolerância ao estresse oxidativo imposto pelo alagamento, uma vez que, não houve diferenças no acúmulo de espécies reativas de oxigênio e do ácido tiobarbitúrico e EC, os quais são parâmetros amplamente utilizados para determinar a tolerâncias das espécies ao alagamento (CELIK; TURHAN, 2011). Resultados similares foram reportados para batata doce e laranjeira sob condições de alagamento (LIN et al., 2008; HOSSAIN et al., 2009). (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (mM/g) e TBARS (nM MDA g<sup>-1</sup> de MF)

Tabela 29 - Extravasamento celular (EC - %), peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (mM/g) e TBARS (nM MDA g<sup>-1</sup> de MF), extraído de folhas de capim-amargoso em resposta a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Manejo de irrigação	EC		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		TBARS	
	Dias após a aplicação do tratamento					
	7	14	7	14	7	14
CC <sup>1</sup>	38,98 <sup>ns2</sup>	38,43 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	25,69 <sup>ns</sup>	19,27 <sup>ns</sup>
Intermitente	38,90	36,80	1,41	1,04	23,54	18,90
Lâmina	38,10	37,66	1,05	0,79	20,64	16,23
CV(%)	3,49	5,29	16,86	13,60	11,82	11,08

<sup>1</sup>CC: capacidade de campo. <sup>2</sup>Não significativo pelo teste F (p≤0,05). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Com relação às variáveis do estresse oxidativo para o capim-massambará, detectou-se efeito simples aos sete DAT apenas para a variável EC, onde o tratamento CC foi inferior 10 e 5% a intermitente e lâmina, respectivamente (Tabela 30 e Anexo G).

Embora capim-massambará seja reportado como espécie sensível ao alagamento (WARING; MARICLE, 2012), os resultados desta pesquisa evidenciaram o contrário, uma vez que, não verificou-se diferenças para as variáveis  $H_2O_2$  e TBARS, e, o efeito no EC somente foi observado na primeira avaliação. Nas plantas sensíveis ao alagamento há o incremento de estresse oxidativo, ocasionado pelo aumento das EROs, o qual ocasiona na peroxidação lipídica, danos na membrana e consequentemente maior extravasamento celular (LI et al., 2013). Desta forma pode-se inferir que o capim-massambará não apresentou danos celulares no tecido foliar devido ao estresse por alagamento, evidenciando, tolerância de esta espécie para essas condições.

Tabela 30 - Extravasamento celular (EC - %), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (mM/g) e TBARS (nM MDA  $g^{-1}$  de MF), extraído de folhas de capim-massambará em resposta a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Manejo de irrigação	EC		$H_2O_2$		TBARS	
	Dias após a aplicação do tratamento					
	7	14	7	14	7	14
CC <sup>1</sup>	35,50 b <sup>2</sup>	37,38 <sup>ns3</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	8,14 <sup>ns</sup>	6,23 <sup>ns</sup>
Intermitente	39,25 a	35,47	0,50	0,38	12,53	9,52
Lâmina	37,48 a	35,46	0,39	0,35	10,62	6,91
CV(%)	5,09	7,14	35,53	34,48	39,42	37,73

<sup>1</sup>CC: capacidade de campo. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ). <sup>3</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Com relação aos danos no tecido foliar ocasionados pelo estresse oxidativo em caruru-de-mancha, verificou-se efeito significativo do tratamento irrigação para as variáveis EC e  $H_2O_2$  aos sete DAT, uma vez que, as plantas não sobreviveram até a segunda avaliação (Tabela 31 e Anexo G). Para a EC, verificou-se valores maiores para o tratamento Intermitente, sendo estes 5% superiores com relação a CC; enquanto, para  $H_2O_2$ , os valores de CC foram inferiores em 38 e 28% com relação a Intermitente e lâmina, respectivamente, não havendo diferença entre eles.

A formação de EROs como  $H_2O_2$  causados pelo alagamento provocam sérios danos nos tecidos celulares, na permeabilidade das membranas, e, aumentam a peroxidação lipídica e extravasamento celular (BALAKHNINA et al., 2010; CHUGH et al., 2012). Ainda, períodos de inundação intermitentes podem acarretar em acúmulo de EROs, uma vez que, após um período de alagamento, a produção de EROs é contínua, podendo ser até maior, como foi reportado para frutas cítricas e *Vicia faba* major L. cv. Bartom (HOSSAIN et al., 2009; BALAKHNINA et al., 2010), e, conforme a tendência observada nesta pesquisa. Após o período de alagamento, há rápida reativação do metabolismo celular, acompanhado de transporte acelerado de elétrons mitocondriais para o oxigênio, o que estimula alta produção de EROs, e, por conseguinte, o dano oxidativo (BALAKHNINA et al., 2010).

Claramente os resultados desta pesquisa demonstraram alta sensibilidade de caruru-de-mancha ao alagamento, mesmo sob lâmina de irrigação intermitente. A tolerância ao alagamento difere amplamente entre as espécies, depende dos regimes de inundação, e das alterações morfológicas e fisiológicas que permitem manter em funcionamento o aparato fotossintético (VOESENEK; BAILEY-SERRES, 2013). Ainda, a tolerância é relacionada com um eficiente sistema enzimático antioxidante, composto principalmente, pelas enzimas superóxido dismutase (SOD), a ascorbato peroxidase (APX) e a catalase (CAT), que atuam na remoção dos EROs (MESSCHMIDT et al., 2015), sendo provavelmente, limitada a atividade destas enzimas para remover EROs em condições de alagamento, uma vez que, genótipos de milho sensíveis ao alagamento mostraram menor atividade dessas enzimas (BIN et al., 2010).

Tabela 31 - Extravasamento celular (EC - %), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (mM/g) e TBARS (nM MDA  $g^{-1}$  de MF), extraído de folhas de caruru-de-mancha em resposta a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Irrigação	EC	$H_2O_2$	TBARS
CC <sup>1</sup>	38,73 b <sup>2</sup>	0,31 b	21,80 <sup>ns3</sup>
Intermitente	40,71 a	0,50 a	20,52
Lâmina	38,62 b	0,43 a	14,71
CV(%)	3,68	3,50	25,91

<sup>1</sup>CC: capacidade de campo. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo teste Duncan ( $p \leq 0,05$ ). <sup>3</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Ao analisar o estresse oxidativo no tecido foliar de plantas de leiteira submetidas a diferentes manejos de irrigação, verificou-se efeito simples dos tratamentos apenas para a variável TBARS aos sete e 14 DAT (Tabela 32 e Anexo G). Assim, aos sete DAT o tratamento CC e intermitente apresentaram em média valor 28% inferior a lâmina, e, a tendência aos 14 DAT foi similar, sendo as diferenças de 19 e 26% para CC e intermitente, com relação a lâmina, respectivamente, evidenciando danos no tecido foliar ocasionados pela condição de inundação.

Resultados similares foram relatados para *Vicia faba major* L., onde 13 dias após alagamento contínuo, foi observado valores similares de conteúdo de TBARS, indicando os danos no tecido (BALAKHNINA et al., 2010). Contudo, nesta pesquisa não foram verificadas diferenças entre os tratamentos CC e Intermitente (Tabela 32), sugerindo tolerância moderada de leiteira ao alagamento, uma vez que, a intermitência de inundação não provocou danos significativos nas membranas celulares ou tecido foliar (BANACH et al., 2009).

Salienta-se que, para as variáveis EC e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> não foi verificada significância, confirmando o nível de tolerância, pois esses parâmetros são utilizados para determinar o grau de tolerância das espécies ao estresse por alagamento (SIMOVA-STOILOVA et al., 2012). Possivelmente, a resposta do sistema antioxidante foi eficiente, pela atividade das enzimas de SOD, CAT e APX, nas folhas e raízes, atuando como sistema de defesa, através da remoção dos EROs provocados durante o alagamento e evitar danos celulares (BALAKHNINA, 2015).

Tabela 32 - Extravasamento celular (EC - %), peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (mM/g) e TBARS (nM MDA g<sup>-1</sup> de MF), extraído de folhas de leiteira em resposta a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Manejo de irrigação	EC		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		TBARS	
	Dias após a aplicação do tratamento					
	7	14	7	14	7	14
CC <sup>1</sup>	37,96 <sup>ns2</sup>	38,82 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	28,57 b <sup>3</sup>	22,67 b
Intermitente	38,10	39,15	0,75	0,56	28,86 b	21,65 b
Lâmina	38,57	38,68	0,74	0,54	39,67 a	27,88 a
CV(%)	3,55	5,16	5,42	4,36	8,78	10,80

<sup>1</sup>CC: capacidade de campo. <sup>2</sup>Não significativo pelo teste F (p≤0,05). <sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente pelo teste Duncan (p≤0,05). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

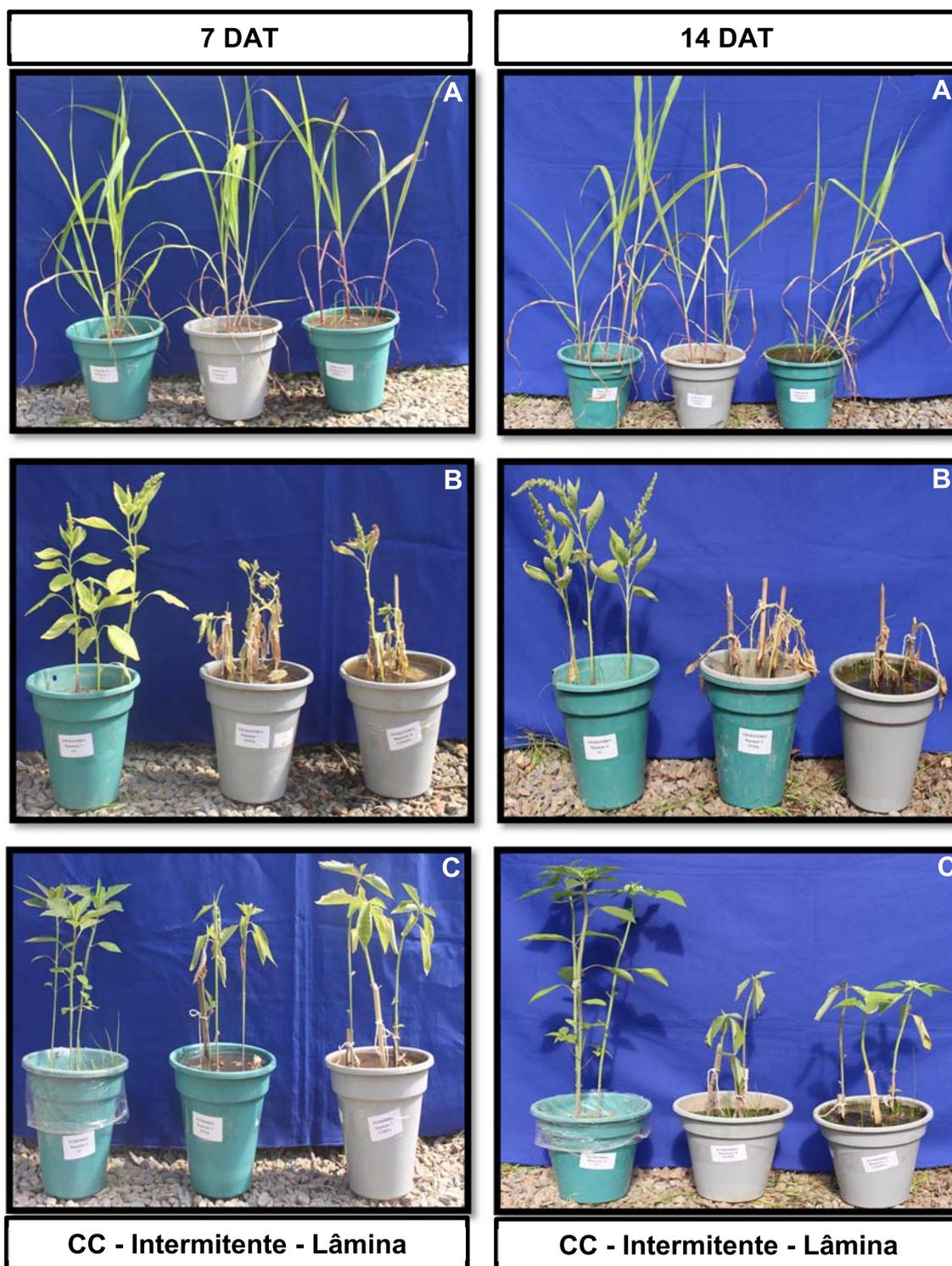


Figura 6. Plantas de capim-massarabá (A), caruru-de-mancha (B) e leiteira (C) submetidas a manejos de irrigação de capacidade de campo (CC), e, lâmina de água intermitente ou contínua durante sete e 14 dias. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

### 4.3.3 Qualidade das sementes produzidas

Com relação à qualidade fisiológica das sementes produzidas pelo capim-amargoso sob estresse por alagamento, não foi verificada significância para as variáveis PCG, G, PA, SM e PMS; enquanto, as variáveis IVG, CR, CPA, MST e NSP, apresentaram diferenças entre os tratamentos (Tabela 33 e Anexo H). Esses resultados evidenciaram alta capacidade germinativa (mínima de 90%), independente do tipo de irrigação, indicando que o alagamento não afetou a produção de sementes de alta viabilidade. Resultados similares foram reportados para sementes de milho oriundas de plantas submetidas a alagamento, onde não foram observadas diferenças no teste de germinação, no entanto, foram detectadas diferenças na produtividade, e, nos testes de vigor, CPA e massa seca (MONTEIRO et al., 2016), conforme observado nesta pesquisa.

Com relação às variáveis de vigor, verificou-se para IVG que, os valores dos tratamentos intermitente e lâmina foram em média 23% superiores a CC; enquanto, para CR, o tratamento CC apresentou comprimento 26% inferior a intermitente (Tabela 33). Já, para CPA o tratamento intermitente foi 14% superior a lâmina, não havendo diferenças de ambos os tratamentos com CC. Para MST detectou-se maior valor para intermitente quando comparado aos demais tratamentos, sendo esta diferença em média 21%.

