

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade

Tese



**Capim-annoni: germinação, caracterização morfoanatômica, genética e
absorção de herbicidas**

Fernanda Cassiane Caratti

Pelotas, 2019

Fernanda Cassiane Caratti

Capim-annoni: germinação, caracterização morfoanatômica, genética e absorção de herbicidas

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

Orientador: Dr.^a Fabiane Pinto Lamego

Co-Orientadores: Prof. Dr. Carlos E. Schaedler, Prof. Dr. Dirceu Agostinetto, Prof. PhD. Luis A. Avilla

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C262c Caratti, Fernanda Cassiane

Capim-annoni : germinação, caracterização morfoanatômica, genética e absorção de herbicidas / Fernanda Cassiane Caratti ; Fabiane Pinto Lamago, orientadora ; Luis Antonio Avilla, Dirceu Agostinetto, coorientadores. — Pelotas, 2019.

125 f.

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

1. Eragrostis plana. 2. Manejo. 3. Biologia. 4. Semente. 5. Campo nativo. I. Lamago, Fabiane Pinto, orient. II. Avilla, Luis Antonio, coorient. III. Agostinetto, Dirceu, coorient. IV. Título.

CDD : 632

Banca examinadora:

.....
Dr. Carlos Eduardo Schaedler
Doutor em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas.

.....
Dr. Dirceu Agostinetto
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

.....
Dr.^a Juliana Aparecida Fernando
Doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas.

.....
Dr. André Andres
Doutor em Ciência e Tecnologias Inovadoras pela Universidade de Turim, Itália.

.....
Dr.^a Fabiane Pinto Lamego (Orientadora).
Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aos meus pais, Rosa e Lirio;
As minhas irmãs, Léia e Laine e sobrinhos Helena e Heitor;
Ao meu esposo Pedro.

OFEREÇO E DEDICO

Agradecimentos

À Deus, pela proteção, força e inspiração, que me permitiu superar as dificuldades ao longo dessa etapa de minha vida, permitindo-me fazer as melhores escolhas, dando-me forças para lutar por meus objetivos e sonhos.

Aos meus Pais Rosa e Lirio e as minhas irmãs Léia e Laine, que me deram toda a estrutura para que me tornasse a pessoa que sou hoje. Pela confiança e pelo amor que me fortalece todos os dias. E aos meus amados sobrinhos Heitor e Helena que alegram e inspiram meus dias.

Ao meu amado Pedro, pelo companheirismo, apoio e paciência.

Aos meus cunhados Robson e Tiago, e aos sogros Suzana, Dionízio e Denise pela amizade e apoio.

Em especial agradeço a professora Dr^a Fabiane Pinto Lamego pela orientação e presença em momentos de esclarecimentos; pela paciência, competência, confiança, transferência de conhecimentos e principalmente, pela amizade.

Aos professores Dr. Carlos Eduardo Schaedler, Dr. Dirceu Agostinetti e PhD. Luis Antonio de Avila pela coorientação, amizade, conhecimento e experiências compartilhadas. Aos demais professores e funcionários do programa, meu muito obrigado.

Ao Instituto de Biologia da UFPel, em especial ao Laboratório de Anatomia Vegetal e professoras Juliana A. Fernando e Raquel Lüdtkke, e a técnica de laboratório Thaize D. Wehrmeister pelo auxílio na execução de parte do estudo.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial ao professor Aldo Merotto Jr., os técnicos Fábio Berndt e Gustavo M. Leão, e ao doutorando Mateus Gallon pelo auxílio na execução de parte do estudo.

À “University of Arkansas” e, em especial, à Dr. Nilda Roma Burgos pela oportunidade, suporte, receptividade, orientação e amizade durante meu doutorado sanduíche.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À CAPES e a Embrapa Pecuária Sul pelo apoio financeiro na condução da pesquisa.

A todos os amigos (as) pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas de pós-graduação e estagiários do Centro de Herbologia (CEHERB) da FAEM/UFPEL.

Agradeço à todos que contribuíram, de uma forma ou de outra, para esta conquista.

Muito Obrigada!

*"Eu quase que nada não sei.
Mas desconfio de muita coisa".
João Guimarães Rosa*

Resumo

CARATTI, Fernanda Cassiane. **Capim-annoni: germinação, caracterização morfoanatômica, genética e absorção de herbicidas**. Orientadora: Fabiane Pinto Lamego. 2019. 125 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

O capim-annoni (*Eragrostis plana* Ness) é a principal planta daninha em campos de pastagem nativa no Estado do Rio Grande do Sul (RS), trazendo prejuízos à pecuária desenvolvida nos Campos Sulinos que compõem o Bioma Pampa. A carência de informações sobre a espécie, dificulta a adoção de estratégias de manejo. Diante disso, os objetivos do presente estudo foram: elucidar aspectos que envolvem a germinação de sementes de capim-annoni em diferentes condições de temperatura, luminosidade, estresse hídrico, bem como comparar acessos e estabelecer a temperatura ótima para a germinação (Capítulo I); comparar características morfoanatômicas e genéticas entre acessos de capim-annoni, determinar o nível de ploidia e estimar o tamanho do genoma (Capítulo II); caracterizar o banco de sementes do capim-annoni em campo nativo com adoção do MIRAPASTO, com e sem o controle das plantas de capim-annoni e em sistema de integração lavoura pecuária, avaliando a distribuição vertical das sementes no perfil do solo (Capítulo III) e, avaliar o efeito da associação glifosato + fluazifop, glifosato + flumioxazina e glifosato isolado no controle, absorção e translocação de ^{14}C -glifosato em plantas de capim-annoni (Capítulo IV). Os resultados obtidos demonstram que a temperatura ótima de germinação para acessos de *E. plana* oriundos de diferentes regiões do RS fica entre 39 e 40°C; os acessos germinam preferencialmente na presença de luz, com tolerância intermediária ao estresse hídrico. Uma única planta de capim-annoni produz de 37.000 a 111.000 sementes planta⁻¹. A variabilidade genética identificada através do marcador ribossomal ITS4-ITS5 foi superior em relação ao marcador plastidial rps16x2F2-trnK, no entanto, os acessos apresentaram baixas diversidades haplotípica e nucleotídica, inferindo que as populações do RS analisadas são oriundas de um evento fundador composto por uma ou poucas populações. *E. plana* é uma espécie diploide e possui tamanho do genoma de 424 Mpb. Em área de pastagem natural em recuperação onde o capim-annoni é controlado, o banco de sementes da espécie concentra-se na camada mais superficial de 0-5cm e tende a ser exaurido em sistema ILP com o passar dos anos. O herbicida glifosato controla plantas de capim-annoni em estágio de 2-3 filhotes e, quando associado a fluazifop, aumenta a translocação de ^{14}C -glifosato para o sistema radicular do capim-annoni.

Palavras-Chave: *Eragrostis plana*, biologia, campo nativo, manejo, semente.

Abstract

CARATTI, Fernanda Cassiane. **Lovegrass: germination, morphoanatomic characterization, genetics and herbicide absorption**. Advisor: Fabiane Pinto Lamego. 2019. 125 f. Doctoral Dissertation in Crop Protection - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

Tough lovegrass (*Eragrostis plana* Ness) is the main weed in native pasture fields in the state of Rio Grande do Sul (RS), causing damage to livestock developed in the Campos Sulinos that make up the Pampa biome. The lack of information about the species makes it difficult to adopt management strategies. Therefore, the objectives of the present study were: to elucidate aspects that involve the germination of tough lovegrass seeds under different conditions of temperature, luminosity, water stress, as well as to compare accessions and to establish the optimal temperature for germination (Chapter I); to compare morphoanatomic and genetic characteristics among accessions of tough lovegrass, to determine ploidy level and to estimate genome size (Chapter II); to characterize the tough lovegrass seed bank in a rangeland with the adoption of MIRAPASTO, with and without the control of tough lovegrass plants and in a livestock crop integration system, evaluating the vertical distribution of seeds in the soil profile (Chapter III) and to evaluate the effect of glyphosate + fluazifop, glyphosate + flumioxazina and glyphosate alone in the control, absorption and translocation of ¹⁴C-glyphosate in tough lovegrass plants (Chapter IV). The results show that the optimum germination temperature for *E. plana* accessions from different regions of RS is between 39 and 40°C; the accessions germinate preferentially in the presence of light, with intermediate tolerance to water stress. A single tough lovegrass plant produces from 37,000 to 111,000 seeds plant⁻¹. The genetic variability identified by the ribosomal marker ITS4-ITS5 was higher than the plastidial marker rps16x2F2-trnK, however, the accessions presented low haplotypic and nucleotide diversity, inferring that the populations of RS analyzed come from a founding event composed by a or few populations. *E. plana* is a diploid species and has genome size of 424Mpb. In an area of recovering natural pasture where tough lovegrass is controlled, the species seed bank is concentrated in the 0-5cm surface layer and tends to be depleted in the ILP system over the years. Glyphosate herbicide controls tough lovegrass plants at 2-3 tillers and, when associated with fluazifop, increases the translocation of ¹⁴C-glyphosate to the tough lovegrass root system.

Keywords: *Eragrostis plana*, biology, management, rangeland, seed.