Os testes de vigor em capim-amargoso evidenciaram superioridade das sementes e plântulas oriundas do tratamento intermitente quando comparado com CC (Tabela 33). Provavelmente, a quantidade de fotoassimilados disponíveis para formação de cada semente das plantas do tratamento intermitente foi maior, uma vez que, no tratamento CC, a produtividade de sementes planta<sup>-1</sup> foi 72%, indicando, portanto, maior quantidade de drenos para distribuir os fotoassimilados. Contudo, as perdas na produtividade nos tratamentos intermitente e lâmina, podem ter ocorrido porque o alagamento iniciou em estágio vegetativo, e, sabe-se que, os componentes de rendimento podem ser prejudicados quando ocorrem estresses durante essa fase de desenvolvimento, alterando o número de sementes e conseqüentemente a produtividade (DE SOUSA et al., 2009).

Tabela 33 - Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST), peso de mil sementes (PMS) e número de sementes planta<sup>-1</sup> de capim-amargoso em função do manejo de irrigação: capacidade de campo, intermitente e lâmina. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Manejo de irrigação	PCG (%)	G (%)	PA (%)	SM (%)	IVG
CC <sup>1</sup>	83 <sup>ns2</sup>	91 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>	6 <sup>ns</sup>	8,08 b <sup>3</sup>
Intermitente	80	90	4	6	10,25 a
Lâmina	79	90	3	7	10,68 a
C.V. (%)	12,40	3,34	28,11	12,89	17,06
	CR (cm planta <sup>-1</sup> )	CPA (cm planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )	PMS (g)	NSP (unidades planta <sup>-1</sup> )
CC	1,18 b	1,54 ab	0,27 b	0,73 <sup>ns</sup>	325 a
Intermitente	1,60 a	1,71 a	0,34 a	0,66	90 b
Lâmina	1,34 ab	1,48 b	0,25 b	0,71	100 b
C.V. (%)	23,49	11,19	2,00	9,78	43,04

<sup>1</sup>Capacidade de campo; <sup>2</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ); <sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando manejos de irrigação, não diferem pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Embora, os resultados das trocas gasosas nesta pesquisa para capim-amargoso evidenciam certa sensibilidade ao alagamento, os resultados de danos pelo estresse oxidativo não mostraram prejuízo dos tratamentos de irrigação, revelando tolerância moderada desta espécie ao alagamento, sem afetar gravemente o aparato fotossintético para produzir energia suficiente para formação das sementes. No entanto, dependendo da espécie e o tipo de estresse, podem ocorrer alterações na preferência do dreno metabólico (GEHLLING et al., 2015). Assim, para centeio foi reportado que, o alagamento de tipo intermediário (dois períodos de alagamento de três dias cada) pode direcionar maior quantidade de fotoassimilados para formação de raízes, e ainda, na fase reprodutiva pode acumular maior matéria seca comparativamente a condições de alagamento por períodos (PEDÓ et al., 2015), conforme verificado nesta pesquisa, onde a maior disponibilidade de fotoassimilados proporcionou a produção de semente de elevado vigor para o tratamento intermitente.

No caso de capim-massambará, quando avaliada a qualidade de sementes, somente foi verificada significância para as variáveis IVG e PMS (Tabela 34 e Anexo H). Assim, para IVG verificou-se que, o tratamento CC apresentou em média um índice 37% maior aos demais tratamentos; enquanto, para PMS, o tratamento CC foi

superior a lâmina em 26% . Resultados similares foram observados em milho, onde houve redução do PMS conforme se incrementou o período de alagamento (MONTEIRO et al., 2016). Para essa espécie, possivelmente, a condição de alagamento limitou a produção de fotoassimilados, uma vez que, o PMS é um atributo físico das sementes relacionado com os assimilados alocados durante o desenvolvimento da planta (VENSKE et al., 2015).

Tabela 34 - Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes dormentes (SD), tetrazolio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST), peso de mil sementes (PMS) e número de sementes planta<sup>-1</sup> de capim-massambará em função do manejo de irrigação: capacidade de campo, intermitente e lâmina. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Manejo de irrigação	PCG (%)	G (%)	PA (%)	SD (%)	TZ (%)	IVG
CC <sup>1</sup>	84 <sup>ns2</sup>	89 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>	8 <sup>ns</sup>	98 <sup>ns</sup>	4,67 a <sup>3</sup>
Intermitente	87	90	3	7	97	3,38 b
Lâmina	85	89	3	8	97	2,54 b
C.V. (%)	6,95	3,26	29,18	25,71	1,66	34,90
	CR (cm planta <sup>-1</sup> )	CPA (cm planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )	PMS (g)	NSP (unidades planta <sup>-1</sup> )	
CC	2,15 <sup>ns</sup>	3,50 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	4,36 a	118 <sup>ns</sup>	
Intermitente	2,34	3,29	1,47	3,98 ab	84	
Lâmina	2,18	3,33	1,51	3,25 b	78	
C.V. (%)	47,27	32,86	13,23	18,62	58,65	

<sup>1</sup>Capacidade de campo; <sup>2</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ); <sup>3</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando manejos de irrigação, não diferem pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Embora, diversas pesquisas tem reportado perda da qualidade fisiológica das sementes devido ao alagamento, em espécies como soja, canola, feijão e trigo (LUDWIG et al., 2015; XU et al., 2015, PEDÓ et al., 2016; PEDÓ et al., 2018), as diferenças de vigor nesta pesquisa não foram notórias, e, ainda, verificou-se alta G (superior a 89%) e TZ (superior a 97%), independente do tratamento (Tabela 34). Portanto, similarmente ao capim-amargoso, a tolerância ao alagamento exibida pelo capim-massambará nas variáveis referentes as trocas gasosas e os danos do estresse oxidativo, permite inferir que, o alagamento não afetou a disponibilidade de fotoassimilados para a formação e enchimento das sementes. Alterações no aparato fotossintético e o aumento de EROs, podem reduzir o volume de raízes pela oxidação de lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, impactando a absorção de

nutrientes, e, conseqüentemente, na quantidade de fotoassimilados (PEDÓ et al. 2015).

Com relação à qualidade das sementes produzidas por leiteira, foi observado significância para as variáveis PCG, G, SD, TZ, IVG, CPA, MST e NSP (Tabela 35 e Anexo H). Assim, o tratamento intermitente apresentou valores superiores de germinação quando comparado com lâmina, sendo as diferenças de nove e 5% para PCG e G, respectivamente, e, não havendo diferenças de ambos os tratamentos com CC. A inferioridade do tratamento lâmina, para essas duas variáveis ocorreu devido à presença de sementes dormentes remanescente do teste de germinação, as quais exibiram alta viabilidade (94%).

Tabela 35 - Primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), sementes dormentes (SM), tetrazolio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca total (MST), peso de mil sementes (PMS) e número de sementes planta<sup>-1</sup> de leiteira em função do manejo de irrigação: capacidade de campo, intermitente e lâmina. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.

Manejo de irrigação	PCG (%)	G (%)	PA (%)	SM (%)	SD (%)	TZ (%)
CC <sup>1</sup>	89 ab <sup>2</sup>	94 ab	1 <sup>ns3</sup>	5 <sup>ns</sup>	0 b	"0" b
Intermitente	94 a	95 a	1	4	0 b	"0" b
Lâmina	86 b	90 b	1	5	4 a	75 a
C.V. (%)	6,34	3,62	38,80	28,60	18,39	9,12
	IVG	CR (cm planta <sup>-1</sup> )	CPA (cm planta <sup>-1</sup> )	MST (g planta <sup>-1</sup> )	PMS (g)	NSP (unidades planta <sup>-1</sup> )
CC	17,78 a	4,64 <sup>ns</sup>	4,18 a	5,04 a	7,98 <sup>ns</sup>	71 a
Intermitente	14,47 b	4,96	3,68 ab	4,97 a	7,38	18 b
Lâmina	15,91 ab	4,53	3,12 b	4,56 b	7,87	12 b
C.V. (%)	14,41	18,25	15,50	7,36	13,77	19,67

<sup>1</sup>Capacidade de campo; <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando manejos de irrigação, não diferem pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ); <sup>3</sup>Não significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Cada média representa valores de duas estações de cultivo (safras 2016/17 e 2017/18).

Salienta-se que, independente do tipo de irrigação, a capacidade germinativa das sementes de leiteira foi alta (superior a 86%), indicando que não ocorreu efeito prejudicial do alagamento na viabilidade das sementes (Tabela 35). Resultados similares foram observados em várias cultivares de soja submetidas ao alagamento em solo de terras baixas (LUDWIG et al., 2015). No entanto, deve-se ressaltar que, estresses abióticos durante o desenvolvimento das plantas podem afetar a formação adequada das sementes, porém, sem afetar a viabilidade (JISHA; VIJAYAKUMARI;

PUTHUR, 2013), sendo, portanto, necessário a utilização de testes de vigor, os quais são mais sensíveis para determinar a qualidade de um lote de sementes ou prejuízo de um tratamento no desempenho real das sementes em condições desfavoráveis de campo (SILVA et al., 2015).

Analisando as variáveis de vigor para leiteira, verificou-se para IVG que, o tratamento CC foi 19% superior ao intermitente, e, 25% maior do que o tratamento lâmina para a variável CPA. Já, para MST o peso de CC foi 10% superior a lâmina; enquanto, para NSP, verificou-se em média, 41 sementes a mais por planta para o tratamento CC (Tabela 35). Esses resultados evidenciaram a redução do vigor das sementes quando as plantas foram submetidas à irrigação de tipo intermitente ou lâmina contínua.

O comportamento observado no vigor de sementes de leiteira, juntamente com os resultados de trocas gasosas e estresse oxidativo ressaltam à tolerância moderada a condição de alagamento, uma vez que, mesmo as espécies que apresentam certa tolerância ao alagamento são afetadas pela hipóxia na raiz, causando decréscimos na taxa fotossintética e o transporte de fotoassimilados para a formação das sementes (YAMBUROV et al., 2014). As alterações fisiológicas causadas pelo alagamento acarretam em desequilíbrios nutricionais que afetam a qualidade e quantidade de pólen, devido as modificações das concentrações de substâncias dissolvidas no fluido locular das anteras, sendo essa fase crítica para o desenvolvimento de pólen viável para a fertilização (KHANDURI, 2011).

No geral, nesta pesquisa, as espécies poáceas apresentaram maior tolerância ao estresse por alagamento em solo de terras baixas, principalmente, o capim-massambará, que desenvolveu raízes adventícias, as quais permitiram manter em equilíbrio o aparato fotossintético, e, translocar fotoassimilados de maneira adequada para produzir sementes em quantidade e qualidade próximas do tratamento padrão (CC). Entretanto, observou-se para a espécie caruru-de-mancha, classificada como eudicotiledônea, alta sensibilidade ao alagamento, evidenciando alterações nas trocas gasosas, aumento do estresse oxidativo, e, graves danos na permeabilidade de membrana celular, provocando a morte das plantas. Contudo, capim-amargoso e leiteira apresentaram tolerância moderada ao alagamento, uma vez que, mesmo com danos na membrana ou tecido celular, as plantas conseguiram se recuperar, sobreviver e reproduzir.

#### 4.4 Conclusões

A qualidade das sementes de capim-amargoso não é afetada pela condição de alagamento, no entanto, considera-se a espécie de tolerância moderada, devido à perda em produtividade, uma vez que, o alagamento altera os parâmetros das trocas gasosas e a permeabilidade da membrana celular.

O capim-massambará possui tolerância ao alagamento, que permite manter o aparato fotossintético praticamente normal e produzir sementes de elevada qualidade fisiológica.

O estresse por alagamento (intermitente ou lâmina) causa a morte de plantas de caruru-de-mancha, em período de exposição menor a 14 dias, ocorrendo alto incremento do estresse oxidativo e danos na permeabilidade da membrana celular.

A leiteira é considerada espécie de tolerância moderada ao alagamento em terras baixas, uma vez que, a produtividade, vigor e qualidade das sementes são prejudicadas pela irrigação contínua, bem como as mudanças nas trocas gasosas e aumento da peroxidação lipídica.

## **5 CAPÍTULO IV – Longevidade e persistência do banco de sementes de *Digitaria insularis*, *Sorghum halepense*, *Amaranthus viridis* e *Euphorbia heterophylla* em solo de terras baixas**

### **5.1 Introdução**

A importância da cultura da soja em regiões de terras baixas tem se expandido recentemente como alternativa de rotação de cultura com o arroz irrigado, para facilitar o controle de arroz-daninho e capim-arroz, principais plantas daninhas deste ambiente (AGOSTINETTO et al., 2009). No entanto, com a introdução de soja nestas regiões, há possibilidade de plantas daninhas comuns de terras altas se adaptarem as novas condições ambientais e se tornarem futuros problemas.

A interferência das plantas daninhas em qualquer atividade agrícola pode ocasionar danos consideravelmente altos e comprometer a rentabilidade do agronegócio (OWEN, 2016). A produtividade da soja pode ser reduzida em 44, 88, 91 ou 11% pela competição com *D. insularis* (GAZZIERO et al., 2012), *S. halepense* (RIAR et al., 2011), *A. palmari* (BENSCH; HORAK; PETERSON, 2003) ou *E. heterophylla* (MESCHÉDE et al., 2002), respectivamente. Assim, o controle de plantas daninhas é prática de elevada importância para garantir altas produtividades (SHANERA; BECKIE, 2014) e a viabilidade do agronegócio.

Tradicionalmente o controle químico tem sido utilizado por muitos anos com eficiência para o controle das plantas daninhas, devido a sua praticidade, eficiência, flexibilidade, controle efetivo nas linhas de cultivo, aplicabilidade em grandes áreas, elevada produtividade operacional e baixa demanda de mão de obra (CHAUHAN; SINGH; MAHAJAN, 2012). Porém, seu uso incorreto está ocasionando novos problemas para a agricultura, como a resistência das plantas daninhas aos

herbicidas. Por isso, a adoção do manejo integrado de plantas daninhas (MIPD), através de vários métodos de controle: físicos, culturais, mecânicos, biológicos e químicos, são essenciais para diminuir os problemas de resistência e evitar a introdução e/ou adaptação de plantas daninhas em novas regiões e assim, diminuir os efeitos negativos na produtividade das culturas (OWEN, 2016).

Estudos sobre viabilidade e longevidade do banco de sementes de plantas daninhas no solo permitem determinar a capacidade de sobrevivência e persistência da espécie a diferentes ambientes e manejos, auxiliando na tomada de decisões para o planejamento do MIPD (CARVALHO; LÓPEZ; CHRISTOFFOLETI, 2008). Neste sentido, pesquisa demonstrou que através de sistemas de semeadura com pouco distúrbio do solo há maior exposição das sementes a condições desfavoráveis que aumentam a deterioração, e, reduzem, portanto, a longevidade (CHAUHAN; SINGH; MAHAJAN, 2012). Ainda, a prática de rotação de culturas altera a densidade e composição do banco de sementes, sendo reportadas reduções do banco em sistemas de rotações soja/milho e trigo/beterraba, diminuindo, principalmente, a viabilidade das sementes de *Conyza canadensis* e gramíneas, respectivamente (DAVIS et al., 2009; KOOCHEKI et al., 2009).

Diversas pesquisas relatam formas para estudar e reduzir a viabilidade do banco de sementes através de sistemas de semeadura (SINGH; BHULLAR; CHAUHAN, 2015), aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência da cultura (DAVIS et al., 2009), manejo pós-colheita (MASSONI et al., 2013) e profundidade de enterrio das sementes das plantas daninhas (CHAUHAN, 2012). No entanto, estudos de plantas daninhas de terras altas, como capim-amargoso (, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, e, relacionados à viabilidade e sobrevivência do banco de sementes em terras baixas são escassos, mas de grande relevância. Esses estudos permitem determinar o potencial de colonização dessas plantas daninhas em terras baixas e estabelecer medidas preventivas de controle para evitar infestações que possam interferir nas culturas.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar a longevidade e persistência do banco de sementes das espécies de plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, após o cultivo sucessivo de arroz irrigado e azevém em solo de terras baixas durante três anos.

## 5.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em campo, na área experimental do Centro de Herbologia da Universidade Federal de Pelotas (CEHERB/UFPel), no município de Capão do Leão, RS (31°80'07"S e 52°48'21"O), entre dezembro de 2015 e dezembro de 2018. Os testes para avaliar a qualidade das sementes foram conduzidos no Laboratório Didático de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPel).

No experimento foram utilizadas sementes de capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira. O experimento foi conduzido em delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por 13 épocas de coleta (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33 e 36 meses). Cada unidade experimental foi composta por saquinho feito de malha de nylon (10 x 10 cm), no qual foram acondicionadas 100 sementes distribuídas em 70 g de solo de terras baixas, classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013).

Os saquinhos foram alocados a profundidade de 2 cm sendo a camada de solo removida e repostada na sua condição original. Após instalação dos sacos foi semeado arroz e realizado o seu manejo segundo as indicações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2014). Após a colheita do arroz foi semeado azevém como cultura hibernal, sendo este manejo realizado nas duas estações de crescimento subsequentes.

Para avaliar a qualidade das sementes de cada espécie, foram realizadas coletas a cada três meses, pelo período de 36 meses. Em cada coleta foram extraídas as sementes do saco através de lavagem da amostra com o auxílio de borrifador em conjunto de peneiras com tamanhos de 16, 32 e 60 mesh. Para capim-amargoso, caruru-de-mancha e leiteira foi recolhido o material retido nas peneiras de 16 e 32 mesh, enquanto para capim-massambará foi utilizado somente à peneira de 16 mesh. Após lavagem a amostra foi deixada em papel filtro para secar por período de 24 horas, sendo então avaliada em estereoscópio de luz para extrair as sementes remanescentes, as quais foram colocadas em água destilada por dois minutos e submetidas ao teste de germinação para determinar sua qualidade, conforme descrito nos Capítulos I e II.

As variáveis avaliadas neste experimento foram: sementes remanescentes (SR), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM), sementes dormentes (SD) (na última contagem de germinação), sendo os resultados expressos em porcentagem. A SR foi calculada baseando-se no número inicial de 100 sementes por repetição, enquanto as G, PA, SM e SD foram calculadas baseando-se no número de sementes remanescentes.

Após a finalização do teste de germinação foi verificada a viabilidade das sementes dormentes (TZ) através do teste de tetrazolio com o sal 2, 3, 5 trifenil cloreto de tetrazolio a 1,0 %, onde foi considerada semente viável aquela que apresentou cor rosa ou carmim na semente. Para isso as sementes foram colocadas na solução de tetrazolio, em recipiente de vidro transparente e fechado com papel alumínio, para evitar a entrada de luz por 24 horas a temperatura de  $\pm 30^{\circ}$  C (BRASIL, 2009). A porcentagem de TZ foi calculada baseada no número de sementes dormentes do teste de germinação. Ainda, foi calculada a porcentagem de persistência (PER) a partir do somatório do número de plântulas normais, anormais e sementes viáveis, baseado no número original de 100 sementes por repetição.

Os dados foram analisados quanto à normalidade e, posteriormente, submeteram-se os mesmos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância estatística realizou-se análise de regressão para as épocas de coleta, com auxílio do programa SigmaPlot 10.0 (SIGMAPLOT, 2007). O maior valor de  $R^2$  foi o critério utilizado para definir o ajuste dos dados.

Os dados das variáveis SR e PER, foram ajustados à equação de regressão do tipo exponencial decrescente:

$$y = y_0 + a \cdot e^{(-b \cdot x)}$$

onde:  $y$  = variável resposta de interesse;  $x$  = épocas de coleta;  $e$  = função exponencial;  $y_0$  = é o intercepto (valor da resposta para  $x=0$ );  $a$  = diferença entre os pontos máximo e mínimo da variável e  $b$  = declividade da curva.

Os dados das variáveis PCG, G, TZ e SD foram ajustados a equação de regressão de tipo polinomial linear foi a mais adequada:

$$y = a + bx$$

onde:  $y$  = variável resposta de interesse;  $x$  = épocas de coleta;  $a$  = é o intercepto ou coeficiente linear e  $b$  = representa a inclinação da reta.

Estimou-se a variação no tempo (meses) do estado das sementes no solo, a partir das médias das variáveis: G, PA, mortalidade (M) que correspondeu ao

somatório de SM e sementes dormentes inviáveis (SDI), SDV, e, predação ou deterioração (PD).

### 5.3 Resultados e Discussão

Para a variável SR observou-se diferenças entre as épocas de coleta para as quatro espécies (Figura 7 e Anexo I). No caso de PCG, G, SD, TZ e PER diferenças foram verificadas somente em capim-massambará e caruru-de-mancha, uma vez que, capim-amargoso a partir dos três meses e leiteira aos seis meses não apresentaram mais SR.

Para a variável SR verificou-se diminuição na porcentagem conforme aumentou a época de coleta, sendo que os dados se ajustaram à equação de regressão exponencial decrescente (Figura 7). Para capim-amargoso e leiteira não foram verificadas sementes após a primeira safra de arroz (junho/2016), enquanto, as outras espécies apresentaram sementes até final do experimento. Capim-massambará mostrou queda constante na porcentagem de sementes até 9,4% na última contagem, e, caruru-de-mancha apresentou diminuição a partir dos seis meses até 30%, se mantendo constante esse valor até final do experimento. Esses resultados evidenciam maior tolerância das sementes de capim-massambará e caruru-de-mancha ao estresse por alagamento, configurando-as como problemas de potencial infestação em áreas de terras baixas.

A principal fonte de infestação das plantas daninhas é o banco de sementes, o qual pode reduzir sua densidade de acordo com a germinação, emigração, perda de viabilidade e/ou predação. No caso das espécies estudadas, todas podem ter apresentado perdas decorrentes das causas citadas anteriormente, no entanto, para capim-amargoso e leiteira, o processo de redução do banco foi acelerado provavelmente devido à composição química do tegumento, o qual permitiu a entrada de grande quantidade de água na semente, o que provoca rápida deterioração. A tolerância das sementes ao alagamento pode estar relacionada à composição química do tegumento, que permite a absorção de água, sendo que pigmentos como melanina, podem reduzir os danos por embebição devido à absorção lenta de água, como foi observado em *Brassica napus L.* (ZHANG et al., 2008).

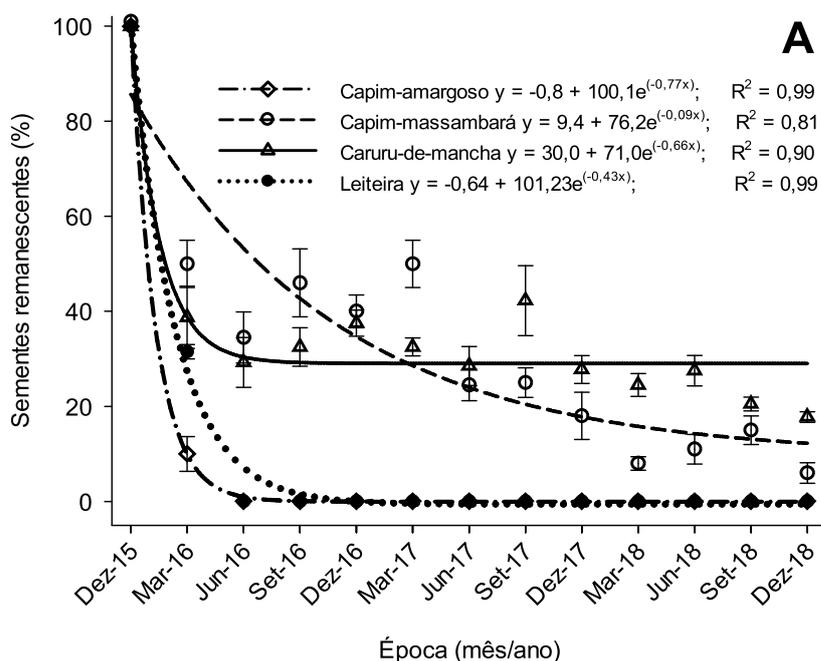


Figura 7 - Porcentagem de sementes remanescentes em capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, em função da época de coleta (mês/ano). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.

Em relação às variáveis PCG e G, verificou-se que os dados para capim-massambará se ajustaram à equação de regressão polinomial de tipo linear (Figura 8 A-B). Assim, para ambas as variáveis, houve redução de 0,30 e 0,77%, em cada época de coleta para G e PCG, respectivamente. Pesquisa confirmou que a dormência das sementes de capim-massambará é do tipo primária, decorrente de mecanismo físico (KRENCHINSKI et al., 2015), todavia os resultados deste estudo evidenciam possível caso de dormência secundária nesta espécie, em razão que, espécies que apresentam dormência primária podem desenvolver dormência secundária em resposta a condições desfavoráveis de germinação (CORBINEAU, et al., 2014), como o alagamento.

Analisando as mesmas variáveis para caruru-de-mancha, apenas houve ajuste dos dados à equação de regressão linear para G, onde para cada época de coleta a germinação aumentou 1,39%, até atingir valores de 100% nas últimas épocas (Figura 8 A-B). Embora para PCG não houve ajuste dos dados aos modelos, a tendência foi o incremento da porcentagem, de modo similar a G, demonstrando alta germinação mesmo três anos depois do enterrio. Essa resposta pode estar relacionada a efeito de quiescência nesta espécie, onde um ou mais fatores limitam

a germinação no campo, mas em condições ideais, como em laboratório, permitem a germinação (LEFEBVRE; LEBLANC; WATSON, 2017).

Um fator que pode ter impedido a germinação de caruru-de-mancha é a luz, em função desta desempenhar papel fundamental na superação de dormência de sementes de plantas daninhas (JHA et al., 2010). Em estudo também com caruru-de-mancha constatou-se gradiente negativo de emergência conforme aumentou a profundidade de enterrio, com valores de apenas 20% na profundidade de dois centímetros sugerindo dependência de luz para a germinação (CHAUHAN; JOHNSON, 2009). No entanto, existe controvérsia sobre o comportamento desta espécie em relação à luz, pois outro estudo classificou a espécie como fotoblástica neutra (CARVALHO e CHRISTOFFOLETI, 2007), portanto, outro fator pode estar envolvido na quiescência de caruru-de-mancha e precisa ser estudado.

Com relação às SD para capim-massambará, observou-se que os dados se ajustaram ao modelo de regressão de tipo linear, sendo detectado aumento de 0,88% em cada época de avaliação (Figura 8 C), e, apresentando viabilidade até o final do experimento (Figura 8 D). Embora, o ajuste dos dados para as SD foi baixo ( $R^2 = 0,41$ ), as medias observadas são superiores a 60%, evidenciando alto grau de dormência para essa espécie. Ainda, através dos resultados, das variáveis PCG e G, pode-se confirmar a dormência secundária nas sementes de capim-massambará em solo de terras baixas, em razão da redução de germinação de 62% para 10%, altos níveis de dormência e viabilidade das sementes até final do experimento.

Verificou-se perda da TZ de capim-massambará, em que os dados se ajustaram a equação de regressão do tipo linear decrescente, mostrando queda de 1,54% em cada época de avaliação (Figura 8 D). A redução da TZ pode decorrer da deterioração das sementes, que acontece pelo efeito do envelhecimento natural e por fatores desfavoráveis do meio ambiente que podem acelerar esse processo (KAPOOR et al., 2010), como o alagamento durante o cultivo de arroz irrigado.