Lista de Figuras

- Figura 1 - Pontos de coleta de sementes de capim-annoni (*Eragrostis plana*) no estado do Rio Grande do Sul. Precipitação (mm) e temperatura (°C) média mensal dos últimos 30 anos (1988 à 2018) com base no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), latitude Sul (S) e longitude oeste (w). UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.....27
- Figura 2 - Germinação cumulativa (%) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Bagé (BAG), Palmitinho (PAL), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vera Cruz (VC), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Passo Fundo (PF), Caçapava (CAÇ), Santa Vitória do Palmar (SVP) em relação ao tempo (horas) para cinco temperaturas (25, 30, 35, 40 e 43°C). Curvas foram ajustadas para valores observados usando a Equação 1, com valores dos parâmetros mostrados na Tabela1. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017..32
- Figura 3 - Germinação cumulativa (%) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Bagé (BAG), Palmitinho (PAL), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vera Cruz (VC), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Passo Fundo (PF), Caçapava (CAÇ), Santa Vitória do Palmar (SVP), em relação ao tempo (horas), com ou sem a presença de luz. Curvas foram ajustadas para valores observados, usando a Equação 1, com valores dos parâmetros mostrados na Tabela 2. UFPel, Capão do Leão/RS, 201736
- Figura 4 - Germinação cumulativa (%) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Bagé (BAG), Palmitinho (PAL), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vera Cruz (VC), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Passo Fundo (PF), Caçapava (CAÇ),

Santa Vitória do Palmar (SVP), em relação ao tempo (horas), para seis potenciais hídricos(-MPa) a 35°C de temperatura. Curvas foram ajustadas para valores observados, usando a Equação 1, com valores dos parâmetros mostrados na Tabela 3. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017....38

Figura 5 - Germinação cumulativa (%) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Bagé (BAG), Palmitinho (PAL), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vera Cruz (VC), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Passo Fundo (PF), Caçapava (CAÇ), Santa Vitória do Palmar (SVP), em relação ao tempo (horas), para seis potenciais hídricos (-MPa) a 40°C. Curvas foram ajustadas para valores observados, usando a Equação 1, com valores dos parâmetros mostrados na Tabela 4. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.41

Figura 6 - Efeito da profundidade do solo na emergência de plântulas de capim-annoni (*Eragrostis plana*). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5%. As barras representam intervalos de confiança para 95%. UARK, Fayetteville/AR, EUA, 2018.....43

Figura 7 - Pontos de coletas de sementes de capim-annoni (*Eragrostis plana*) no estado do Rio Grande do Sul. Precipitação (mm) e temperatura (°C) média mensal dos últimos 30 anos (1988 at 2018 - Fonte: INMET), latitude sul (S) e longitude oeste (W). UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.....55

Figura 8 - Corte transversal na região da nervura central das folhas de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Palmitinho (PA), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA). Ep. Abaxial (epiderme abaxial); Ep. Adaxial (epiderme adaxial); F (floema); X (xilema); Ee (extensão esclerenquimática); Kr (anatomia Kranz); Ep (extensão parenquimática); T (tricomas), na objetiva de 20X. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/2018...68

Figura 9 - Seção transversal das raízes de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Palmitinho (PA), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA). Ae (aerênquima); Mp (medula parenquimática); F (floema); X (xilema), na objetiva de 20X. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/2018.....70

- Figura 10 - Gráfico em barras gerado pela análise implementada no programa BAPS (Bayesian Analysis of Population Structure) a qual estima a probabilidade posterior da formação de grupos que são representados pelas cores para o marcador ribossomal ITS4- ITS5. Cada indivíduo é representado por uma única barra vertical atribuída aos quatro grupos K (vermelho, amarelo, verde e azul). UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018.75
- Figura 11 - Gráfico em barras gerado pela análise implementada no programa BAPS (Bayesian Analysis of Population Structure) a qual estima a probabilidade posterior da formação de grupos que são representados pelas cores para o marcador marcador plastidial rps16x2F2-trnK. Cada indivíduo é representado por uma única barra vertical atribuída aos três grupos K (vermelho, azul e verde). UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018.....75
- Figura 12 - Esquema de distribuição das amostras de solo (três profundidades de coleta) em bandeja, utilizando divisórias, mantidas em bancadas em casa de vegetação. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/2018.....84
- Figura 13 - Valores médios de plântulas emergidas m^{-2} de capim-annoni (*Eragrostis plana*) em três camadas de solo: 0 - 5, 5 - 10 e 10 - 20 cm, oriundas dos sistemas de manejo: Método Integrado de Recuperação de Pastagens (MIRAPASTO), Infestado e Integração Lavoura-Pecuária (ILP), em duas épocas de coletas: maio/2017 (A) e setembro/2017 (B). Médias seguidas por letras distintas maiúsculas diferem entre manejos dentro de cada profundidade, e seguidas por letras distintas minúsculas diferem entre profundidades do solo para cada manejo, pelo teste da Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. Barras em cada coluna são erro padrão das médias. Embrapa, Bagé/RS, 2017/2018.86
- Figura 14 – Análise de banco de sementes do solo a partir de plântulas emergidas m^{-2} das espécies de plantas daninhas mais frequentes em três profundidades do solo: 0 - 5, 5 - 10 e 10 - 20cm, em três sistemas: Integração Lavoura-Pecuária (soja/azevém) ILP (A), Infestado (B) e Método Integrado de Recuperação de Pastagens - MIRAPASTO (C), em

duas épocas - maio (1) e setembro (2). Barras em cada coluna são erros padrão das médias. Embrapa, Bagé/RS, 2017/2018.90

Figura 15 - Médias de absorção e translocação ^{14}C -glifosato 24 (A) e 72 (B) horas após aplicação (HAA), expressas em porcentagem: total (absorção e translocação), folha tratada (FT), acima da folha tratada (acima FT), abaixo FT (abaixo da folha tratada), raiz e afilhos em plantas de capim-annoni (*Eragrostis plana*). Letras similares indicam que não há diferenças entre as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$). As barras representam o erro padrão. CSES/UARK, Fayetteville/AR, EUA, 2018/19..... 101

Figura 16 - Autoradiografia de capim-annoni (*Eragrostis plana*) com: glifosato, glifosato + fluazifop e glifosato + flumioxazina com adição de ^{14}C -glifosato 24 e 72 HAT. (A) planta prensada, (B) autoradiografia da translocação. CSES/UARK, Fayetteville/AR, EUA, 2018/19. 104

Lista de Tabela

- Tabela 1 - Temperatura base estimada (T_b), temperatura ótima (T_o), temperatura máxima (T_m) e valores dos parâmetros: inclinação em torno do T_{50} (b), taxa de germinação (T_{50}), germinação máxima (d), com intervalos de confiança (95%) para acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*), UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.....33
- Tabela 2 - Germinação de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) na condição sem e com a presença de luz. Valores dos parâmetros: inclinação em torno do T_{50} (b), taxa de germinação (T_{50}), germinação máxima (d), com intervalos de confiança (95%), UFPel, Capão do Leão, 201737
- Tabela 3 - Potencial hídrico base estimado (Ψ_b) e valores dos parâmetros: inclinação em torno do T_{50} (b), taxa de germinação (T_{50}), germinação máxima (d), em temperatura de 35°C com intervalos de confiança (95%), UFPel, Capão do Leão/RS, 201739
- Tabela 4 - Potencial hídrico base estimado (Ψ_b) e valores dos parâmetros: inclinação em torno do T_{50} (b), taxa de germinação (T_{50}), germinação máxima (d), em temperatura de 40°C com intervalos de confiança (95%), UFPel, Capão do Leão/RS, 201742
- Tabela 5 - Sequência nucleotídica e características dos marcadores utilizados na amplificação de DNA do cloroplasto e nuclear. UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.59
- Tabela 6 – Características morfológicas de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) oriundos de sementes coletadas em regiões do estado do Rio

Grande do Sul na antese: Estatura/planta (E), Comprimento da maior lamina foliar/planta (Comp>LF), Comprimento da bainha da maior lamina foliar/planta (compB>LF), comprimento da folha bandeira/planta (CompFB), comprimento da bainha da folha bandeira/planta (ComBFB), largura da maior lâmina foliar/planta (Larg>LF), largura da folha bandeira/planta (LargFB), na antese (150 dias após a emergência). UFPel, Capão do Leão/RS, 2016/2017/201863

Tabela 7 – Características morfológicas de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) oriundas de sementes coletadas em regiões do estado do Rio Grande do Sul, na antese: Comprimento do pedúnculo/planta (CPed), comprimento da panícula/planta (Cpan), volume da raiz/planta (VR), massa da matéria seca da parte radicular/planta (MMSPR), massa da matéria seca da parte aérea/planta (MMSPA), área foliar/planta (AF), na antese (150 dias após a emergência). UFPel, Capão do Leão/RS, 2016/2017/201864

Tabela 8 - Número de afilhos produzidos em um ano por planta (Nº afilhos/ano/pl), número de panículas produzido em um ano por planta (Nº panículas/ano/pl), número de sementes produzido por panícula (Nº sementes/panícula) e número de sementes produzidas por ano por planta (Nº sementes/ano/planta) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) de regiões do estado do Rio Grande do Sul. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/201865

Tabela 9 - Espessura da lignina na nervura principal (EL), espessura da cutícula (EC), área de extensão das células parenquimáticas (AEP), comprimento dos tricomas (CT), área das células buliformes (ACB), área de extensão do aerênquima (AEA) das folhas e área de extensão do aerênquima (AEA) das raízes de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) de regiões do Rio Grande do Sul. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/201867

Tabela 10 - Índice de diversidade genética: n (número de indivíduos); NH (número de haplótipos); DN (Diversidade nucleotídica); DH (Diversidade de haplótipos); e testes de neutralidade: Fs (Estatística Fs de Fu); D (D de

Tajima), dos acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) para o marcador ribossomal ITS4-ITS5. UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/2019.71

Tabela 11 - Índice de diversidade genética: n (número de indivíduos); NH (número de haplótipos); DN (Diversidade nucleotídica); DH (Diversidade de haplótipos); e testes de neutralidade: Fs (Estatística Fs de Fu); D (D de Tajima), dos acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) para o marcador plastidial rps16x2F2-trnK. UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/2019.....71

Tabela 12 - Análise de variância molecular (AMOVA) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) para o marcador ribossomal ITS4-ITS5. UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/201973

Tabela 13 - Análise de variância molecular (AMOVA) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) para o marcador plastidial rps16x2F2-trnK. UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/201973

Tabela 14 – Controle visual e redução da massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) de capim-annoni (*Eragrostis plana*) (%) aos 7, 14, 21 e 28 dias após tratamento (DAA) de glifosato, fluazifop, flumioxazina, glifosato associado com fluazifop (Gli+Fluazifop), e com flumioxazina (Gli+Flumioxazina). CSES/UARK, Fayetteville/AR, EUA, 2018/1999

Sumário

1 INTRODUÇÃO	19
2 CAPÍTULO I – GERMINAÇÃO DE ACESSOS DE <i>ERAGROSTIS PLANA</i> COM BASE EM FAIXA DE TEMPERATURA, LUZ, POTENCIAL HÍDRICO E PROFUNDIDADE DO SOLO.....	24
2.1 INTRODUÇÃO	24
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
2.2.1 Temperatura.....	28
2.2.2 Luz.....	28
2.2.3 Potencial hídrico (osmótico)	29
2.2.4 Profundidade das sementes no solo	29
2.2.5 Análise estatística	30
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
2.3.1 Temperatura.....	31
2.3.2 Luz.....	34
2.3.3 Potencial hídrico (osmótico)	37
2.3.4 Profundidade das sementes no solo	43
2.4 CONCLUSÃO	50
3 CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA E ESTRUTURA GENÉTICA DE ACESSOS DE CAPIM-ANNONI DO RIO GRANDE DO SUL.....	52
3.1 INTRODUÇÃO	52
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	54
3.2.1 Caracterização morfológica.....	55
3.2.2 Caracterização anatômica.....	56
3.2.3 Caracterização genética.....	57
3.2.4 Tamanho do genoma e estimativa do nível de ploidia	61
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
3.3.1 Morfologia.....	62