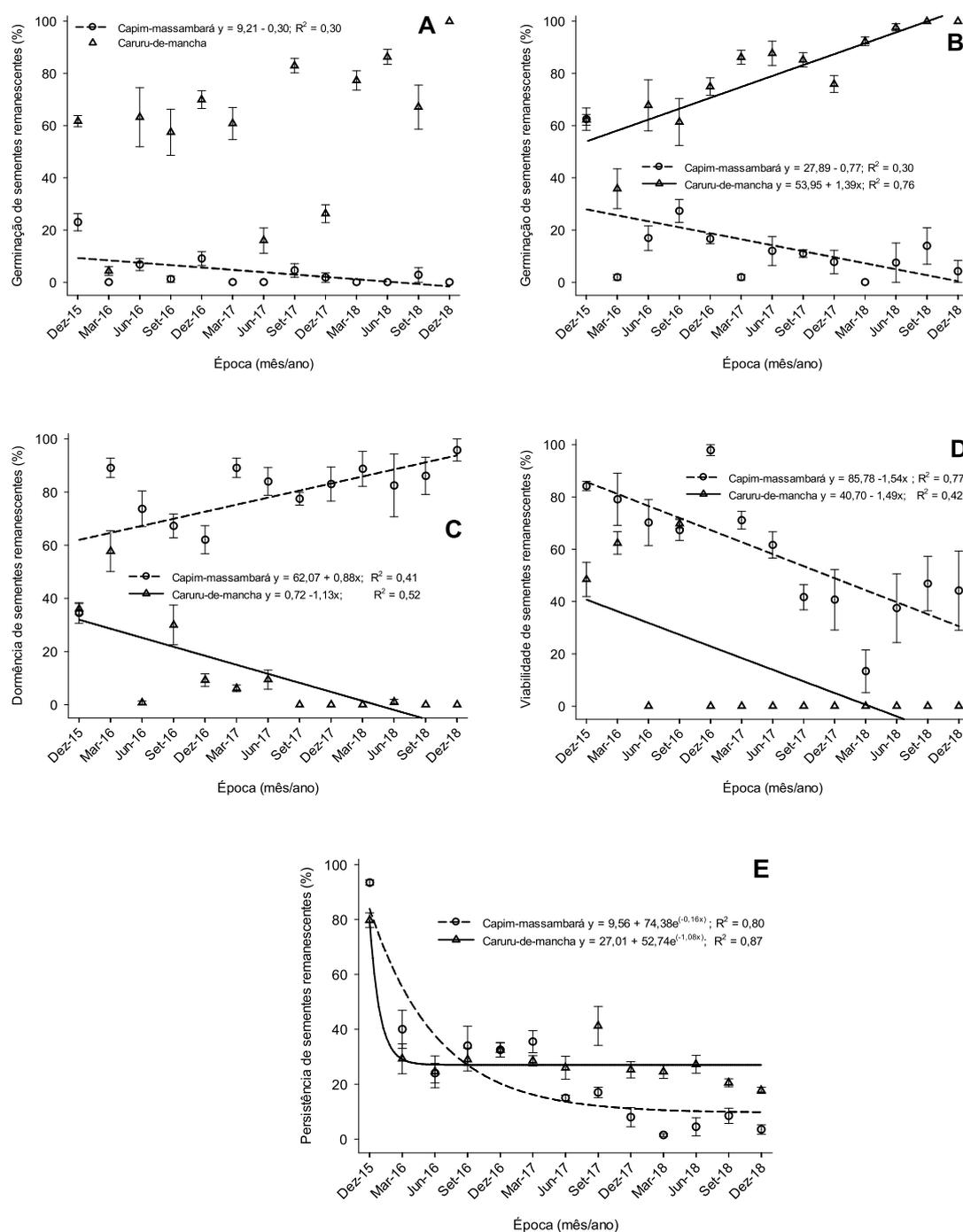


Figura 8 - Primeira contagem de germinação (A), germinação (B), dormência (C), viabilidade (D) e persistência (E) das sementes remanescentes de capim-massambará e caruru-de-mancha, após o teste de germinação, em função da época de coleta (meses). FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Para as variáveis SD e TZ de caruru-de-mancha, os dados se ajustaram ao modelo polinomial linear, sendo constatado redução de 1,13 e 1,49%, respectivamente, para cada aumento no período de avaliação (Figura 8 C-D).

Esses resultados demonstraram baixo nível de dormência para esta espécie no início do período de enterrio, no entanto, nas primeiras avaliações foi superada, e, mesmo que o modelo mostre sementes dormentes por até 27 meses, essas não possuíam viabilidade. Diferentes estudos mostram que as sementes de caruru-de-mancha não possuem dormência (LONG et al., 2008; CHAUHAN; JOHNSON, 2009; SHERIF; GHARIEB, 2011). Estudo similar em *A. palmeri*, também verificou perda de viabilidade durante 36 meses de experimento a 2,5cm de profundidade (SOSNOSKIE; WEBSTER; CULPEPPER, 2013).

Analisando a PER, se observou que capim-massambará e caruru-de-mancha apresentaram redução progressiva com o aumento do tempo de avaliação e os dados se ajustaram à equação de regressão de tipo exponencial decrescente (Figura 8 E). A espécie capim-massambará apresentou 10% de persistência que se manteve constante a partir do 16º mês até o final do experimento. Mesmo em ambiente diferente e condições desfavoráveis para esta espécie, a TZ no solo é mantida durante três anos, possivelmente devido a dormência física imposta pela impermeabilidade do tegumento (KRENCHINSKI et al., 2015), e, a dormência secundária desenvolvida, como foi determinado nesta pesquisa. Cabe salientar que a dormência é um dos principais mecanismos de sobrevivência das plantas daninhas para evitar a germinação em condições desfavoráveis, aumentar sua persistência e longevidade no banco de sementes no solo (GRAEBER et al., 2012).

No caso de caruru-de-mancha o valor da PER foi de 27% e se manteve constante a partir do quinto mês de instalação do experimento (Figura 8 E). Para esta espécie, o mecanismo de sobrevivência que permitiu maior longevidade, provavelmente, está relacionado à composição química do tegumento da semente e/ou a quiescência, para evitar a emergência em condições inadequadas de crescimento. Como já mencionado para dormência secundária, a quiescência, que caracteriza-se por impedir a germinação quando há falta de um ou vários fatores essenciais do processo germinativo, permite a espécie ter vantagem ecológica sob condições adversas do ambiente, onde no solo podem ser causadas, principalmente, pela falta ou excesso de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e/ou água, e, pobre aeração a maiores profundidades (LIU et al., 2011). Portanto, a maior longevidade do banco de sementes para caruru-de-mancha, confere potencial de sobrevivência desta espécie em regiões de terras baixas.

A visualização da variação no tempo, do estado das sementes no solo, em função da época de coleta, demonstrou perda total do banco de sementes para capim-amargoso apenas aos três meses (Figura 9 A). Para capim-massambará conforme aumentou o período de avaliação a G e TZ foi reduzida; enquanto, a M e PD aumentaram (Figura 9 B). Comportamento similar apresentou caruru-de-mancha, no entanto, os valores de G para caruru-de-mancha foram superiores (Figura 9 C). Para leiteira verificou-se comportamento semelhante a capim-amargoso, onde a partir dos seis meses a perda do banco de sementes para essa espécie foi total (Figura 9 D). Desta forma, esses resultados evidenciam maior longevidade para caruru-de-mancha, com cerca de 20% de G, três anos após o enterrio em solo de terras baixas com rotação arroz/azevém.

Os resultados deste trabalho permitem inferir que de acordo com a definição de persistência no banco de sementes (LONG et al., 2015), as espécies capim-amargoso e leiteira, apresentam banco de sementes transitório, enquanto, capim-massambará e caruru-de-mancha, possuem banco de sementes persistente em terras baixas. Assim, cuidados importantes devem ser tomados para prevenir a dispersão de capim-massambará e caruru-de-mancha, em razão da persistência no solo de terras baixas, mesmo após o cultivo três anos de arroz irrigado.

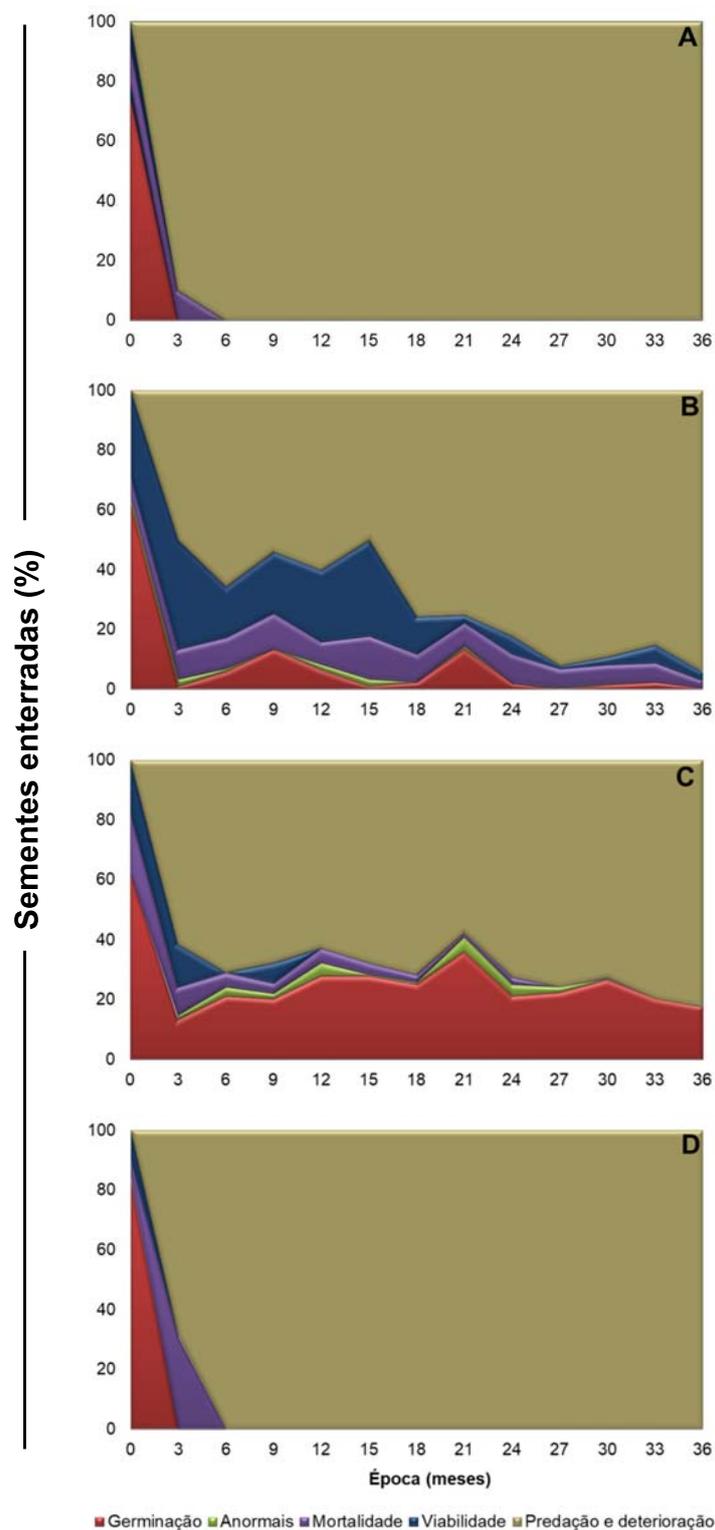


Figura 9 - Variação no tempo (meses) do estado das sementes de capim-amargoso (A), capim-massambará (B), caruru-de-mancha (C) e leiteira (D), em função da época de coleta em solo de terras baixas; na germinação, plântulas anormais, mortalidade, viabilidade e predação ou deterioração. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

#### 5.4 Conclusões

As sementes de capim-amargoso e leiteira perdem a viabilidade após uma safra de cultivo de arroz irrigado, enquanto as sementes de caruru-de-mancha e capim-massambará apresentam capacidade de sobrevivência por mais de três anos.

Com o aumento do período de enterrio o comportamento das sementes de capim-massambará evolui para redução da germinação e incremento da dormência; enquanto, as sementes de caruru-de-mancha aumentam a germinação e diminuem a dormência.

Em solo de terras baixas, capim-amargoso e leiteira possuem banco de sementes transitório, enquanto, capim-massambará e caruru-de-mancha persistente.

## 6 CONCLUSÕES

A soja apresenta maior habilidade competitiva que o capim-amargoso, sendo que a competição intraespecífica é mais prejudicial à cultura. No entanto, a associação aumenta o estresse oxidativo e reduz o vigor de sementes na cultura em função da competição interespecífica.

O capim-amargoso possui tolerância moderada ao alagamento e banco de sementes transitório em solo de terras baixas.

O capim-massambará demonstra habilidade competitiva similar à cultura da soja, sendo mais importante a competição interespecífica, aumentando a peroxidação lipídica, alterando a permeabilidade da membrana celular, e, diminuindo a qualidade das sementes.

O capim-massambará apresenta tolerância ao alagamento, em virtude da rápida resposta adaptativa (raízes adventícias). Ainda, como mecanismo de sobrevivência possui dormência física imposta pelo pericarpo da semente, sendo que, em solo de terras baixas o período de enterrio incrementa a dormência das sementes, caracterizando o banco de sementes desta espécie como persistente.

A soja apresenta habilidade competitiva inconsistente na convivência com caruru-de-mancha, dependendo da época de semeadura. Contudo, a viabilidade (germinação e tetrazolio) das sementes de caruru-de-mancha é seriamente afetada pela competição interespecífica com a cultura.

As plantas de caruru-de-mancha são sensíveis ao estresse por alagamento, ocasionando a morte. Apesar disso, essa espécie possui banco de sementes persistente em solo de terras baixas, onde a capacidade germinativa aumenta conforme incrementa o tempo de enterrio.

A soja apresenta maior habilidade competitiva que a leiteira, sendo a competição intraespecífica mais prejudicial para a cultura, aumentando o nível de peroxidação lipídica, porém, sem afetar a qualidade das sementes.

A leiteira possui tolerância moderada ao alagamento, mostrando alterações nas trocas gasosas e aumento de peroxidação lipídica em irrigação contínua. Embora, as sementes possuem dormência física, em solo de terras baixas o banco de sementes é transitório, perdendo a viabilidade após três meses de enterrio.

## 7 REFERÊNCIAS

AARESTRUP, J.R.; KARAM, D.; CORRÊA, E.J.A.; FERNANDES, G.W. Análise da viabilidade de sementes de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v.26, p.515-519, 2008.

AFIFI, M.; SWANTON, C. Early physiological mechanisms of weed competition. **Weed Science**, v.60, p.542-551, 2012.

AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, v.27, p.739-746, 2009a.

AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; MARKUS, C.; OLIVEIRA, E.de. Habilidade competitiva relativa de milho em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1315-1322, 2013.

AGOSTINETTO, D.; OLIVEIRA, C.; LANGARO, A.C.; NOHATTO, M.A.; MANICABERTO, R. Change in physiological features in ryegrass biotypes in competition with soybean due resistance to glyphosate. **Planta Daninha**, v.34, p.517-526, 2016.

AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; GALON, L.; MORAES, P.V.D. de.; FONTANA, L.C. Competitividade relativa da soja em convivência com papuã (*Brachiaria plantaginea*). **Scientia Agraria**, v.10, p.185-190, 2009b.

AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; SCHAEGLER, C.E.; TIRONI, S.P.; SANTOS, L.S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v.26, p.271-278, 2008.

AGOSTINETTO, D.; TAROUCO, C.P.; NOHATTO, M.A.; OLIVEIRA, C.; FRAGA, D.S. Metabolic activity of wheat and ryegrass plants in competition. **Planta Daninha**, v.35, e017155463, 2017.

ALI, H.H.; TANVEER, A.; NADEEM, M.A.; ASGHAR, H.N. Methods to break seed dormancy of *Rhynchosia capitata*, a summer annual weed. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.71, p.483-487, 2011.

ALVES, C.Z.; GODOY, M.R.; OLIVEIRA, M.C. Efeito da remoção da mucilagem na germinação e vigor de sementes de *Hylocereus undatus* Haw. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.586-589, 2012.

AMUSA, T.O. Effects of three pre-treatment techniques on dormancy and germination of seeds of *Azalia africana* (Sm. Ex pers). **Journal of Horticulture and Forestry**, v.3, p.96-103, 2011.

ANDRES, A.; AVILA, L.A.; MARCHEZAN, E.; MENEZES, V.G. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solo de várzea. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, p.85-88, 2001.

AOSA (Association of Official Seed Analysts). **Tetrazolium Testing Handbook**. Wichita: AOSA, 2010. 414 p.

ARBONA, V.; LÓPEZ-CLIMENT, M.F.; PÉREZ-CLEMENTE, R.M.; GÓMEZ-CADENAS, A. Maintenance of a high photosynthetic performance is linked to flooding tolerance in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v.66, p.135-142, 2009.

ASLANI, S.; SAEEDIPOUR, S. Competitive interaction of canola (*Brassica napus*) against wild mustard (*Sinapis arvensis*) using replacement series method. **WALIA journal**, 31(S2): 111-116, 2015.

BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, M.B. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca: AOSA, 2009. 341 p.

BALAKHNINA, T.I. Plant responses to soil flooding. In: TRIPATHI, B.N.; MÜLLER, M., ed. **Stress responses in plants: mechanisms of toxicity and tolerance**. Springer: New Delhi Editors, 2015. p. 115-142.

BALAKHNINA, T.I.; BENNICELLI, R.P.; STĘPNIEWSKA, Z.; STĘPNIEWSKI, W.; FOMINA, I.R. Oxidative damage and antioxidant defense system in leaves of *Vicia faba* major L. cv. Bartom during soil flooding and subsequent drainage. **Plant Soil**, v.327, p.293-301, 2010.

BANACH, K.; BANACH, A.M.; LAMERS, L.P.M.; DE KROON, H.; BENNICELLI, A.P.; SMITS, A.J.M.; VISSER, A.J.W. Differences in flooding tolerance between species from two wetland habitats with contrasting hydrology: implications for vegetation development in future floodwater retention areas. **Annals of Botany**, v.103, p.341-351, 2009.

BASTIANI, M.O.; LAMEGO, F.P.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A.C.; SILVA, D.C. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. **Bragantia**, v.75, p.435-445, 2016.

BENSCH, C.N.; HORAK, M.J.; PETERSON, D. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. **Weed Science**, v.51, p.37-43, 2003.

BERTOLDE, F.Z.; ALMEIDA, A.A.F; PIROVANI, C.P.; GOMES, F.P.; AHNERT, D.; BALIGAR, V.C.; VALLE, R.R. Physiological and biochemical responses of *Theobroma cacao* L. genotypes to flooding. **Photosynthetica**, v.50, p.447-457, 2012.

BEZERRA, A.K.D.; DA SILVA, G.Z.; NASCIMENTO, L.C.; BRUNO, R.D.A.; MEDEIRO, J.G.F. Extração da mucilagem em sementes de *Genipa americana* L. visando o potencial fisiológico. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, p.786-791, 2015.

BIANCHI, M.A. Manejo integrado de plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: Seminário Nacional sobre Manejo e Controle de Plantas Daninhas em Plantio Direto. 1998, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1998. p. 108-118.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; FEDERIZZI, L.C. Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. **Bragantia**, v.65, p.623-632, 2006.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência Rural**, v.36, p.1380-1387, 2006.

BIN, T.; SHANG-ZHONG, X.; XI-LING, Z.; YONG-LIAN, Z.; FA-ZHAN, Q. Changes of antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of waterlogging-tolerant and waterlogging-sensitive maize genotypes at seedling stage. **Agricultural Sciences in China**, v.9, p.651-661, 2010.

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; GALVAN, D.; FLORES, M.F. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.45, p.46-55, 2015.

BRASIL. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Padrões para a Produção e a Comercialização de Sementes**. Brasília: Diário Oficial da União. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRESSANIN, F.N.; GIANCOTTI, P.R.F.; NETO, N.J.; DO AMARAL, C.L.; ALVES, P.L.D.A. Eficácia de herbicidas aplicados isolados em pré e pós-emergência no controle de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, p.426-431, 2015.

BUHLER, D.D.; KOHLER, K.A.; THOMPSON, R.L. Weed seed bank dynamics during a five-year crop rotation. **Weed Technology**, v.15, p.170-176, 2001.

CARRIJO, D.R.; LUNDY, M.E.; LINQUIST, B.A. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. **Field Crops Research**, v.203, p.173-180, 2017.

CARVALHO, L.B.; BIANCO, S.; GUZZO, C.D. Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. **Planta Daninha**, v.28, p.33-39, 2010.

CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Estimativa da área foliar de cinco espécies do gênero *Amaranthus* usando dimensões lineares do limbo foliar. **Planta Daninha**, v.25, p.317-324, 2007a.

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, p.527-533, 2007b.

CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ, R.F.O.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v.67, p.317-326, 2008.

CARVALHO, T.C.; DA SILVA, S.S.; DA SILVAI, R.C.; PANOBIANCOI, M. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. **Ciência Rural**, v.42, p.366-1371, 2012.

CAVERZAN, A.; PIASECKI, C.; CHAVARRIA, G.; STEWART JR.C.N.; VARGAS, L. Defenses against ROS in crops and weeds: the effects of interference and herbicides. **International Journal of Molecular Science**, v.20, p.1-20, 2019.

CELIK, G.; TURHAN, E. Genotypic variation in growth and physiological responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to flooding. **African Journal of Biotechnology**, v.10, p.7372-7380, 2011.

CHAUHAN, B.S. Weedy rice (*Oryza sativa*) II. Response of weedy rice to seed burial and flooding depth. **Weed Science**, v.60, p.385-388, 2012.

CHAUHAN, B.S., JOHNSON, D.E. Germination ecology of spiny (*Amaranthus spinosus*) and slender amaranth (*A. viridis*): troublesome weeds of direct-seeded rice. **Weed Science**, v.57, p.379-385, 2009.

CHAUHAN, B.S.; SINGH, R.G.; MAHAJAN, G. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. **Crop Protection**, v.38, p.57-65, 2012.

CHEN, H.; QUALLS, R.G.; BLANK, R.R. Effect of soil flooding on photosynthesis, carbohydrate partitioning and nutrient uptake in the invasive exotic *Lepidium latifolium*. **Aquatic Botany**, v.82, p.250-268, 2005.

CHEN, H.; QUALLS, R.G.; MILLER, G.C. Adaptive responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding: biomass allocation, adventitious rooting, aerenchyma formation and ethylene production. **Environmental and Experimental Botany**, v.48, p.119-128, 2002.

CHUGH, V.; GUPTA, A.K.; GREWAL, M.S.; KAUR, M. Response of antioxidative and ethanolic fermentation enzymes in maize seedlings of tolerant and sensitive genotypes under short term waterlogging. **Indian Journal of Experimental Biology**, v.50, p.577-582, 2012.

CORBINEAU, F.; XIA, Q.; BAILLY, C.; BOUTEAU, H.E. Ethylene, a key factor in the regulation of seed dormancy. **Frontiers in Plant Science**, v.5, p.1-13, 2014.

CORDEIRO, A.C.C.; SUHRE, E.; DE MEDEIROS, R.D.; VILARINHO, A.A. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.362-369, 2010.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, v.5, p.664-673, 1991.

COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v.66, p.347-352, 1993.

COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, v.103, p.123-128, 2011.

CRUZ, S.C.S.; SENA JR.D.G.; DOS SANTOS, D.M.A.; LUNEZZO, L.O.; MACHADO, C.G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, p.1-6, 2016.

DA CUNHA, R.P.; CORRÊA, M.F.; SCHUCH, L.O.B.; DE OLIVEIRA, R.C.; DE SOUZA, J.J.A.; DA SILVA, J.D.G.; LOPES, T.D. Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. **Ciência Rural**, v.45, p.1761-1767, 2015.

DAVIS, A.S.; SCHUTTE, B.J.; IANNUZZI, J.; RENNER, K.A. Chemical and physical defense of weed seeds in relation to soil seedbank persistence. **Weed Science**, v.56, p.676-684, 2008.

DAVIS, V.M.; GIBSON, K.D.; BAUMAN, T.T.; WELLER, S.C.; JOHNSON, W.G. Influence of weed management practices and crop rotation on glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) population dynamics and crop yield-years III and IV. **Weed Science**, v.57, p.417-426, 2009.

DE AGUIAR, R.S.; YAMAMOTO, L.Y.; PRETI, E.A.; DE SOUZA, G.R.B.; SBRUSSI, C.A.G.; OLIVEIRA, E.A.D.; DE ASSIS, A.M.; ROBERTO, S.R.; NEVES, C.S.V.J. Extração de mucilagem e substratos no desenvolvimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.605-612, 2014.

DE OLIVEIRA, V.C.; JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. **Trees**, v.24, p.185-193, 2010.

DE SOUSA, A.B.O.; ABUD, H.F.; INNECCO, R. Superação de dormência de sementes de *Merremia cissoides* (LAM.) HALL. F. **Revista Caatinga**, v.23, p.1-5, 2010.

DE SOUSA, M.A.; LIMA, M.D.B.; DA SILVA, M.V.V.; ANDRADE, J.W.D. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.175-182, 2009.

DE SOUZA, T.C.; MAGALHAES, P.C.; PEREIRA, F.J.; DE CASTRO, E.M.; PARENTONI, S.N. Morpho-physiology and maize grain yield under periodic soil flooding in successive selection cycles. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.33, p.1877-1885, 2011.

DIAS, A.C.R.; CARVALHO, S.J.P.; MARCOLINI, L.W.; MELO, M.S.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Competitiveness of alexandergrass or bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha**, v.28, p.515-522, 2010.

DIAS, M.A.N.; PINTO, T.L.F.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; PEDRINI, L.G. Direct effects of soybean seed vigor on weed competition. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.346-351, 2011.

DIAS, M.A.N.; PINTO, T.L.F.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; PEDRINI, L.G. Direct effects of soybean seed vigor on weed competition. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.346-351, 2011.

DUCLOS, D.V.; RAY, D.T.; JOHNSON, D.J.; TAYLOR, A.G. Investigating seed dormancy in switchgrass (*Panicum virgatum* L.): understanding the physiology and mechanisms of coat-imposed seed dormancy. **Industrial Crops and Products**, v.45, p.377- 387, 2013.

EL-SHEMY, H. **Physiology and Biochemistry**. Rijeka: InTech, 2011. 500p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

EVREN, Y.; KUCUKODUK, M. Dormancy breaking and germination requirements for seeds of *Sphaerophysa kotschyana* Boiss. **Journal of Global Biosciences**, v.1, p.20-27, 2012.

FERREIRA, A.S.; BALBINOT JR, A.A.; WERNER, F.; ZUCARELI, Z.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, v.75, p.362-370, 2016.

FESSEL, S.A.; PANOBIANCO, M.; DE SOUZA, C.R.; VIEIRA, R.D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, v.69, p.207-214, 2010.

FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P.; SCHAEGLER, C.E.; FERREIRA, F.B. Resposta de cultivares de soja à competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. **Scientia Agraria**, v.8, p.213-218, 2007.

FLORES-DEL ANGEL, M.L.; FROUGHBAKHCH, R.; ROCHA-ESTRADA, A.; CÁRDENAS-ÁVILA, M.L.; GUZMÁN-LUCIO, M.A.; HERNÁNDEZ-AGUILAR, Y.L.; ALVARADO-VÁZQUEZ, M.A. Morphology, viability and germination of candelilla seeds (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.). **International Journal of Experimental Botany**, v.82, p.161-167, 2013.

FRANCO, J.J.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A.C.; PERBONI, L.T.; VARGAS, L. Relative competitiveness of goosegrass biotypes and soybean crops. **Revista Caatinga**, v.30, p.271-277, 2017.

GAL, J.; AFIFI, M.; LEE, E.; LUKENS, L.; SWANTON, C.J. Detection of neighboring weeds alters soybean seedling roots and nodulation. **Weed Science**, v.63, p.888-900, 2015.

GALON, L.; CONCENÇO, G.; PERIN, G.F.; DA SILVA, A.F.; FORTE, C.T.; DAVID, F.A.; RADÚZ, L.L.; RADUNZ, L.L.; ANDRES, A.; TIRONI, S.P.; CONCENÇO, S.M. Comparison of experimental methods to assess the competitive ability of weed species. **American Journal of Plant Sciences**, v.6, p.2185-2196, 2015.

GALON, L.; FORTE, C.T.; REICHERT JR, F.W.; TREVISOL, R.; PERIN, G.F. Competitive interaction between common black bean cultivars and *Euphorbia heterophylla*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48, p.254-260, 2018.

GALON, L.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.F.; VARGAS, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, E.A.; MINELLA, E.; SOARES, E.R.; FERREIRA, F.A. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. **Planta Daninha**, v.29, p.771-781, 2011.

GAZZIERO, D.L.P.; VOLL, E.; FORNAROLLI, D.; VARGAS, L. **Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja**. XXVIII CBCPD. 3 a 6 de setembro de 2012, Campo Grande, MS.

GEHLING, V.M.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E.G.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Effect of soil waterlogging stress on the physiological performance of seeds and on the productivity of rye plants. **Agrociencia**, v.19, p.41-47, 2015.

GEMELLI, A.; DE OLIVEIRA JR.R.S.; CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; JUMES, T.M.D.; NETO, A.M.D.; DAN, H.A.; BIFFE, D.G. Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate e implicações para o seu controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, p.231-240, 2012.

GESTEIRA, G.S.; ZAMBIAZZI, E.V.; BRUZI, A.T.; SOARES, I.O.; REZENDE, P.M.; SILVA, K.B. Seleção fenotípica de cultivares de soja precoce para a região Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v.7, p.79-88, 2015.

G HARDE, Y.; SINGH, P.K.; DUBEY, R.P.; GUPTA, P.K. Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. **Crop Protection**, v.107, p.12-18, 2018.

GIBSON, D.J.; MILLAR, K.D.L.; DELONG, M.; CONNOLLY, J.; KIRWAN, L.; WOOD, A.J.; YOUNG, B.G. The weed community affects yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.88, p.371-381, 2008.

GIBSON, D.J.; YOUNG, B.G.; WOOD, A.J. Can weeds enhance profitability? Integrating ecological concepts to address crop-weed competition and yield quality. **Journal of Ecology**, v.105, p.900-904, 2017.

GILL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, n.12, p.909-930, 2010.