(cm ³).....	64
3.3.2 Anatomia	66
3.3.3 Análise de diversidade genética e variância molecular	70
3.3.4 Estrutura populacional.....	74
3. 4 CONCLUSÃO	78
4 CAPÍTULO III – CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO DE <i>ERAGROSTIS PLANA</i> EM DOIS SISTEMAS: CAMPO NATIVO MELHORADO E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	79
4.1 INTRODUÇÃO	79
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	82
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	84
4. 4 CONCLUSÃO	93
5 CAPÍTULO IV - EFICÁCIA, ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DE GLIFOSATO ISOLADO E ASSOCIADO A OUTROS HERBICIDAS NO CONTROLE DO CAPIM-ANNONI	94
5.1 INTRODUÇÃO	94
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	96
5.2.1 Eficácia.....	96
5.2.2 Absorção e translocação.....	97
5.3 Resultados e discussão.....	98
5.3.1 Eficácia.....	98
5.3.2 Absorção e translocação.....	100
5. 4 CONCLUSÃO	105
6 CONCLUSÕES GERAIS	107
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
VITA	126

1 Introdução

O capim-annoni (*Eragrostis plana* Ness) foi introduzido no Rio Grande do Sul (RS) em 1957, como contaminante em sementes de espécies forrageiras de *Chloris gayana* Kunth e *Eragrostis curvula* Schrader, importadas da África do Sul (REIS; COELHO, 2000; FERREIRA; MEDEIROS; SOARES, 2008). Posteriormente, foi erroneamente disseminado por acreditar-se que possuía potencial como planta forrageira e foi propagado para várias regiões do RS, incluindo outros estados do Brasil (Paraná, Mato Grosso e Santa Catarina, principalmente) (MEDEIROS; SAIBROS; FOCHT, 2009). Ocorre também em campos na Argentina e Uruguai (BOGGIANO et al., 2004), há evidências de ocorrência em regiões da Ásia e Índia (BOECHAT; LONGHI-WAGNER, 2000). Há relatos de *E. plana* nos Estados Unidos; inicialmente foi reportada sua introdução na Carolina do Sul (GOULD; LONARD, 1970), sendo mais tarde encontrada e identificada em uma pradaria costeira no sudeste do Texas (REID et al., 2015).

Comparada às espécies nativas e abundantes que ocorrem nos campos no sul do Brasil chamados de Campos Sulinos e que compõem o Bioma Pampa, *E. plana* possui baixa qualidade forrageira (MEDEIROS; SAIBROS; FOCHT, 2009). Ela apresenta características que lhes conferem vantagens competitivas em relação às espécies nativas, o que aliado a sua capacidade de produzir substâncias alelopáticas, favorece sua ocupação preferencialmente do nicho (REIS; COELHO, 2000; FAVARETTO et al., 2019). Além disso, a possível produção de compostos alelopáticos pelo capim-annoni indica autotoxicidade como mecanismo que pode estar envolvido no controle da germinação e crescimento da própria espécie, podendo explicar a distância entre suas touceiras comumente ocorrente nos campos onde infesta (FAVARETTO; SCHEFFER-BASSO; PEREZ, 2017).

Em estudo avaliando o ganho médio diário de peso (GMD) de bovinos em área infestada com capim-annoni e em área com controle desta planta daninha pela aplicação seletiva de glifosato por meio da tecnologia Campo Limpo, o GMD durante um ano equivaleu a 242g na pastagem infestada, enquanto que se obteve 76% a mais na pastagem em que o capim-annoni foi controlado (SOUZA et al., 2014). Alta população desta espécie nos campos, reduz a proporção da pastagem nativa e, neste caso, o gado acaba vindo a se alimentar do capim-annoni, que apresenta baixa qualidade nutricional, resultando em baixo desempenho animal.

Como planta daninha, o capim-annoni apresenta elevada produção de sementes, as quais são pequenas (0,14 X 0,06 X 0,04cm) e apresentam alta capacidade germinativa e habilidade para enterrar-se, evitando a germinação precoce (KISSMANN, 1991; MEDEIROS et al., 2007). A rusticidade do capim-annoni associada à grande produção de sementes, à longevidade e à facilidade de dispersão das sementes, constituem características que permitem a espécie invadir novas áreas e se estabelecer facilmente.

A invasão de espécies exóticas é um dos fatores que mais ameaça a manutenção da biodiversidade dos campos, pois afeta negativamente a estrutura da comunidade nativa (PIVELLO et al., 1999; YOSHIOKA et al., 2010). A introdução do capim-annoni principalmente na áreas de campo nativo, além de comprometer a diversidade de espécies presentes nesse ambiente, tem causado impactos negativos na pecuária extensiva, principal atividade econômica destas áreas.

Para o desenvolvimento de partes do presente estudo, coletas de sementes de capim-annoni foram realizadas em dez regiões do Rio Grande do Sul (RS), sendo possível encontrá-lo em todos os locais visitados, permitindo inferir que sua disseminação foi eficiente no estado. No entanto, sua incidência é maior em determinadas regiões, principalmente aquelas que compõem o Bioma Pampa. Considerando que sua introdução ocorreu na década de 1950, não há informação comparativa quanto à diversidade e estrutura genética da espécie presente em diferentes regiões do RS até então; é provável que as condições climáticas e ambientais tenham resultado em alterações para proporcionar a adaptação aos diferentes ambientes e, ainda, é possível que tenha ocorrido hibridização entre espécies do gênero *Eragrostis*, resultando em diversidade genética da espécie. Variações genéticas herdáveis encontradas entre e dentro de espécies, populações de

uma espécie, ou indivíduos de uma população são determinadas como diversidade genética (HUGHES et al., 2008).

Além da facilidade de dispersão e ocorrência do capim-annoni no RS, este apresenta características que permitem se manter no ambiente, através da formação do banco de sementes. Compreende-se que ampla variedade de sementes respondem a condições ambientais variáveis, o que as permitem entrar em um estado reversível de atividade metabólica reduzida, fenômeno conhecido como dormência (LENNON; JONES, 2011). Espécies cuja sementes possuem capacidade de entrar em dormência, essa permite com que se acumulam em muitos sistemas, resultando na formação de um banco de sementes, formando reservatório de diversidade genética e fenotípica (JONES; LENNON, 2010; LOCEY; FISK; LENNON, 2017). Este reservatório de diversidade abaixo do solo, interage com a vegetação, compondo uma comunidade; desse modo, analisar simultaneamente a diversidade acima e abaixo do solo permite melhor compreensão ecológica em resposta à variação ambiental (PLUE et al., 2017). O banco de sementes do solo é constituído por sementes dormentes e não dormentes. No entanto, a persistência destas é variável de acordo com a profundidade em que se encontram no perfil do solo (DAVIS et al., 2008).

Diversos fatores interagem na regulação da composição e dinâmica do banco de sementes no solo. A luz e a temperatura desempenham a função de sensores quanto ao posicionamento da semente; assim, sementes fotoblásticas positivas localizadas em maiores profundidades no solo, não recebem luz adequada e também não respondem às alterações diárias de temperatura (VIDAL et al., 2007). Ainda, em alguns casos, a luz pode induzir ou eliminar mecanismos de dormência, tornando-se essencial para o processo da germinação (GUIMARÃES; SOUZA; PINHO, 2000). A temperatura desempenha papel importante na velocidade de absorção de água e em todas as reações bioquímicas que desencadeiam a germinação, refletindo, no percentual e na velocidade de germinação (MARCOS FILHO, 2015).

O conhecimento das exigências requeridas pelas sementes de capim-annoni para o início do processo de germinação, viabilidade do banco de sementes, variabilidade genética e manejo químico são ferramentas importantes para auxiliar o manejo integrado da espécie.

O capim-annoni é atualmente um dos problemas mais importantes em áreas de campo nativo, devido a sua baixa qualidade forrageira e alta capacidade de suprimir espécies nativas. Deste modo, estudos como este se justificam visando avaliar o

comportamento no processo de germinação, características morfoanatômicas e genéticas entre acessos encontrados nas regiões do estado do RS; respostas no controle com associações de herbicidas e dinâmica do banco de sementes sob diferentes manejos. Estas informações se fazem necessárias, de modo a traçar estratégias de manejo que possam auxiliar na contenção desta importante planta daninha.

As hipóteses testadas no presente estudo foram: (I) sementes de capim-annoni são fotoblásticas positivas, com temperatura ideal para germinação próxima a 25°C, podendo haver variações de maior amplitude entre acessos oriundos de diferentes regiões do estado do Rio Grande do Sul, além de respostas diferenciadas a condições de estresse hídrico; (II) há variabilidade morfológica, anatômica e genética entre acessos de *Eragrostis plana* oriundos de diferentes regiões do RS devido à adaptações da espécie; (III) banco de sementes do solo em campo nativo sob recuperação pelo Método Integrado de Recuperação de Pastagens (MIRAPASTO), caracteriza-se por concentrar sementes da planta daninha em camadas mais superficiais e, juntamente à integração lavoura pecuária (ILP), impede o estabelecimento de plantas de capim-annoni na área, não permitindo reabastecimento do banco de sementes do solo; (IV) associação do herbicida glifosato com o herbicida inibidor da enzima ACCase (acetyl coenzima A carboxilase) fluazifop, melhora a absorção, translocação e a eficiência de controle do capim-annoni.

Os objetivos do trabalho foram: elucidar aspectos que envolvem a germinação de sementes de capim-annoni em diferentes condições de temperatura, luminosidade, estresse hídrico, bem como comparar acessos e estabelecer a temperatura ótima para a germinação e avaliar a emergência em diferentes profundidades no perfil do solo; (Capítulo I); comparar características morfoanatômicas de folhas e raízes entre acessos de capim-annoni, bem como analisar a estrutura genética dos diferentes acessos, determinar o tamanho do genoma e estimar o nível de ploidia do capim-annoni, (Capítulo II); caracterizar o banco de sementes do capim-annoni em campo nativo com adoção do MIRAPASTO, com e sem o controle das plantas adultas de capim-annoni e em sistema de integração lavoura pecuária, avaliando a distribuição vertical das sementes no perfil do solo (Capítulo III); avaliar o efeito das associações de glifosato com fluazifop, com flumioxazina e isolado no controle, absorção e translocação de ¹⁴C-glifosato em plantas de capim-annoni (Capítulo IV).

2 CAPÍTULO I – Germinação de acessos de *Eragrostis plana* com base em faixa de temperatura, luz, potencial hídrico e profundidade do solo

2.1 Introdução

Eragrostis plana Ness, conhecido popularmente como capim-annoni no Brasil, é uma planta daninha nativa da África do Sul, introduzida no Rio Grande do Sul (RS) em 1957 por meio da contaminação de sementes de espécies forrageiras (*Chloris gayana* Kunth e *Eragrostis curvula* Schrader) importadas da África do Sul (FERREIRA; MEDEIROS; SOARES, 2008; KISSMANN, 1991; MEDEIROS; PILLAR; REIS, 2004; REIS; COELHO, 2000). Encontra-se amplamente disseminado nos Campos Sulinos que englobam o Bioma Pampa no RS.