GORAI, M.; ALOUI, W.E.; YANG, X.; NEFFATI, M. Toward understanding the ecological role of mucilage in seed germination of a desert shrub *Henophyton deserti*: interactive effects of temperature, salinity and osmotic stress. **Plant Soil**, v.374, p.727-738, 2014.

GRAEBER, K.; NAKABAYASHI, K.; MIATTON, E.; METZGER, G.L.; SOPPE, W.J.J. Molecular mechanisms of seed dormancy. **Plant, Cell and Environment**, v.35, p.1769-1786, 2012.

HABER, T.; OBIEDZIŃSKI, M.; BILLER, E.; WASZKIEWICZ-ROBAK, B.; ACHREMOWICZ, B.; CEGLIŃSKA, A. Pseudocereals and the possibilities of their application in food technology: general characteristics of amaranth. **Polish Journal of Applied Sciences**, v.3, p.45-52, 2017.

HARRISON, S.K.; REGNIER, J.E.E.; SCHMOLL, T.; HARRISON, J.M. Seed size and burial effects on giant ragweed (*Ambrosia trifida*) emergence and seed demise. **Weed Science**, v.55, p.16-22, 2007.

HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.125, p.189-198, 1968.

HOFFMAN, M. L.; BUHLER, D. D. Utilizing Sorghum as a functional model of crop weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Science**, v.50, n.4, p.466-472, 2002.

HOFFMAN, M.L.; BUHLER, D.D. Utilizing *Sorghum* as a functional model of crop-weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. **Weed Science**, v.50, p.466-472, 2002.

HOLM, L.G.; HOLM, L.; HOLM, E.; PANCHO, J.V.; HERBERGER, J.P. **World weeds: natural histories and distributions**. New York: Wiley, 1997. 1129 p.

HOSSAIN, Z.; LOPEZ-CLIMENT, M.F.; ARBONA, V.; PEREZ-CLEMENTE, R.M.; GOMEZ-CADENAS, A. Modulation of the antioxidant system in citrus under waterlogging and subsequent drainage. **Journal of Plant Physiology**, v.166, p.1391-1404, 2009.

HU, X.W.; WANG, Y.R.; WU, Y.P. Effects of the pericarp on imbibition, seed germination, and seedling establishment in seeds of *Hedysarum scoparium* Fisch. et Mey. **Ecological Research**, v.24, p.559-564, 2009.

HÜTHERA, C.M.; MARTINAZZO, E.G.; ROMBALDIC, C.V.; BACARIN, M.A. Effects of flooding stress in 'Micro-Tom' tomato plants transformed with different levels of mitochondrial sHSP23.6. **Brazilian Journal of Biology**, v.77, p.43-51, 2017.

HYVÖNEN, T.; RAMULA, S. Crop-weed competition rather than temperature limits the population establishment of two annual C<sub>4</sub> weeds at the edge of their northern range. **European Weed Research Society**, v.54, p.245-255, 2014.

IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz). **Levantamentos de safra**: soja em rotação com arroz: evolução de área e produtividade. Disponível: <http://www.irga.rs.gov.br>. Acesso em: 23 abr. 2019.

ISMAIL, A.M.; JOHNSON, D.E.; ELLA, E.S.; VERGARA, G.V.; BALTAZAR, A.M. Adaptation to flooding during emergence and seedling growth in rice and weeds, and implications for crop establishment. **AoB Plants**, v.19, p.1-18, 2012.

JESCHKE, M.R.; STOLTENBERG, D.E.; KEGODE, G.O.; SPRAGUE, C.L.; KNEZEVIC, S.Z.; HOCK, S.M.; JOHNSON, G.A. Predicted soybean yield loss as affected by emergence time of mixed-species weed communities. **Weed Science**, v.59, p.416-423, 2011.

JHA, P.; NORSWORTHY, J.K.; RILEY, M.B.; BRIDGES, JR.W. Annual changes in temperature and light requirements for germination of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) seeds retrieved from soil. **Weed Science**, v.58, p.426-432, 2010.

JISHA, K.C.; VIJAYAKUMARI, K.; PUTHUR, J.T. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.35, p.1381-1396, 2013.

JOHNSON, D.E.; KENT, R.J. The impact of cropping on weed species composition in rice after fallow across a hydrological gradient in west Africa. **Weed Research**, v.42, p.89-99, 2002.

KAPOOR, N.; ARYA, A.; SIDDIQUI, A.A.; AMIR, A.; KUMAR, H. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.9, p.158-162, 2010.

KAVURMACI, Z.; KARADAVUT, U.; KÖKTEN, K.; BAKOĞLU, A. Determining critical period of weed-crop competition in faba bean (*Vicia faba*). **International Journal of Agriculture and Biology**, v.12, p.318-320, 2010.

KHAN, A.Z.; SHAH, P.; MOHD, F.; KHAN, H.; PERVEEN, A.S.; NIGAR, S.; KHALIL, S.K.; ZUBAIR, D.M. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in wheat. **Pakistan Journal of Botany**, v.42, p.3147-3155, 2010.

KHANDURI, V.P. Variation in anthesis and pollen production in plants. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.11, p.834-839, 2011.

KISSMANN, C.; DA VEIGA, E.B.; EICHEMBERG, M.T.; HABERMANN, G. Morphological effects of flooding on *Styrax pohlilii* and the dynamics of physiological responses during flooding and post-flooding conditions. **Aquatic Botany**, v.119, p.7-14, 2014.

KOOCHEKI, A.; NASSIRI, M.; ALIMORADI, L.; GHORBANI, R. Effect of cropping systems and crop rotations on weeds. **Agronomy for Sustainable Development**, v.29, p.401-408, 2009.

KRENCHINSKI, F.H.; ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; VILLETTI, H.L.; ORSO, G.; BARROSO, A.A.M.; VICTORIA FILHO, R. Germination and dormancy in seeds of *Sorghum halepense* and *Sorghum arundinaceum*. **Planta Daninha**, v.33, p.223-230, 2015.

KRISHNAN, P.; RAMAKRISHNAN, B.; RAJA-REDDY, K.; REDDY, V.R. High temperature effects on rice growth, yield, and grain quality. **Advances in Agronomy**, v.111, p.87-206, 2011.

KUMARI, A.; JOSHI, P.K.; ARYA, M.C.; AHMED, Z. Enhancing seed germination of *Jatropha curcas* L. under central-western Himalayas of Uttarakhand, India. **Plant Archives**, v.11, p.871-874, 2011.

LAMEGO, F.P.; REINEHR, M.; CUTTI, L.; AGUIAR, A.C.M.; RIGON, C.A.G.; PAGLIARINI, I.B. Alterações morfológicas de plântulas de trigo, azevém e nabo quando em competição nos estádios iniciais de crescimento. **Planta Daninha**, v.33, p.13-22, 2015.

LEFEBVRE, M.; LEBLANC, M.L.; WATSON, A.K. Seed dormancy and seed morphology related to weed susceptibility to biofumigation. **Weed Science**, v.66, p.199-214, 2017.

LEGUIZAMÓN, E.S.; YANNICCARI, M.E.; GUIAMET, J.J.; ACCIARESI, H.A. Growth, gas exchange and competitive ability of *Sorghum halepense* populations under different soil water availability. **Canadian Journal of Plant Science**, v.91, p.1011-1025, 2011.

LEVAN, N.A.; GOGGI, A.S.; MULLEN, R.E. Improving the reproducibility of soybean standard germination test. **Crop Science**, v.48, p.1933-1940, 2008.

LI, F.; QIN, X.; XIE, Y.; CHEN, X.; HU, J.; LIU, Y.; HOU, Z. Physiological mechanisms for plant distribution pattern: responses to flooding and drought in three wetland plants from Dongting Lake, China. **Limnology**, v.14, p.71-76, 2013.

LIN, K.H.; TSOU, C.C.; HWANG, S.Y.; CHEN, L.F.O.; LO, H.F. Paclobutrazol leads to enhanced antioxidative protection of sweet potato under flooding stress. **Botanical Studies**, v.49, p.9-18, 2008.

LINDQUIST, J.L.; EVANS, S.S.; SHAPIRO, C.A.; KNEZEVIC, S.Z. Effect of nitrogen addition and weed interference on soil nitrogen and corn nitrogen nutrition. **Weed Technology**, v.24, p.50-58, 2010.

LIU, H.L.; SHI, X.; WANG, J.C.; YIN, L.K.; HUANG, Z.Y.; ZHANG, D.Y. Effects of sand burial, soil water content and distribution pattern of seeds in sand on seed germination and seedling survival of *Eremosparton songoricum* (Fabaceae), a rare species inhabiting the moving sand dunes of the Gurbantunggut Desert of China. **Plant Soil**, v.345, p.69-87, 2011.

LIU, J.G.; MAHONEY, K.J.; SIKKEMA, P.H.; SWANTON, C.J. The importance of light quality in crop-weed competition. **Weed Research**, v.49, p.217-224, 2009.

LODGE, G.M.; BOSCHMA, S.P.; HARDEN, S. Replacement series studies of competition between tropical perennial and annual grasses and perennial grass mixtures in northern New South Wales. **Crop and Pasture Science**, v.60, p.526-531, 2009.

LONG, R.L.; GORECKI, M.J.; RENTON, M.; SCOTT, J.K.; COLVILLE, L.; GOGGIN, D.E.; COMMANDER, L.E.; WESTCOTT, D.A.; CHERRY, H.; FINCH-SAVAGE, W.E. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. **Biological Reviews**, v.90, p.31-59, 2015.

LONG, R.L.; PANETTA, F.D.; STEADMAN, K.J.; PROBERT, R.; BEKKER, R.M.; BROOKS, S.; ADKINS, S.W. Seed persistence in the field may be predicted by laboratory-controlled aging. **Weed Science**, v.56, p.523-528, 2008.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

LU, J.J.; ZHOU, Y.M.; TAN, D.Y.; BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. Seed dormancy in six cold desert Brassicaceae species with indehiscent fruits. **Seed Science Research**, v.25, p.276-285, 2015.

LUDWIG, M.P.; OLIVEIRA, S.; SCHUCH, L.O.B.; VERNETTI JR, F.J.; SEUS, R.; CORRÊA, M.F.; NUNES, T.L. Produção de sementes de soja sobre solo de várzea alagada. **Revista de Agricultura**, v.90, p.1-16, 2015.

LUDWIG, M.P.; SCHUCH, O.U.B.; FILHO, O.A.L.; AVELAR, S.E.G.; MIELEZRSKI, F.; DE OLIVEIRA, S.; CRIZEL, R.L. Desempenho de sementes e plantas de milho híbrido originadas de lotes de sementes com alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, p.83-92, 2009.

MA, X.; WU, H.; JIANG, W.; MA, Y.; MA, Y. Interference between redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.): growth analysis. **Plos One**, v.10, p.1-18, 2015.

- MACEDO, L.C.P. **Alterações morfológicas em plantas do gênero *Urochloa p. beauv. submetidas a três condições de umidade do solo***. 2015. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- MACHADO, A.F.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; FIALHO, C.M.T.; TUFFI SANTOS, L.D.; MACHADO, M.S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v.24, p.641-647, 2006.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v.72, p.363-374, 2015.
- MARTINAZZO, E.G.; PERBONI, A.T.; FARIAS, M.E.; BIANCHI, V.J.; BACARIN, M.A. Photosynthetic activity in the rootstock of hybrid peach trees submitted to water restriction and flooding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.23, p.231-236, 2011.
- MARTINS, Juliano. **Aspectos ecofisiológicos e genético de biótipos de *Digitaria insularis* resistente e suscetível ao glyphosate**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.
- MASSEY, J.H.; WALKER, T.W.; ANDERS, M.M.; SMITH, M.C.; AVILA, L.A. Farmer adaptation of intermittent flooding using multiple-inlet rice irrigation in Mississippi. **Agricultural Water Management**, v.146, 297-304, 2014.
- MASSONI, P.F.S.; MARCHESAN, E.; GROHS, M.; ROSO, R.; COELHO, L.L.; MACHADO, S.L.O.; TELÓ, G.M.; DAL'COLLÚCIO. Influência de manejos pós-colheita do arroz irrigado sobre o banco de sementes de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v.31, p.89-98, 2013.
- MEDINA, C.L.; SANCHES, M.C.; TUCCI, M.L.S.; SOUSA, C.A.F.; CUZZUOL, G.R.F.; JOLY, C.A. *Erythrina speciosa* (Leguminosae-Papilionoideae) under soil water saturation: morphophysiological and growth responses. **Annals of Botany**, v.104, p.671-680, 2009.
- MENDONÇA, G.S.; MARTINS, C.C.; MARTINS, D.; COSTA, N.V. Ecophysiology of seed germination in *Digitaria insularis* ((L.) Fedde). **Revista Ciência Agrônômica**, v.45, p.823-832, 2014.
- MESCHEDE, D.K.; OLIVEIRA JR.R.S.; CONSTANTIN, J.; SCAPIM, C.A. Período crítico de interferência de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja sob baixa densidade de semeadura. **Planta Daninha**, v.20, p.381-387, 2002.
- MESSCHMIDT, A.A.; BIANCHI, V.G.; ZANANDREA, I.; MARTINAZZO, E.G.; RADMANN, E.B.; BACARIN, M.A. Trocas gasosas e atividade antioxidante de portaenxertos de *Prunus* spp. submetidos ao estresse seca e alagamento. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.114, p.71-81, 2015.

MEYERS, S. L., K. M. JENNINGS, J. R. SCHULTHEIS, AND D. W. MONKS. Interference of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in sweetpotato. **Weed Science**, v.58, p.199-203, 2010.

MILLAR, K.D.L.; EBBS, S.D.; GIBSON, D.J.; WOOD, A.J.; YOUNG, B.G. Evaluation of physiological parameters for the prediction of seed yield and quality for soybean (*Glycine max*) plants grown in the presence of weed competition. **Plant Biosystems**, v.145. p.1-11, 2011.

MIRANDA, R.Q.; OLIVEIRA, M.T.P.; CORREIA, R.M.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; POMPELLI, M.F. Germination of *Prosopis juliflora* (Sw) DC seeds after scarification treatments. **Plant Species Biology**, v.26, p.186-192, 2011.

MOLLARDA, F.P.O.; STRIKER, G.G.; PLOCHUK, E.L.; VEJA, A.C.; INSAUSTI, A. Flooding tolerance of *Paspalum dilatatum* (Poaceae: Paniceae) from upland and lowland positions in a natural grassland. **Flora**, v.203, p.548-556, 2008.

MONDO, V.H.V.; CARVALHO, S.J.P.; DIAS, A.C.R.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.131-137, 2010.