Embora sua permanência e expansão possam estar relacionadas à atividade pecuária que favorece sua disseminação, questiona-se se nestes 60 anos de ocorrência no Sul do Brasil o capim-annoni teria alguma “adaptação” e/ou “adaptações” que favoreça sua persistência em maior concentração em determinadas regiões do estado. Dentre essas possíveis adaptações, a temperatura, a luz e a tolerância a variações de potencial hídrico/osmótico podem afetar diretamente a capacidade de germinação das sementes. A semente é a principal forma de dispersão da planta daninha e, também, com a presença dos animais na pastagem infestada, a dispersão é ampliada ao ingerirem as inflorescências, geralmente atrativas se comparadas às folhas muito lignificadas (LISBOA et al., 2009).

A germinação de sementes consiste numa sequência de eventos fisiológicos, influenciada por fatores externos e internos. Entre os fatores externos que mais afetam estão a temperatura, luz, umidade e oxigênio (BORGES; RENA 1993); entre os endógenos, estão fitohormônios e substâncias inibidoras não fitohormonais, incluindo

a dormência tegumentar. A temperatura desempenha papel importante na velocidade de absorção de água e em todas as reações bioquímicas que desencadeiam a germinação, refletindo, no percentual e na velocidade de germinação (MARCOS FILHO, 2015). A germinação também pode variar entre regiões, devido a adaptações locais de clima (YANG et al., 1999), auxiliando no entendimento da expansão da espécie.

A luz é um dos fatores mais importantes na regulação da germinação de sementes para muitas espécies de plantas, como por exemplo, desde a *Arabidopsis* (AUGE et al., 2018), a diversas plantas daninhas como o arroz daninho (LEE et al., 2010), *Eleusine indica* (CHAUHAN; JOHNSON, 2008), *Emex spinosa* e *Emex australis* (JAVOID; TANVEER, 2014), entre outras. Isto porque o fitocromo desempenha papel significativo na dormência das sementes, a luz atua na conversão para sua forma ativa Fve (fitocromo vermelho extremo) desencadeando a síntese de giberelinas (GA) que atuam no processo de germinação (FOOTITT et al., 2013; TOYOMASU et al., 1998). A percepção, interpretação e transdução dos sinais luminosos são captados por fotorreceptores, os fitocromos. Esse processo ocorre basicamente sob duas formas interconversíveis: a forma Fv (fitocromo vermelho), considerada fisiologicamente inativa, com pico de absorção na região do comprimento de onda vermelho (660 a 700 nm), e a forma Fve, cujo pico de absorção se encontra na faixa do vermelho extremo (em torno de 730 nm), sendo esta considerada a forma ativa do fitocromo (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2014). Quando se apresenta na forma ativa, atinge concentrações suficientes para iniciar o processo de germinação, por meio da síntese de hormônios e o reinício da transcrição de mensagens (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2014).

A taxa e a duração de embebição da semente podem ser governadas pelo potencial de água no solo e pela resistência do movimento de água no sistema solo-semente, ocorrendo de um potencial mais alto para um mais baixo (ROMAN; MURPHY; SWANTON, 2000), de modo que, a taxa de germinação cresce linearmente à medida que o potencial hídrico da semente se eleva acima do potencial hídrico base, até a taxa de germinação máxima ($\Psi = 0$ MPa) (BIDGOLY et al., 2018). É importante a presença de um nível apropriado de hidratação que possibilite a reativação dos processos metabólicos, culminando no crescimento do embrião (MARCOS FILHO, 2015).

A rusticidade do capim-annoni associada, à facilidade de dispersão de suas sementes, constituem características que permitem a espécie invadir novas áreas e se estabelecer facilmente. De maneira geral, para sementes não dormentes a germinação

ocorre em uma faixa de temperatura mais ampla, sendo que a temperatura afeta nesta situação apenas a velocidade de germinação (BEWLEY et al., 2013). Esta faixa térmica pode ser caracterizada por três temperaturas cardeais: temperatura base (T_b), temperatura ótima (T_o) e a temperatura máxima para germinação de sementes (T_m). T_o é a temperatura na qual a germinação é mais rápida, enquanto T_b e T_m são as temperaturas abaixo e acima das quais a germinação da semente não ocorre (BEWLEY et al., 2013)

Estudos avaliando a germinação de algumas poaceas, verificaram que a T_o para o capim-arroz é 25°C (GUILLEMIN et al., 2013), no caso do capim-massambará (*Sorghum halepense*) uma espécie perene a T_o está entre 25 e 30°C (YAZLIK; UREMIS, 2015). A determinação da T_o para sementes de capim-annoni oriundas de Santa Catarina foi equivalente a 36,6°C, sendo que a temperatura de 35°C foi aquela que resultou na maior taxa de germinação (BITTENCOURT et al., 2017). Ainda, os autores verificaram que a luz afeta a germinação, havendo aumento percentual de plântulas anormais quando essas emergiram de sementes em condição de ausência de luz. Estudos comparando a germinação entre acessos de capim-annoni originários do Rio Grande do Sul, estado com maior incidência da espécie e onde ela causa maior dano à pecuária conduzida em campo nativo, são carentes na literatura até então. Todavia, conhecer a faixa de temperatura é importante para o entendimento dos padrões de emergência da planta daninha potencialmente a partir do banco de sementes do solo, e assim permitir sincronizar estratégias de manejo em épocas de maior presença de plântulas emergidas na área.

A hipótese deste capítulo é que sementes de capim-annoni são fotoblásticas positivas, com temperatura ideal para germinação próxima a 25°C, podendo haver variações de maior amplitude entre acessos oriundos de diferentes regiões do estado do Rio Grande do Sul, além de respostas diferenciadas a condições de estresse hídrico. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi elucidar aspectos que envolvem a germinação de sementes de capim-annoni em diferentes condições de temperatura, luminosidade, estresse hídrico, bem como comparar acessos e estabelecer a temperatura ótima para a germinação e avaliar a emergência em diferentes profundidades no perfil do solo.

2.2 Material e Métodos

Sementes de capim-annoni foram coletadas em dez regiões do Estado do Rio Grande do Sul (Fevereiro de 2016), conforme ilustrado na Figura 1: Palmitinho (PAL), Passo Fundo (PF), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Santa Maria (SM), Caçapava (CAÇ), Vera Cruz (VC), Bagé (BAG), Pelotas (PEL) e Santa Vitória do Palmar (SVP).

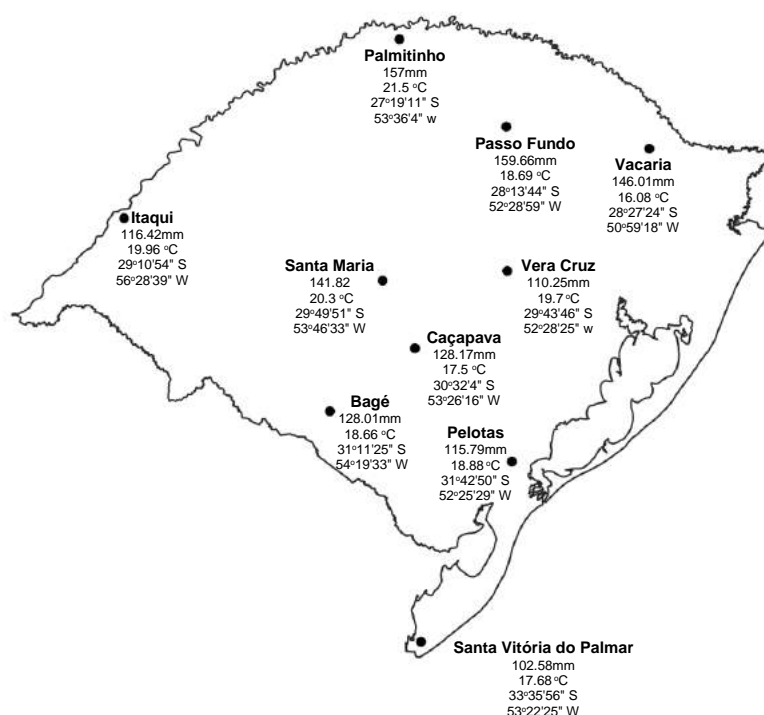


Figura 1 - Pontos de coleta de sementes de capim-annoni (*Eragrostis plana*) no estado do Rio Grande do Sul. Precipitação (mm) e temperatura (°C) média mensal dos últimos 30 anos (1988 à 2018) com base no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), latitude Sul (S) e longitude oeste (w). UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

As sementes das diferentes regiões foram coletadas em pastagem natural, à exceção dos acessos PAL e PF; nesses, as sementes foram colhidas de plantas em beira de estrada, sendo que, para o acesso PF, havia muitas árvores do gênero *Eucalyptus* ao redor das plantas de capim-annoni com semente. Ainda, para o acesso VAC, as sementes foram colhidas de plantas crescidas em corredores de pomares de macieira.

As sementes coletadas foram secas em temperatura ambiente e posteriormente mantidas sob refrigeração (8°C), até o início dos estudos. Em setembro de 2016, os

acessos foram semeados em vasos plásticos de capacidade de 8L e 23cm de diâmetro, preenchidos com solo (Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura franco-arenosa). O objetivo foi obter sementes dos diferentes acessos de plantas crescidas na mesma condição ambiental, sendo as plantas de cada acesso mantidas isoladas em casas de vegetação na Universidade Federal de Pelotas (UFPeL), Capão do Leão - RS.

As sementes da primeira geração das progenitoras foram colhidas em fevereiro de 2017 e mantidas sob refrigeração durante quatro meses até o início dos experimentos no Centro de Estudos de Herbologia (Ceherb) da UFPeL.

2.2.1 Temperatura

O efeito da temperatura em sementes de acessos de capim-annoni foi estudado com oito temperaturas constantes (15; 20; 25; 30; 35; 40; 43 e 45 °C), na condição de 12:12 horas luz/escuro de acordo com Bittencourt (2017), em 2017. Cada acesso consistiu de 40 sementes alocadas em uma dupla camada de papel germinador em placas de *Petri* de plástico transparentes (9cm de diâmetro), sendo umedecidas com base na relação do volume obtido pelo peso do papel multiplicado por 2,5 (BRASIL, 2009), com três repetições. O experimento foi repetido duas vezes no tempo. Sementes germinadas foram contadas e removidas a cada 12 horas, por período de 21 dias. As sementes foram consideradas como germinadas quando excediam 2mm de raiz principal.

2.2.2 Luz

As sementes dos acessos foram germinadas em câmeras de crescimento à 40 °C (devido à maior percentagem de germinação das sementes dos acessos ter sido obtida em 40°C no experimento de temperatura), cujos tratamentos foram 12:12 horas luz/escuro e 0 h luz (escuro). Semelhante ao descrito para o experimento de temperatura, cada acesso por tratamento consistiu de 40 sementes por repetição, com três repetições. O experimento foi repetido três vezes no tempo. As placas de *Petri* foram embrulhadas em dupla camada de papel alumínio para evitar exposição à luz. A contagem de sementes germinadas e remoção ocorreu a cada 24 horas, sendo realizada em sala escura com utilização de lâmpada com luz verde inativa por período

de 14 dias. As sementes foram classificadas como germinadas conforme descrito no estudo de temperatura.

2.2.3 Potencial hídrico (osmótico)

A partir de ensaio preliminar analisando treze potenciais hídricos (0; -0,02; -0,04; -0,06; -0,08; -0,1; -0,15; -0,2; -0,25; -0,5; -0,75; -1; -1.5 MPa) e quatro temperaturas (25, 30, 35 e 40 °C) (dados não apresentados), na UFPel, determinou-se os potenciais osmóticos associados a duas temperaturas a serem investigados, conforme descrito na sequência. Sementes dos acessos de *E. plana* foram acondicionadas para germinarem em câmeras de crescimento em temperaturas de 35 e 40 °C, em 2017, com 12:12 horas luz/escuro de acordo com Bittencourt (2017). Polietileno glicol (PEG 6000) foi usado para preparar as soluções com potencial osmótico de 0 (água destilada pura), -0,08; -0,2; -0,25; -0,5; -0,75; -1 e -1.5 MPa. As sete soluções com PEG foram preparadas de acordo com Michel; Kaufmann (1983). Cada acesso por tratamento consistiu de 40 sementes em placas de *Petri* como já descrito anteriormente, com quatro repetições, sendo umedecidas com solução PEG com base na relação do volume obtido pelo peso do papel multiplicado por 2,5 (BRASIL, 2009). As sementes foram classificadas como germinadas conforme descrito no estudo de temperatura.

2.2.4 Profundidade das sementes no solo

Vinte e cinco sementes de *E. plana* do acesso PEL foram semeadas em vasos (500ml) preenchidos com solo (silte argiloso) coletado em área de pesquisa da Universidade de Arkansas, Fayetteville-AR, Estados Unidos da América (EUA), em 2018. As profundidades de semeadura foram: 0 (mantidas na superfície do solo sem nenhuma cobertura); 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8 e 10cm de profundidade no perfil do solo, com cinco repetições para cada tratamento, sendo conduzido duas vezes no tempo. Os vasos foram acomodados em bandejas com lâmina de água, mantendo a umidade em capacidade de campo por capilaridade, e acondicionados em casa de vegetação com temperatura oscilando entre 25 e 35°C e fotoperíodo de 14/10 horas luz/escuro. As plântulas emergidas, visíveis acima da superfície do solo, foram contabilizadas diariamente até 15 dias após a semeadura (DAS), quando a emergência foi estabilizada.

2.2.5 Análise estatística

O modelo log-logístico de três parâmetros *time-to-event* (Equação 1) ajustou-se à germinação cumulativa das sementes (RITZ et al., 2013):

$$F(t) = \frac{d}{1 + \exp[b[\log(t) - \log(T_{50})]]} = \frac{d}{1 + \left(\frac{t}{T_{50}}\right)^b} \quad [1]$$

Por definição, F é 0 no tempo 0, e assume que $F(t)$ pode se aproximar de fração ou proporção, que está entre 0 e 1, à medida que passa o tempo ($t \rightarrow \infty$) (RITZ et al., 2013). Portanto F é a germinação cumulativa de sementes no tempo t (igual ao tempo térmico (graus-dia, horas ou dias), d é o limite superior representando a germinação máxima (%) do número total de sementes, T_{50} (ou WP_{50}) é o tempo térmico (Ch), potencial hídrico (-MPa) ou germinação com ou sem luz, dependendo do experimento específico, no qual 50% da máxima germinação de sementes (d) é alcançada; e b é a inclinação em torno do T_{50} (WP_{50}), denotando a taxa de germinação (Adaptado de SCHERNER et al., 2017).

As temperaturas base e máxima foram estimadas pela interceptação de cada linha de regressão com a abscissa, onde a taxa de germinação ($1/T_{50}$) foi regredida versus as temperaturas, e a temperatura ótima (T_o) foi calculada a partir da interceptação de duas linhas de regressão (DUMUR; PILBEAM; CRAIGON, 1990), usando-se os interceptos e a inclinação dessas duas equações de regressão: $T_o = (a_2 - a_1) / (b_1 - b_2)$.

O potencial hídrico base (Ψ_b) foi estimado usando o mesmo procedimento, mas regredindo a taxa de germinação ($1/T_{50}$) versus o potencial hídrico. A interceptação da abscissa no eixo X foi assumida como estimativa da temperatura base e potencial hídrico base para germinação (T_b ou Ψ_b) (PATANÈ; TRINGALI, 2011; PATANÈ et al., 2009). Intervalos estatísticos de confiança (95%) foram estimados pelo método *bootstrap* (EFROM; TIBSHIRANI, 1993). A distribuição de *bootstrap* das estimativas de base (T_b ou Ψ_b), T_o e T_m foi utilizada para determinar o intervalo de confiança de 95%. As análises estatísticas foram realizadas usando o software estatístico R com o pacote add-on "drc" (RITZ; STREIBIG, 2005).

Para a investigação da germinação em diferentes profundidades no perfil do solo, os resultados obtidos nos dois estudos foram comparados pelo teste "t" para verificação de diferença estatística entre eles. Não havendo, ao invés de dois estudos

com cinco repetições cada, os dados foram combinados, analisando-se 10 repetições. Posteriormente, os dados foram verificados quanto à normalidade, utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk, e em seguida submetidos à análise de variância; apresentando significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias foram submetidas à comparação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

2.3 Resultados e discussões

2.3.1 Temperatura

Os dados dos padrões cumulativos de germinação dos acessos de *E. plana*, foram agrupados em cinco temperaturas constantes e mostrados como função do tempo térmico (horas), conforme Figura 2, com os seguintes parâmetros estimados do modelo *time-to-event*: taxa de germinação (T_{50}), germinação máxima (d) e a inclinação em torno de T_{50} (b), sumarizados na Tabela 1. Não foi possível plotar a curva de germinação para as temperaturas 15, 20 e 45°C devido ao baixo número de sementes germinadas ou inexistência dessas. A exceção ocorreu para o acesso CAÇ, que em temperatura de 20°C apresentou 57% de germinação (dados não mostrados).

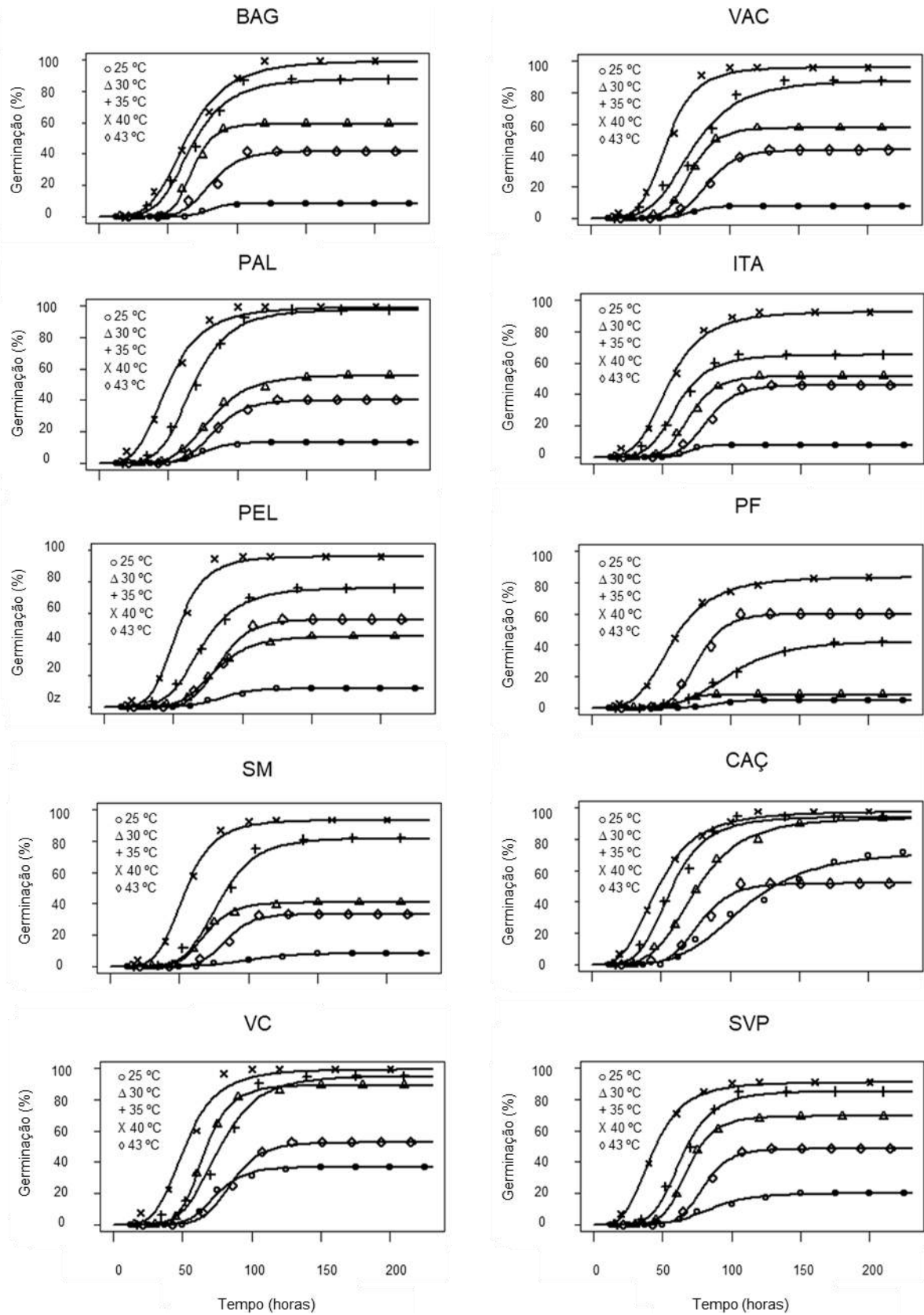


Figura 2 - Germinação cumulativa (%) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Bagé (BAG), Palmitinho (PAL), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vera Cruz (VC), Vacaria (VAC), Itaquí (ITA), Passo Fundo (PF), Caçapava (CAÇ), Santa Vitória do Palmar (SVP) em relação ao tempo (horas) para cinco temperaturas (25, 30, 35, 40 e 43°C). Curvas foram ajustadas para valores observados usando a Equação 1, com valores dos parâmetros mostrados na Tabela 1. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Tabela 1 - Temperatura base estimada (T_b), temperatura ótima (T_o), temperatura máxima (T_m) e valores dos parâmetros: inclinação em torno do T₅₀ (b), taxa de germinação (T₅₀), germinação máxima (d), com intervalos de confiança (95%) para acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*), UFPel, Capão do Leão/RS, 2017