MONTEIRO, M.A.; AISENBERG, G.R.; KOCH, F.; SALAU, G.M.; BEHENCK, J.P.D.; DEMARI, G.H.; SZARESKI, V.J.; CARVALHO, I.R.; NARDINO, M.; SCHUCH, L.O.B.; PEDÓ, T.; VILLELA, F.A.; AUMONDE, T.Z. Yield and vigor of corn seeds under the influence of flooding periods. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.3240-3245, 2016.

MOSS, S.; ULBER, L.; HOED, I. A herbicide resistance risk matrix. **Crop Protection**, v.115, p.13-19, 2019.

MURITHI, H.M.; BEED, F.; TUKAMUHABWA, P.; THOMMA, B.P.H.J.; JOOSTEN, H.A.J. Soybean production in eastern and southern Africa and threat of yield loss due to soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi*. **Plant Pathology**, v.65, p.176-188, 2016.

NAKAGAWA, J.; MARTINS, D.; CHALITA, M.C.; GOMES, M.C.; SILVA, M.J.A. Consorciação e plantas daninhas afetando a produtividade e a qualidade de sementes de sorgo. **Revista Caatinga**, v.22, p.52-56, 2009.

NOHATTO, Marcos André. **Inter-relações fisiológicas de arroz irrigado com arroz-vermelho e resposta da cultura a herbicidas**. 2014. 172 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

NONOGAKI, H. Seed dormancy and germination-emerging mechanisms and new hypotheses. **Frontiers in Plant Science**, v.5, p.1-14, 2014.

OHSE, S.; REZENDE, B.L.E.; LISIK, D.; OTTO, R.F. Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, p.282-292, 2012.

OKUNLOLA, A.I.; ADEBAYO, R.A.; ORIMOGUNJE, A.D. Methods of braking seed dormancy on germination and early seedling growth of African locust bean (*Parkia biglobosa*) (JACQ.) Benth. **Journal of Horticulture and Forestry**, v.3, p.1-6, 2011.

OLOGUNDUDU, A.F.; ADELUSI, A.A.; ADEKOYA, K.P. Effect of light stress on germination and growth parameters of *Corchorus olitorius*, *Celosia argentea*, *Amaranthus cruentus*, *Abelmoschus esculentus* and *Delonix regia*. **Notulae Scientia Biologicae**, v.5, p.468-475, 2013.

OWEN, M.D.K. Diverse approaches to herbicide-resistant weed management. **Weed Science**, edição especial, p.570-584, 2016.

PASSINI, T.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; YADA, I.F.U. Competitivity of the common-bean plant relative to the weed alexandergrass (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch). **Scientia Agricola**, v.60, p.259-268, 2003.

PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E.G.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Plant growth analysis and seed vigor expression: effects of soil waterlogging during rye plant development. **Acta Botanica Brasilica**, v.29, p.1-7, 2015.

PEDÓ, T.; AISENBERG, G.R.; MARTINAZZO, E.G.; DE SOUZA, V.Q.; PEDROSO, C.E.D.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Soil waterlogging during late season: growth, assimilate partitioning and vigor of bean seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.805-811, 2016.

PEDÓ, T.; TROYJACK, C.; PIMENTEL, J.R.; KOCH, F.; MARTINAZZO, E.G.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Biomass production of wheat grown under different waterlogging conditions and the impact on seed vigor. **Bioscience Journal**, v.34, p.48-57, 2018.

PELÚZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; ALMEIDA JÚNIOR, D.; SANTOS, G.R.; DIDONET, J. Comportamento de cultivares de soja sob condições de várzea irrigada no sul do estado do Tocantins, entressafra 2005. **Bioscience Journal**, v.24, p.75-80, 2008.

PEÑA-FRONTERRAS, J.T.; VILLALOBOS, M.C.; BALTAZAR, A.M.; MERCA, F.E.; ISMAIL, A.M.; JOHNSON, D.E. Adaptation to flooding in upland and lowland ecotypes of *Cyperus rotundus*, a troublesome sedge weed of rice: tuber morphology and carbohydrate metabolism. **Annals of Botany**, v.103, p.295-302, 2009.

PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3 ed. Pelotas: Editora Universitária / UFPel, 2012. 573 p.

PIANA, C.F.de.B.; SILVA, J.G.C.da; ANTUNES, I.F. Regionalização para o cultivo do feijão no Rio Grande do Sul com base na interação genótipo x ambiente. **Revista Ceres**, v.59, p.213-224, 2012.

PIASECKI, C.; RIZZARDI, M.A.; SCHONS, J.; CAVERZAN, A.; OLIVEIRA, C. Interference of volunteer corn on stress metabolism and yield of dry bean. **Planta Daninha**, v.36, e018176669, 2018.

PITELLI, R.A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **Journal Conserb**, v.1, p.1-7, 2000.

PROCÓPIO, S.O.; BALBINOT JR.A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista Ciências Agrárias**, v.56, p.319-325, 2013.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Ecology of weeds: relationship to agriculture and natural resource management**. 3.ed. Hoboken: John Wiley and Sons. 2007. 150p.

RADOSEVICH, S.R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, v.1, p.190-198, 1987.

REINERT, Camila. **Aspectos da biologia de *Digitaria insularis* resistente ao glyphosate**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

RIAR, D.S.; NORSWORTHY, J.K.; JOHNSON, D.B.; SCOTT, R.C.; BAGAVATHIANNAN, M. Glyphosate resistance in a johnsongrass (*Sorghum halepense*) biotype from Arkansas. **Weed Science**, v.59, p.299-304, 2011.

ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.R.; WAGNER, R.G.; MAXWELL, B.D.; PETERSEN, T.D. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. **Weed Science**, v.37, p.268-275, 1989.

RUBIN, R.S.; LANGARO, A.C.; MARIANI, F.; AGOSTINETTO, D.; BERTO, R.A. Habilidade competitiva relativa de arroz irrigado com arroz-vermelho suscetível ou resistente ao herbicida imazapyr + imazapic. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.81, p.173-179, 2014.

RUCHEL, Queli. **Respostas da cultura da soja (*Glycine max* L.) e de plantas daninhas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> quando em competição e submetidas a estresses abióticos**. 2018. 219 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SANON, A.; BÉGUIRISTAIN, T.; CÉBRON, A.; BERTHELIN, J.; NDOYE, I.; LEYVAL, C.; SYLLA, S.; DUPONNOIS, R. Changes in soil diversity and global activities following invasions of the exotic invasive plant, *Amaranthus viridis* L., decrease the growth of native sahelian *Acacia* species. **FEMS Microbiol Ecology**, v.70, p.118-131, 2009.

SARTORI, G.M.S.; MARCHESAN, E.; AZEVEDO, C.F.; STRECK, M.E.; ROSO, R.; COELHO, L.L.; DE OLIVEIRA, M.L. Rendimento de grãos e eficiência no uso de água de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, p.397-403, 2013.

SAS INSTITUTE. SAS OnlineDoc® version 8, SAS Institute Inc, 1999. Disponível em: <<http://v8doc.sas.com/sashtml/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

SAUTER, M. Root responses to flooding. **Current Opinion in Plant Biology**, v.16, p.282-286, 2013.

SERGIER, I.; ALEXIEVA, V.; KARANOV, E. Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogenous protective systems and stress markers in plant. **Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences**, v.51, p.121-124, 1997.

SHANERA, D.L.; BECKIE, H.J. The future for weed control and technology. **Pest Management Science**, v.70, p.1329-1339, 2014.

SHERIF, E.A.A.; GHARIEB, H.R. Allelochemical effect of *Trianthema portulacastrum* L. on *Amaranthus viridis* L. supports the ecological importance of allelopathy. **African Journal of Agricultural Research**, v.6, p.6690-6697, 2011.

SIGMAPLOT – **Scientific Graphing Software**. Version 10.0, 2007.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B.dos. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p.17-61, 2007.

SILVA, A.B.C.; GALVÃO, I.M.; BARBOSA, R.M.; DA SILVA, C.B.; VIEIRA, R.D. Controlled deterioration test for evaluation of sunn hemp seed vigor. **Journal of Seed Science**, v.37, p.249-253, 2015.

SILVA, D.R.O.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; LANGARO, A.C.; DUARTE, T.V. Habilidade competitiva, alterações no metabolismo secundário e danos celulares de soja competindo com *Conyza bonariensis* resistente e suscetível a glyphosate. **Planta Daninha**, v.32, p.579-589, 2014.

SILVA, M.R.M.; DURIGAN, J.C. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas. I - Cultivar IAC 202. **Planta Daninha**, v.24, p.685-694, 2006.

SILVA, A.F.; FERREIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F.A.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. **Planta Daninha**, v.26, p.65-71, 2008.

SIMOVA-STOILOVA, L.; DEMIREVSKA, K.; KINGSTON-SMITH, A.; FELLER, U. Involvement of the leaf antioxidant system in the response to soil flooding in two *Trifolium* genotypes differing in their tolerance to waterlogging. **Plant Science**, v.183, p.43-49, 2012.

SINGH, M.; BHULLAR, M.S.; CHAUHAN, B.S. Seed bank dynamics and emergence pattern of weeds as affected by tillage systems in dry direct-seeded rice. **Crop Protection**, v.67, p.168-177, 2015.

SLABBERT, R.M.; KRÜGER, G.H.J. Assessment of changes in photosystem II structure and function as affected by water deficit in *Amaranthus hypochondriacus* L. and *Amaranthus hybridus* L. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.49, p.978-984, 2011.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

SOLIMAN, A.S.; ABBAS, M.S. Effects of sulfuric acid and hot water pre-treatments on seed germination and seedlings growth of *Cassia fistula* L. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v.13, p.7-15, 2013.

SOLTANI, N.; DILLE, J.A.; BURKE, I.C.; EVERMAN, W.J.; VANGESSEL, M.J.; DAVIS, V.M.; SIKKEMA, P.H. Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in North America. **Weed Technology**, v.31, p.148-154, 2017.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, RS: PALLOTTI, 2014. 192 p.

SOSNOSKIE, L.M.; WEBSTER, T.M.; CULPEPPER, A.S. Glyphosate resistance does not affect palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) seedbank longevity. **Weed Science**, v.61, p.283-288, 2013.

STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER, 2008. 126 p.

SUDHAKARA, K.; JIJEEESH, C.M. **Developments in teak seed handling**. In: BUVANESWARAN, C.; ANANDALAKSHMI, R.; WARRIER, R.R.; SENTHILKUMAR, S.; KUMAR, N.K.; PRASHANTH, R.S. *Advances in Tree Seed Science and Silviculture*. Coimbatore: Institute of Forest Genetics and Tree Breeding, 2015. p.1-7.

SUZUKI, N.; KOUSSEVITZKY, S.; MITTLER, R.; MILLER, G. ROS and redox signalling in the response of plants to abiotic stress. **Plant, Cell and Environment**, v.35, p.259-270, 2012.

SWANTON, C.J.; NKOVA, R.; BLACKSHAW, R.E. Experimental methods for crop-weed competition studies. **Weed Science**, v.63, p.2-11, 2015.

TARHANEN, S.; METSARINNE, S.; HOLOPAINEN, T.; OKSANEN, J. Membrane permeability response of lichen *Bryoria fuscescens* to wet deposited heavy metals and acid rain. **Environmental Pollution**, v.104, p.121-129, 1999.

ULGUIM, A. da. R.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L.; ZANDONA, R.R.; FRANCO, J.J.; FRAGA, D.S. Competition of wild poinsettia biotypes, with a low-level resistance and susceptible to glyphosate, with soybean. **International Journal of Agriculture and Environmental Research**, v.2, p.1791-1806, 2016.

ULGUIM, A. da. R.; AGOSTINETTO, D.; OLIVEIRA, C.; RUCHEL, Q.; SILVA, J.D.G.; VARGAS, L.; AVILA, L.A. Does competition between soybeans and wild poinsettia with low-level resistance or susceptibility to glyphosate affect physiology and secondary metabolism? **Semina**, v.38, p.1133-1144, 2017.

VALERIO, M.; TOMECEK, M.B.; LOVELLI, S.; ZISKA, L.H. Quantifying the effect of drought on carbon dioxide induced changes in competition between a C<sub>3</sub> crop (tomato) and a C<sub>4</sub> weed (*Amaranthus retroflexus*). **Weed Research**, v.51, p.591-600, 2011.

VENSKE, E.; SCHAEGLER, C.E.; BAHRY, C.A.; DE CAMARGO, T.O.; ZIMMER, P.D. Fatores abióticos sobre o efeito de herbicidas na qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Ciência Agrônômica**, v.46, p.818-825, 2015.

VERMA, K.K.; SINGH, M.; GUPTA, R.K.; VERMA, C.L. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence, antioxidant enzymes, and growth responses of *Jatropha curcas* during soil flooding. **Turkish Journal of Botany**, v.38, p.130-140, 2014.

VERMA, K.K.; SINGH, M.; VERMA, C.L. Developing a mathematical model for variation of physiological responses of *Jatropha curcas* leaves depending on leaf positions under soil flooding. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.34, p.1435-1443, 2012.

VIEIRA, R.D.; KRZYŻANOWSKI, F.C. **Teste de condutividade elétrica**. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (ed.). Vigor de sementes: Conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.4, p.1-26.

VIGNEAUA, N.; ECARNOT, M.; RABATEL, G.; ROUMET, P. Potential of field hyperspectral imaging as a non destructive method to assess leaf nitrogen content in wheat. **Field Crops Research**, v.122, p.25-31, 2011.

VILÀ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, v.6, p.59-69, 2004.

VITALIS, R.; ROUSSET, F.; KOBAYASHI, Y.; OLIVIERI, I.; GANDON, S. The joint evolution of dispersal and dormancy in a metapopulation with local extinctions and kin competition. **Evolution**, v.67, 1676-1691, 2013.

VIVIAN, R.; SILVA, A.A.; GIMENES, Jr., M.; FAGAN, E.B.; RUIZ, S.T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve revisão. **Planta daninha**, v.26, p.695-706, 2008.

VOESENEK, L.A.C.J.; BAILEY-SERRES, J. Flooding tolerance: O<sub>2</sub> sensing and survival strategies. **Current Opinion in Plant Biology**, v.16, p.647-653, 2013.

WANDSCHEER, A.C.D.; RIZZARDI, M.A.; REICHERT, M. Competitive ability of corn in coexistence with goosegrass. **Planta Daninha**, v.31, p.281-289, 2013.