Acessos		Parâmetros estimados			
		T*	b	T ₅₀	d
		°C	(%Germinação h ⁻¹)	horas	(%)
BAG	T _b 14,8 (12,61;15,75)**	25	-12,12 (-19,62;-4,61)	79,05 (70,90; 87,18)	8 (3; 13)
	T _o 38,9 (38,36; 40,37)	30	-9,13 (-11,05;-7,18)	67,90 (64,65; 71,15)	59 (50; 68)
	T _m 45,4 (43,40; 47,52)	35	-4,98 (-5,8;-4,15)	66,68 (62,11; 71,25)	87 (82; 93)
		40	-4,37(-5,07;-3,68)	63,77 (59,06; 68,54)	99 (97; 100)
		43	-7,88 (-9,91;-5,85)	80,73 (75,38; 86,08)	42 (33; 50)
PAL	T _b 15,6 (13,72; 15,98)	25	-8,56 (-12,39; -4,73)	74,21 (66,35; 82,70)	13 (8; 20)
	T _o 40,0 (37,49; 41,00)	30	-5,84 (-7,07; -4,61)	70,54 (68,43; 74,65)	56 (47; 65)
	T _m 45,8 (44,42; 46,43)	35	-5,23 (-6,07; -4,39)	67,85 (63,63; 70,08)	97 (95; 100)
		40	-3,95 (-4,61; -3,28)	49,53 (45,44; 53,61)	98 (98; 100)
		43	-7,73 (-9,72; -5,74)	83,00 (77,32; 88,68)	40 (31; 49)
PEL	T _b 15,3 (12,25; 16,64)	25	-7,87 (-11,43; -4,31)	84,24 (73,60; 94,88)	12 (6; 17)
	T _o 40,0 (39,05; 40,54)	30	-6,27 (-7,75; -4,78)	79,56 (73,50; 85,61)	45 (36; 54)
	T _m 45,5 (44,42; 46,43)	35	-5,26 (-6,22; -4,31)	70,32 (65,40; 75,25)	76 (68; 83)
		40	-5,32 (-6,23; -4,40)	52,41 (49,10; 55,73)	96 (92; 99)
		43	-7,96 (-9,73; -6,19)	83,26 (78,59; 87,94)	55 (47; 65)
SM	T _b 12,3 (11,71; 12,73)	25	-6,44 (-9,80; -3,07)	100,50 (82,51; 118,2)	8 (3; 13)
	T _o 40,0 (37,97; 40,6)	30	-7,18 (-8,99; -5,36)	78,78 (74,04; 83,14)	40 (32; 49)
	T _m 45,6 (44,36; 46,63)	35	-6,11 (-7,19; -5,02)	68,60 (63,05; 73,62)	81 (75; 88)
		40	-5,07 (-5,90; -4,16)	53,62 (50,05; 57,18)	93 (88; 97)
		43	-9,19 (-11,93; -6,44)	83,87 (78,53; 89,20)	33 (24; 41)
VC	T _b 15,6 (13,57; 16,37)	25	-7,40 (-9,34; -5,47)	73,64 (68,36; 78,92)	37 (28; 45)
	T _o 39,9 (38,56; 40,05)	30	-7,04 (-8,24; -5,84)	65,33 (62,16; 68,51)	89 (84; 95)
	T _m 45,2 (44,70; 45,69)	35	-5,44 (-6,34; -4,53)	60,85 (61,33; 70,36)	95 (91; 99)
		40	-4,42 (-5,17; -3,67)	51,47 (47,33; 55,23)	99 (98; 100)
		43	-8,17 (-10,04; -6,29)	85,03 (80,24; 89,82)	53 (43; 61)
VAC	T _b 15,4 (13,72; 15,98)	25	-11,18 (-18,43;-3,92)	72,18 (64,17; 80,19)	7 (3; 12)
	T _o 39,9 (38,58; 40,20)	30	-8,08 (-9,82; -6,34)	73,05 (68,16; 75,79)	58 (48; 66)
	T _m 46,0 (45,14; 46,39)	35	-4,48 (-5,24; -3,72)	71,98 (65,50; 78,60)	87 (81; 93)
		40	-5,31 (-6,22; -4,40)	54,68 (51,23; 58,13)	96 (92; 99)
		43	-8,25 (-10,39; -6,10)	83,96 (78,62; 89,29)	43 (34; 53)
ITA	T _b 14,5 (13,20; 14,99)	25	-14,74 (-24,3; 5,12)	68,48 (62,51; 74,45)	7 (2; 11)
	T _o 39,5 (38,74; 39,78)	30	-7,38 (-9,03; -5,74)	69,55 (65,26; 73,84)	52 (43; 60)
	T _m 45,1 (44,43; 46,00)	35	-5,33 (-6,40; -4,26)	60,41 (55,85; 64,96)	65 (56; 73)
		40	-4,17 (-4,89; -3,45)	54,19 (49,87; 58,50)	93 (88; 97)
		43	-8,17 (-10,19; -6,17)	82,02 (77,03; 87,00)	46 (36; 55)
PF	T _b 15,6 (14,17; 15,70)	25	-10,35 (-17,9; -2,76)	91,31 (77,18; 105,3)	5 (1; 8)
	T _o 39,5 (38,06; 40,07)	30	-11,81 (-18,81; 4,81)	65,30 (58,59; 72,01)	8 (4; 14)
	T _m 45,6 (44,84; 46,15)	35	-5,15 (-12,37; -3,93)	64,60 (57,16; 74,28)	42 (34; 51)
		40	-3,99 (-4,70; -3,28)	57,94 (52,88; 63,04)	83 (76; 90)
		43	-7,96 (-9,67; -6,26)	76,39 (72,19; 80,60)	60 (51; 68)
CAÇ	T _b 12,8 (11,27; 13,29)	25	-4,41 (-5,19; -3,63)	109,22 (99,75; 118,2)	73 (64; 80)
	T _o 40,0 (38,18; 40,20)	30	-4,47 (-5,20; -3,75)	74,69 (69,20; 80,19)	93 (89; 98)
	T _m 45,4 (44,31; 46,55)	35	-4,57(-5,31; -3,82)	56,85 (52,66; 61,04)	94 (93; 98)
		40	-3,40 (-3,96; -2,84)	47,41 (42,86; 51,96)	97 (95; 100)
		43	-7,05 (-8,67; -5,42)	77,57 (72,50; 82,63)	52 (43; 60)
SVP	T _b 15,4 (14,16; 15,90)	25	-5,77 (-7,70; -3,83)	84,09 (44,98; 59,66)	20 (12; 27)
	T _o 40,0 (37,81; 40,12)	30	-7,32 (-8,75; -5,89)	67,97 (44,60; 50,96)	69 (60; 77)
	T _m 45,5 (44,25; 46,74)	35	-5,76 (-6,76; -4,77)	63,74 (46,39; 58,82)	85 (78; 91)
		40	-3,85 (-4,53; -3,16)	42,45 (38,63; 46,26)	90 (85; 96)
		43	-8,84 (-10,97; -6,71)	79,60 (51,55; 60,18)	48 (39; 57)

* Temperaturas

** Números entre parênteses representam os intervalos de confiança.

Os acessos de *E. plana* de diferentes regiões do RS apresentaram respostas diferenciadas quando expostos a uma ampla faixa de temperaturas para germinação (Figura 2). Na média, para todos os acessos, a maior germinação foi obtida na temperatura de 40°C, sendo superior a 90%, com exceção do acesso PF (83%). Todos apresentaram reduzida germinação na temperatura mais baixa avaliada de 25°C, não superando 40% de germinação máxima de acordo com o parâmetro d (Tabela 1). A exceção foi o acesso CAÇ novamente que, assim como a 20°C destoou dos demais apresentando 57% de germinação; na temperatura de 25°C apresentou germinação máxima de 73%. Na temperatura de 43°C, todos os acessos reduziram a germinação máxima quando comparados à temperatura imediatamente inferior avaliada de 40°C (Figura 2).

Para os parâmetros T_{50} e b a 40°C, os acessos não diferem entre si (Figura 2, Tabela 1). A temperatura ótima estimada não diferiu entre acessos, estando entre 39 e 40°C, e a temperatura máxima estimada ficou entre 45 e 46°C, também não diferindo estatisticamente. No entanto, para a temperatura base, os valores calculados variaram de 12,3°C (SM) a 15,6°C (PF, VC e PAL). Os acessos SM e CAÇ (T_b 12,8°C) não diferiram entre si mas de boa parte dos acessos; SM não diferiu de PEL (T_b 15,3°C) e CAÇ não diferiu de BAG (T_b 14,8°C) e PEL (Tabela 1).

2.3.2 Luz

A comparação entre os parâmetros estimados T_{50} e b , na Figura 3 e sumarizados na Tabela 2, mostra que não houve diferença para os referidos entre os acessos, quando as sementes foram submetidas à germinação na presença de luz (12/12h). Também não houve diferença para estes parâmetros quando comparados acesso a acesso nas condições de presença e ausência de luz, com exceção ao acesso SVP; nesse caso, de acordo com o T_{50} , são necessárias 19 horas a mais para 50% das sementes germinarem quando da ausência de luz, comparada à condição de presença de luz. Para a germinação máxima obtida (d), todos os acessos diferiram quanto à condição de presença e ausência de luz, com germinação superior quando expostos à luz.

Na condição de 12:12 h de luz:escuro, apenas o acesso PF teve germinação máxima inferior aos demais, mas ainda superior a 80% (Tabela 2). No entanto, quando

a germinação ocorreu no escuro, mesmo na temperatura de 40°C considerada T_0 , a germinação máxima entre os acessos variou de 33 e 34%, respectivamente para PEL e PF, até 75, 75 e 76%, respectivamente para PAL, CAÇ e VC (Tabela 2). Portanto, existe variabilidade entre os acessos de capim-annoni no RS quanto ao fotoblastismo para a germinação das sementes.

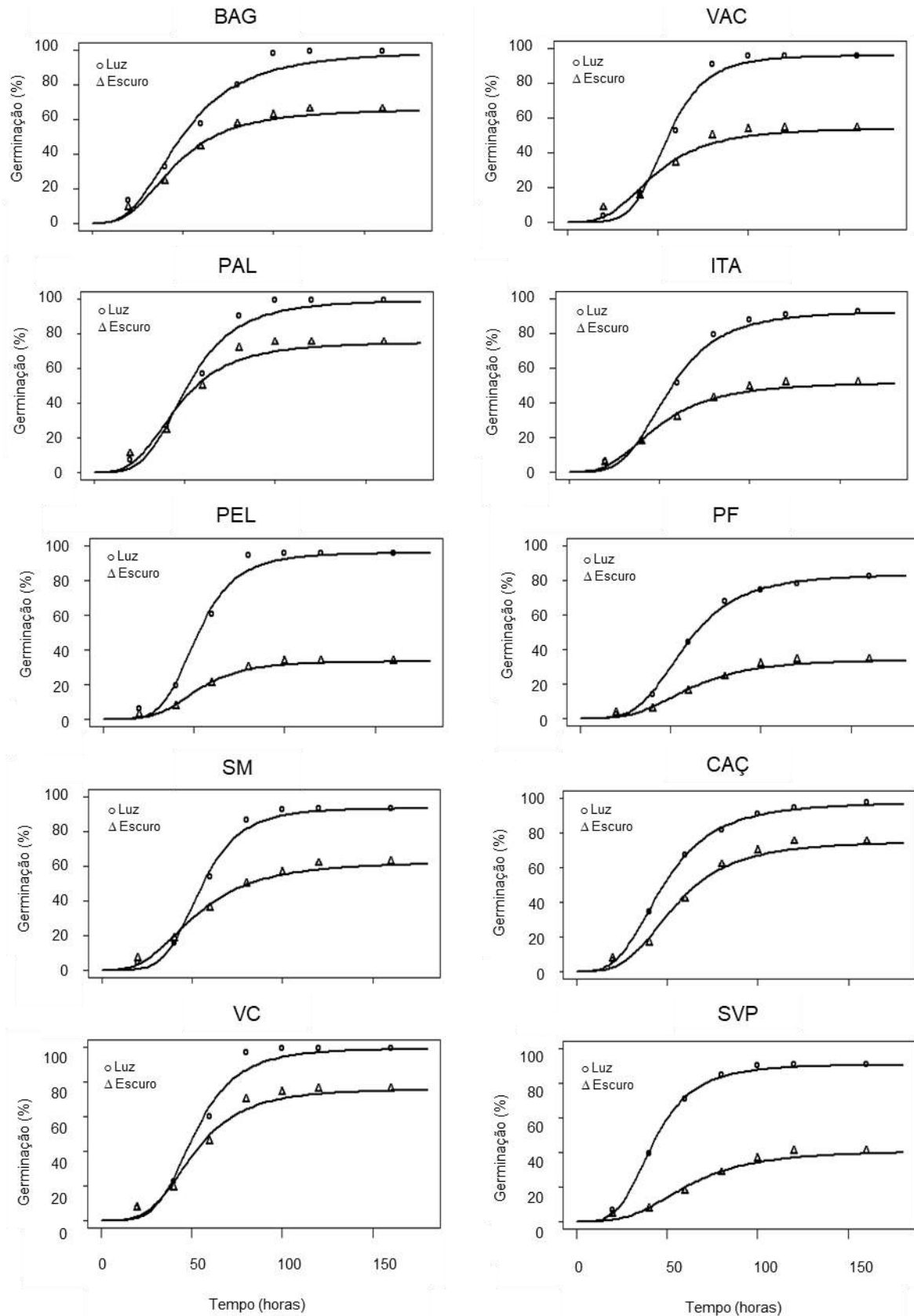


Figura 3 - Germinação cumulativa (%) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Bagé (BAG), Palmitinho (PAL), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vera Cruz (VC), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Passo Fundo (PF), Caçapava (CAÇ), Santa Vitória do Palmar (SVP), em relação ao tempo (horas), com ou sem a presença de luz. Curvas foram ajustadas para valores observados, usando a Equação 1, com valores dos parâmetros mostrados na Tabela 2. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Tabela 2 - Germinação de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) na condição sem e com a presença de luz. Valores dos parâmetros: inclinação em torno do T_{50} (b), taxa de germinação (T_{50}), germinação máxima (d), com intervalos de confiança (95%). UFPel, Capão do Leão/RS, 2017

Acessos	Condições	Parâmetros estimados				
		b		T_{50}	d	
		% germinação h^{-1}		horas	%	
BAG	Luz	-2,93	(-3,41; -2,44)*	49,10	(43,70; 54,50)	99 (97; 100)
	Escuro	-2,95	(-3,55; -2,34)	45,25	(39,16; 51,32)	65 (57; 74)
PAL	Luz	-3,88	(-4,52; -3,23)	51,58	(47,28; 55,89)	99 (97; 100)
	Escuro	-3,3	(-3,94; -2,65)	45,86	(40,70; 51,03)	75 (67; 82)
PEL	Luz	-4,95	(-5,80; -4,09)	51,74	(48,26; 55,21)	95 (92; 99)
	Escuro	-4,15	(-5,35; -2,95)	51,71	(48,78; 58,63)	33 (24; 41)
SM	Luz	-5,02	(-5,89; -4,15)	54,48	(50,83; 58,13)	93 (88; 97)
	Escuro	-3,01	(-3,64; -2,38)	51,61	(44,70; 58,51)	62 (53; 71)
VC	Luz	-4,43	(-5,18; -3,68)	51,47	(47,70; 55,76)	99 (97; 100)
	Escuro	-3,73	(-4,45; -3,01)	50,74	(45,75; 55,73)	76 (68; 83)
VAC	Luz	-5,30	(-6,21; -4,39)	55,10	(51,63; 58,58)	96 (92; 99)
	Escuro	-3,19	(-3,93; -2,45)	48,06	(41,53; 54,57)	54 (45; 63)
ITA	Luz	-3,98	(-4,66; -3,29)	54,94	(50,37; 59,51)	92 (88; 97)
	Escuro	-3,03	(-3,72; -2,33)	48,55	(41,38; 55,7)	52 (43; 61)
PF	Luz	-3,99	(-4,71; -3,29)	57,94	(52,89; 63,00)	83 (77; 90)
	Escuro	-3,45	(-4,43; -2,48)	59,98	(50,66; 69,30)	34 (25; 43)
CAÇ	Luz	-3,33	(-3,87; -2,78)	47,38	(42,75; 52,02)	98 (95; 100)
	Escuro	-3,43	(-4,08; -2,78)	54,09	(48,33; 59,85)	75 (67; 83)
SVP	Luz	-3,86	(-4,54; -3,18)	42,44	(38,63; 46,25)	91 (86; 97)
	Escuro	-3,31	(-4,16; -2,45)	60,96	(51,22; 70,01)	41 (32; 49)

* Números entre parênteses representam intervalos de confiança.

2.3.3 Potencial hídrico (osmótico)

Padrões de germinação cumulativa de acessos de *E. plana* ao longo do tempo em função de seis potenciais hídricos (0; -0,08; -0,2; -0,25; -0,5; -0,75 MPa) em temperatura de 35°C, são mostrados na Figura 4, com parâmetros estimados mostrados na Tabela 3. Nenhum dos acessos estudados apresentou germinação na condição de potencial osmótico abaixo de -1 MPa, ou seja, nestas situações a equação não se ajustou aos dados, nas duas temperaturas avaliadas (35 e 40°C).

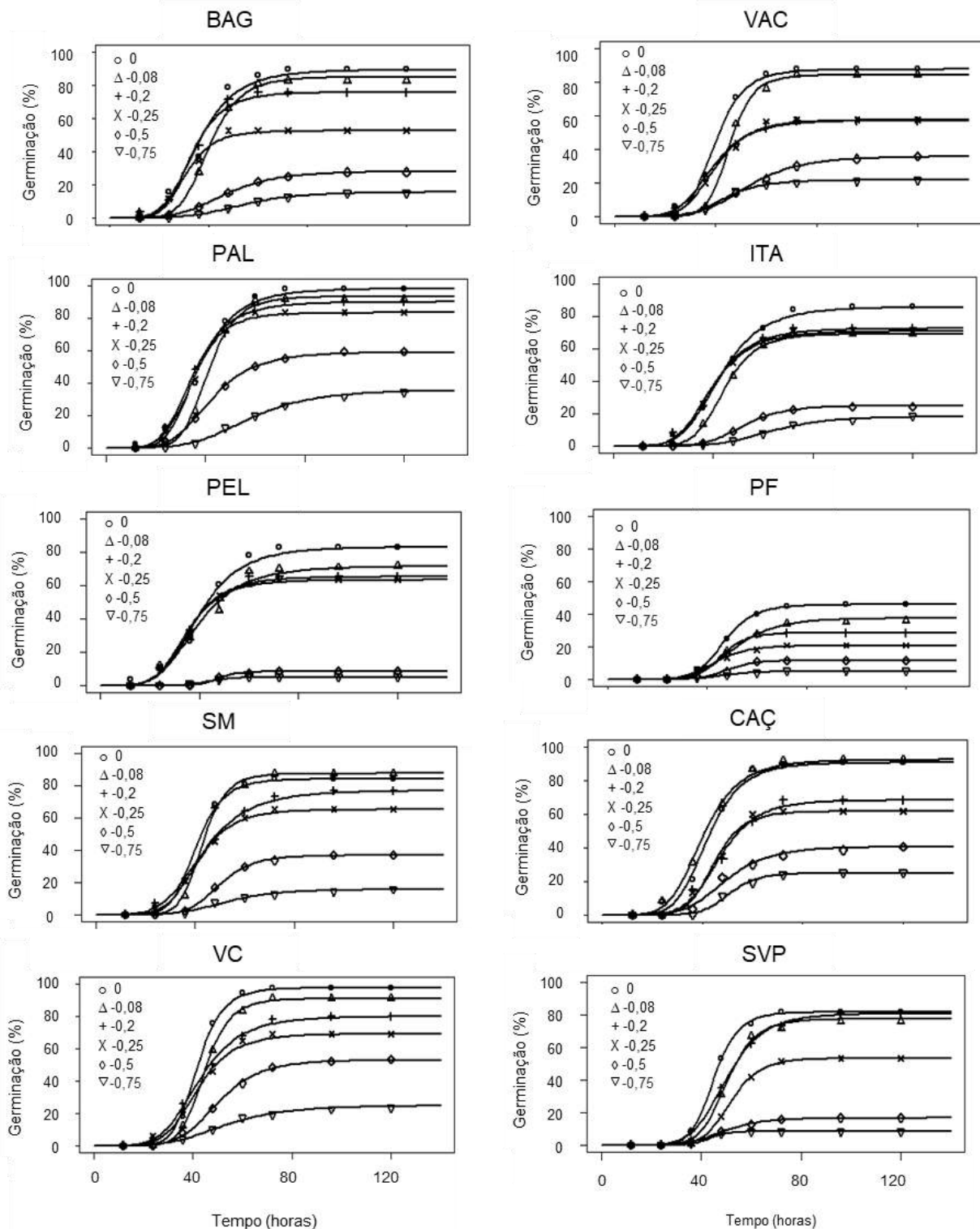


Figura 4 - Germinação cumulativa (%) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Bagé (BAG), Palmitinho (PAL), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vera Cruz (VC), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Passo Fundo (PF), Caçapava (CAÇ), Santa Vitória do Palmar (SVP), em relação ao tempo (horas), para seis potenciais hídricos(-MPa) a 35°C de temperatura. Curvas foram ajustadas para valores observados, usando a Equação 1, com valores dos parâmetros mostrados na Tabela 3. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Tabela 3 - Potencial hídrico base estimado (Ψ_b) e valores dos parâmetros: inclinação em torno do T_{50} (b), taxa de germinação (T_{50}), germinação máxima (d), em temperatura de 35°C com intervalos de confiança (95%), UFPel, Capão do Leão/RS, 2017