- WANDSCHEER, A.C.D.; RIZZARDI, M.A.; REICHERT, M.; GAVIRAGHI, F. Capacidade competitiva da cultura do milho em relação ao capim-sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, p.129-141, 2014.
- WANG, Z.; WANG, J.; BAO, Y.; WANG, F.; ZHANG, H. Quantitative trait loci analysis for rice seed vigor during the germination stage. **Journal of Zhejiang University-SCIENCE**, v.11, p.958-964, 2010.
- WARING, E.F.; MARICLE, B.R. Photosynthetic variation and carbon isotope discrimination in invasive wetland grasses in response to flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v.77, p.77-86, 2012.
- WEI, S.; ZHANG, C.; CHEN, X.; LI, X.; SUI, B.; HUANG, H.; CUI, H.; LIU, Y.; ZHANG, M.; GUO, F. Rapid and effective methods for breaking seed dormancy in buffalobur (*Solanum rostratum*). **Weed Science**, v.58, p.141-146, 2010.
- WESTERN, T.L. The sticky tale of seed coat mucilages: production, genetics, and role in seed germination and dispersal. **Seed Science Research**, v.22, p.1-25, 2012.
- XU, M.; MA, H.; ZENGA, L.; CHENGA, Y.; LUA, G.; XU, J.; ZHANGA, X.; ZOU, X. The effect of waterlogging on yield and seed quality at the early flowering stage in *Brassica napus* L. **Field Crops Research**, v.180, p.238-245, 2015.
- YAMBUROV, M.S.; ASTAFUROVA, T.P.; ZHUK, K.V.; ROMANOVA, S.B.; SMOLINA, V.M. The effects of drought and flood stress on pollen quality and quantity in *Clivia miniata* (Lindl.) Bosse (Amaryllidaceae). **Biomedical and Pharmacology Journal**, v.7, p.575-580, 2014.
- YANG, X.; BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C.; HUANG, Z. More than just a coating: Ecological importance, taxonomic occurrence and phylogenetic relationships of seed coat mucilage. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.14, p.434- 442, 2012.
- ZANDONÁ, R.R.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, B.M.; RUCHEL, Q.; FRAGA, D.S. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta Daninha**, v.36, e018169361, 2018.
- ZANON, A.J.; WINCK, J.E.M.; STRECK, N.A.; DA ROCHA, T.S.M.; CERA, J.C.; RICHTER, G.L.; LAGO, I.; DOS SANTOS, P.M.; MACIEL, L.D.; GUEDES, J.V.C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v.74, p.400-411, 2015.
- ZHANG, X.K.; CHEN, J.; CHEN, L.; WANG, H.Z.; LI, J.N. Imbibition behavior and flooding tolerance of rapeseed seed (*Brassica napus* L.) with different testa color. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.55, p.1175-1184, 2008.
- ZHANG, Y.; SHA, Z.; GUAN, F.; WANG, C.; LI, Y. Impacts of geese on weed communities in corn production systems and associated economic benefits. **Biological Control**, v.99, p.47-52, 2016.

ZIMDAHL, R. **Fundamentals of Weed Science**. 4.ed. Londres: Academic Press, 2013. 664 p.

## **8 ANEXOS**

Anexo A - Análise de variância para as variáveis avaliadas de qualidade das sementes de capim-massambará e leiteira quando submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos para superação de dormência. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.

Experimento	GL <sup>1</sup>	PCG <sup>2</sup>	G <sup>3</sup>	PA <sup>4</sup>	SM <sup>5</sup>	SD <sup>6</sup>
I - Capim-massambará	6	*	*	*	*	*
II - Capim-massambará	4	*	*	NS	*	*
Leiteira	3	*	*	NS	*	*
	GL	TZ <sup>7</sup>	IVG <sup>8</sup>	CR <sup>9</sup>	CPA <sup>10</sup>	MST <sup>11</sup>
I - Capim-massambará	6	*	*	NS	*	*
II - Capim-massambará	4	*	*	NS	*	NS
Leiteira	3	NS	*	NS	NS	NS

<sup>1</sup>Graus de liberdade; <sup>2</sup>Primeira contagem de germinação; <sup>3</sup>Germinação; <sup>4</sup>Plântulas anormais; <sup>5</sup>Sementes mortas; <sup>6</sup>Sementes dormentes; <sup>7</sup>Tetrazolio; <sup>8</sup>Índice de velocidade de germinação; <sup>9</sup>Comprimento da raiz, <sup>10</sup>Comprimento da parte aérea; <sup>11</sup>Massa seca total. \* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade. NS Não significativo.

Anexo B - Análise de variância para as variáveis metabólicas teor de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (mM/g), TBARS (nM MDA g<sup>-1</sup> de MF) e extravasamento celular (EC - %) extraídos de folhas de soja e capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha ou leiteira em diferentes proporções de competição. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2019.

Espécies competidoras	Graus de liberdade	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	TBARS	EC
Soja x Capim-amargoso	3	*	NS	*
Soja x Capim-massambará	3	*	*	*
Soja x Caruru-de-mancha	3	NS	NS	NS
Soja x Leiteira	3	NS	*	*
Leiteira	3	NS	NS	NS

\* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade. NS Não significativo.

Anexo C - Análise de variância para as características agronômicas estatura, número de: entrenós, legumes e sementes, e, produtividade de soja quando em competição em diferentes proporções com as plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha ou leiteira. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécies competidoras	GL <sup>1</sup>	EST <sup>2</sup>	NE <sup>3</sup>	NL <sup>4</sup>	NS <sup>5</sup>	P <sup>6</sup>
Soja X Capim-amargoso	3	NS	NS	*	*	*
Soja X Capim-massambará	3	NS	NS	*	*	*
Soja X Caruru-de-mancha	3	NS	NS	*	*	*
Soja X Leiteira	3	NS	NS	*	*	*

<sup>1</sup>Graus de liberdade; <sup>2</sup>Estatura; <sup>3</sup>Número de entrenós; <sup>4</sup>Número de legumes; <sup>5</sup>Número de sementes; <sup>6</sup>Produtividade. \* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade. NS Não significativo.

Anexo D - Análise de variância para as variáveis avaliadas de qualidade das sementes de soja quando em competição em diferentes proporções das plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha ou leiteira. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

Espécies competidoras	GL <sup>1</sup>	PCG <sup>2</sup>	G <sup>3</sup>	IVG <sup>4</sup>	CDE <sup>5</sup>	CR <sup>6</sup>
Soja X Capim-amargoso	3	*	NS	*	NS	*
Soja X Capim-massambará	3	NS	*	NS	*	NS
Soja X Caruru-de-mancha	3	NS	NS	*	*	*
Soja X Leiteira	3	NS	NS	*	*	NS
	GL	CPA <sup>7</sup>	MSR <sup>8</sup>	MSPA <sup>9</sup>	PMS <sup>10</sup>	
Soja X capim-amargoso	3	*	NS	NS	NS	
Soja X capim-massambará	3	NS	*	*	NS	
Soja X caruru-de-mancha	3	NS	*	*	*	
Soja X leiteira	3	NS	NS	*	NS	

<sup>1</sup>Graus de liberdade; <sup>2</sup>Primeira contagem de germinação; <sup>3</sup>Germinação; <sup>4</sup>Índice de velocidade de germinação; <sup>5</sup>Condutividade elétrica; <sup>6</sup>Comprimento da raiz; <sup>7</sup>Comprimento da parte aérea; <sup>8</sup>Massa seca da raiz; <sup>9</sup>Massa seca da parte aérea; <sup>10</sup>Peso de mil sementes.

\* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade.

NS Não significativo.

Anexo E - Análise de variância para as variáveis avaliadas de qualidade de sementes das plantas daninhas capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha ou leiteira quando em competição em diferentes proporções com soja. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécies competidoras		GL <sup>1</sup>	PCG <sup>2</sup>	G <sup>3</sup>	PA <sup>4</sup>	SM <sup>5</sup>	SD <sup>6</sup>	TZ <sup>7</sup>
Capim-amargoso X Soja		3	*	*	*	*	-	-
Capim-massambará X Soja	X	3	NS	*	NS	*	-	-
Caruru-de-mancha X Soja		3	NS	NS	-	NS	NS	NS
Leiteira X Soja		3	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		GL	IVG <sup>8</sup>	CR <sup>9</sup>	CPA <sup>10</sup>	MST <sup>11</sup>	PMS <sup>12</sup>	NS <sup>13</sup>
Capim-amargoso X Soja		3	*	NS	*	*	*	NS
Capim-massambará X Soja	X	3	*	*	*	*	*	NS
Caruru-de-mancha X Soja		3	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Leiteira X Soja		3	NS	*	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup>Graus de liberdade; <sup>2</sup>Primeira contagem de germinação; <sup>3</sup>Germinação; <sup>4</sup>Anormais; <sup>5</sup>Mortas; <sup>6</sup>Dormentes; <sup>7</sup>Viáveis; <sup>8</sup>Índice de velocidade de germinação; <sup>9</sup>Comprimento da raiz; <sup>10</sup>Comprimento da parte aérea; <sup>11</sup>Massa seca total; <sup>12</sup>Peso de mil sementes; <sup>13</sup>Número de sementes.

\* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade.

NS Não significativo.

Anexo F - Análise de variância para os parâmetros de taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso de água (EUA) de plantas de capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira, aos sete e 14 dias após aplicação diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPeI, Capão do Leão, 2018.

Manejo de irrigação	GL <sup>1</sup>	A		Gs		Ci	
		Dias após a aplicação do tratamento					
		7	14	7	14	7	14
C. amargoso	2	*	*	NS	*	*	*
C. massambará	2	*	*	*	*	NS	NS
Caruru-de-mancha	2	*	-	*	-	*	-
Leiteira	2	*	*	*	*	*	*
		E		CE		EUA	
C. amargoso	2	*	NS	*	*	*	*
C. massambará	2	*	*	*	*	NS	*
Caruru-de-mancha	2	*	-	*	-	*	-
Leiteira	2	*	*	*	*	*	*

<sup>1</sup>Graus de liberdade; \* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade; NS Não significativo.

Anexo G - Análise de variância para extravasamento celular (EC), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e TBARS extraído de folhas de capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira em resposta a diferentes manejos de irrigação, sete e 14 dias após aplicação o tratamento. FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2018.

Manejo de irrigação	GL <sup>1</sup>	EC		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		TBARS	
		Dias após a aplicação do tratamento					
		7	14	7	14	7	14
C. amargoso	2	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C. massambará	2	*	NS	NS	NS	NS	NS
Caruru-de-mancha	2	*	-	*	-	NS	-
Leiteira	2	NS	NS	NS	NS	*	*

<sup>1</sup>Graus de liberdade; \* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade; NS Não significativo.

Anexo H - Análise de variância para as variáveis avaliadas de qualidade das sementes de capim-amargoso, capim-massambará e leiteira quando submetidas a diferentes manejos de irrigação. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2019.

Espécie	GL <sup>1</sup>	PCG <sup>2</sup>	G <sup>3</sup>	PA <sup>4</sup>	SM <sup>5</sup>	SD <sup>6</sup>	TZ <sup>7</sup>
C. amargoso	2	NS	NS	NS	NS	-	-
C. massambará	2	NS	NS	NS	-	NS	NS
Leiteira	2	*	*	NS	NS	*	*
	GL	IVG <sup>8</sup>	CR <sup>9</sup>	CPA <sup>10</sup>	MST <sup>11</sup>	PMS <sup>12</sup>	NSP <sup>13</sup>
C. amargoso	2	*	*	*	*	NS	*
C. massambará	2	*	NS	NS	NS	*	NS
Leiteira	2	*	NS	*	*	NS	*

<sup>1</sup>Graus de liberdade; <sup>2</sup>Primeira contagem de germinação; <sup>3</sup>Germinação; <sup>4</sup>Plântulas anormais; <sup>5</sup>Sementes mortas; <sup>6</sup>Sementes dormentes; <sup>7</sup>Tetrazolio; <sup>8</sup>Índice de velocidade de germinação; <sup>9</sup>Comprimento da raiz; <sup>10</sup>Comprimento da parte aérea; <sup>11</sup>Massa seca total; <sup>12</sup>Peso de mil sementes; <sup>13</sup>Número de sementes planta<sup>-1</sup>. \* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade. NS Não significativo.

Anexo I - Análise de variância para as variáveis avaliadas de qualidade das sementes de capim-amargoso, capim-massambará, caruru-de-mancha e leiteira após o teste de germinação, em função da época de coleta (meses). FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2018.

Espécie	GL <sup>1</sup>	SR <sup>2</sup>	PCG <sup>3</sup>	G <sup>4</sup>	PA <sup>5</sup>
C. amargoso	2	*	-	-	-
C. massambará	2	*	*	*	NS
Caruru-de-mancha	2	*	*	*	NS
Leiteira	2	*	-	-	-
	GL	SM <sup>6</sup>	SD <sup>7</sup>	TZ <sup>8</sup>	PER <sup>9</sup>
C. amargoso	2	-	-	-	-
C. massambará	2	NS	*	*	*
Caruru-de-mancha	2	NS	*	*	*
Leiteira	2	-	-	-	-

<sup>1</sup>Graus de liberdade; <sup>2</sup>Sementes remanescentes; <sup>3</sup>Primeira contagem de germinação; <sup>4</sup>Germinação; <sup>5</sup>Plântulas anormais; <sup>6</sup>Sementes mortas; <sup>7</sup>Sementes dormentes; <sup>8</sup>Tetrazolio; <sup>9</sup>Persistência. \* Significativo em nível de 0,05 de probabilidade. NS Não significativo.

## **VITA**

Andrés Antonio Monge Vargas é filho de Antonio Monge Mena e Luz Marina Vargas Fallas. Nasceu em 6 de novembro de 1982, no Município de Cartago, Cartago, Costa Rica. Formou-se pelo Colégio Liceo de Tarrazú em San Marcos de Tarrazú / San José no ano de 2000. No ano de 2001 ingressou no curso de Agronomia da Universidade da Costa Rica, onde se graduou como Engenheiro Agrônomo em 2007. No ano de 2007 começou a Licenciatura em Agronomia na mesma universidade, e se graduou em 2011. No período de 2009 a 2013 desenvolveu atividades como professor e pesquisador da Universidade da Costa Rica, atuando no Departamento de Produção de Culturas. Em 2015, concluiu o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, em Capão do Leão/RS, sob orientação do Prof. Dr. Dirceu Agostinetto, tendo ingressado no mesmo ano no curso de doutorado, na mesma instituição.