Acessos	Parâmetros estimados				
	Ψ_b	Potencial hídrico	b	T_{50}	d
	Mpa	-MPa	% germinação h ⁻¹	horas	%
BAG	-0,89 (-1,06; -0,63)*	0	-4,75 (-5,58; -3,91)	35,65 (33,14; 38,17)	89 (83; 94)
		-0,08	-6,48 (-7,65; -5,32)	40,11 (37,94; 42,29)	85 (78; 91)
		-0,2	-5,44 (-6,50; -4,39)	33,12 (30,84; 35,40)	75 (68; 83)
		-0,25	-5,80 (-7,16; -4,45)	30,80 (28,32; 33,28)	52 (43; 61)
		-0,5	-4,50 (-5,85; -3,16)	46,49 (40,35; 52,64)	28 (20; 36)
		-0,75	-4,70 (-6,55; -2,85)	53,55 (44,55; 65,66)	15 (9; 22)
PAL	-1,07 (-1,12; -1,00)	0	-4,97 (-7,77; -5,60)	37,32 (34,88; 39,75)	98 (96; 100)
		-0,08	-7,35 (-8,63; -6,07)	41,10 (39,20; 43,00)	93 (88; 97)
		-0,2	-5,16 (-6,04; -4,28)	35,15 (32,77; 37,52)	90 (84; 95)
		-0,25	-6,12 (-7,24; -4,99)	35,13 (33,03; 37,24)	83 (76; 90)
		-0,5	-4,94 (-5,97; -3,92)	42,27 (38,69; 45,85)	59 (50; 67)
		-0,75	-4,49 (-5,70; -3,29)	57,68 (50,60; 64,76)	36 (27; 44)
PEL	-0,85 (-0,94; -0,75)	0	-4,75 (-5,60; -3,88)	39,50 (36,61; 42,40)	83 (76; 89)
		-0,08	-4,38 (-5,21; -3,56)	39,09 (35,68; 42,50)	71 (63; 79)
		-0,2	-5,12 (-6,16; -4,09)	35,43 (32,57; 38,28)	65 (56; 73)
		-0,25	-5,17 (-6,23; -4,10)	34,77 (31,98; 37,55)	63 (54; 71)
		-0,5	-12,34 (-20,56; -4,12)	47,12 (42,50; 51,80)	8 (3; 13)
		-0,75	-9,63 (-11,54; -1,04)	43,72 (36,62; 50,82)	4 (2; 7)
SM	-0,95 (-1,02; -0,87)	0	-7,51 (-8,90; -6,12)	40,49 (38,54; 42,44)	84 (77; 90)
		-0,08	-9,25 (-10,91; -7,59)	43,01 (41,29; 44,74)	87 (81; 93)
		-0,2	-4,77 (-5,63; -3,91)	43,07 (39,80; 46,35)	77 (69; 84)
		-0,25	-6,04 (-7,28; -4,80)	41,03 (38,21; 43,85)	65 (56; 73)
		-0,5	-7,58 (-9,58; -5,57)	49,63 (46,16; 53,10)	36 (28; 45)
		-0,75	-5,16 (-7,20; -3,13)	52,45 (44,02; 60,87)	15 (9; 22)
VC	-1,01 (-1,09; -0,94)	0	-8,32 (-9,75; -6,90)	41,85 (40,14; 43,56)	97 (94; 100)
		-0,08	-8,86 (-10,42; -7,30)	44,69 (42,87; 46,49)	90 (85; 95)
		-0,2	-5,18 (-6,10; -4,25)	42,33 (39,35; 45,30)	80 (72; 87)
		-0,25	-5,87 (-7,02; -4,71)	41,76 (38,98; 44,54)	69 (60; 77)
		-0,5	-6,03 (-7,29; -4,77)	50,05 (46,51; 53,60)	53 (44; 61)
		-0,75	-4,34 (-5,61; -2,98)	52,46 (44,72; 60,24)	25 (17; 32)
VAC	-0,97 (-1,04; -0,89)	0	-7,18 (-8,44; -5,85)	39,86 (37,89; 41,83)	87 (81; 93)
		-0,08	-10,0 (-11,87; -8,11)	45,60 (43,87; 47,32)	84 (77; 90)
		-0,2	-5,43 (-6,66; -4,30)	38,43 (35,37; 41,48)	57 (48; 66)
		-0,25	-5,97 (-7,23; -4,66)	39,76 (36,86; 42,66)	57 (48; 66)
		-0,5	-5,22 (-6,58; -3,86)	52,78 (47,35; 58,21)	35 (27; 44)
		-0,75	-5,96 (-8,03; -3,84)	43,48 (38,47; 48,49)	21 (14; 29)
ITA	-0,95 (-1,02; -0,88)	0	-5,16 (-6,06; -4,27)	42,80 (39,96; 45,73)	85 (79; 92)
		-0,08	-7,10 (-8,49; -5,71)	44,31 (41,83; 46,80)	69 (60; 77)
		-0,2	-5,31 (-6,32; -4,29)	39,45 (36,61; 42,28)	72 (64; 78)
		-0,25	-5,31 (-6,33; -4,28)	39,30 (36,43; 42,16)	70 (62; 78)
		-0,5	6,60 (-8,73; -4,47)	52,06 (47,03; 57,07)	25 (17; 32)
		-0,75	-5,67 (-7,76; -3,58)	62,97 (54,72; 71,20)	18 (11; 25)
PF	-0,88 (-0,96; -0,79)	0	-7,97 (-9,91; -6,02)	46,71 (43,82; 49,59)	45 (36; 54)
		-0,08	-6,21 (-7,83; -4,58)	50,68 (46,45; 54,92)	37 (28; 46)
		-0,2	-9,23 (-12,21; -6,26)	45,64 (42,46; 48,81)	28 (20; 36)
		-0,25	-6,65 (-8,99; -4,31)	43,04 (38,31; 47,77)	20 (13; 28)
		-0,5	-8,73 (-13,08; -4,38)	47,29 (42,54; 53,26)	11 (5; 16)
		-0,75	-7,24 (-12,47; -2,01)	47,22 (37,54; 56,89)	5 (1; 8)
CAÇ	-0,95 (-1,04; -0,85)	0	-6,30 (-7,41; -5,20)	42,03 (39,74; 44,32)	91 (85; 95)
		-0,08	-5,60 (-6,55; -4,65)	40,01 (37,58; 42,44)	92 (87; 97)
		-0,2	-6,53 (-7,78; -5,27)	46,82 (43,95; 49,69)	68 (60; 76)
		-0,25	-8,05 (-9,75; -6,34)	44,54 (42,15; 46,92)	61 (53; 70)

		-0,5	-5,72 (-7,08; -4,35)	49,00 (44,85; 53,14)	40 (32; 49)
		-0,75	-9,04 (-12,56; -5,52)	50,42 (46,05; 54,80)	25 (15; 34)
SVP	-0,88	0	-9,37 (-11,13; -7,61)	45,16 (43,32; 47,00)	81 (74; 88)
	(-1,03; -0,73)	-0,08	-8,89 (-10,61; -7,18)	50,34 (48,25; 52,42)	77 (70; 84)
		-0,2	-6,84 (-8,06; -5,61)	50,01 (47,34; 52,66)	80 (73; 87)
		-0,25	-9,13 (-11,22; -7,05)	51,87 (49,28; 54,45)	53 (44; 62)
		-0,5	-5,14 (-7,09; -3,19)	60,55 (51,29; 69,82)	16 (9; 23)
		-0,75	-6,18 (-9,55; -2,81)	63,21 (51,80; 70,63)	8 (3; 13)

* Números entre parênteses representam intervalos de confiança.

A germinação máxima de acordo com o parâmetro d , variou entre os acessos em função do potencial hídrico. Para BAG, SM e SVP, a germinação reduziu estatisticamente a partir de -0,25 MPa comparada a 0 MPa (sem limitação hídrica) (Tabela 3). Para os acessos de PAL, VC, VAC, PF e CAÇ a germinação foi reduzida a partir de -0,2 MPa, portanto demonstrando uma menor tolerância ao déficit que BAG, SM e SVP. Porém, a sensibilidade à restrição foi maior ainda para PEL e ITA, onde a germinação foi afetada desde -0,08 MPa. Isto indica que na temperatura de 35°C, a sensibilidade ao potencial osmótico difere entre os acessos de *E. plana*, agrupando acessos com menor sensibilidade (ao redor de -0,25 a -0,20 MPa) e acessos de maior sensibilidade (a partir de -0,08 MPa) (Figura 4, Tabela 3). O acesso PF não apresentou germinação superior a 50% mesmo na condição de 0 MPa a 35°C de temperatura, corroborando com os resultados obtidos no estudo de temperaturas discutido acima, em que a germinação a 35°C foi de 42% para PF (Tabela 1), o qual possui alta exigência de temperatura para germinar, elevando o percentual de germinação apenas em temperatura ótima ou muito próximo dessa.

Os padrões de germinação cumulativa para os acessos em função dos potenciais hídricos na temperatura de 40°C, são mostrados na Figura 5, e os parâmetros estimados são mostrados na Tabela 4. A germinação máxima conforme mostrado pelo parâmetro d , foi variável entre acessos. Sementes dos acessos de BAG, semelhantemente a 35°C, e PAL reduziram a germinação a partir do -0,25 MPa. Para os demais acessos a germinação foi reduzida a partir de -0,2 MPa comparada ao controle (0 MPa), com exceção de SVP em que houve redução no potencial hídrico já a -0,08 MPa (Tabela 4).

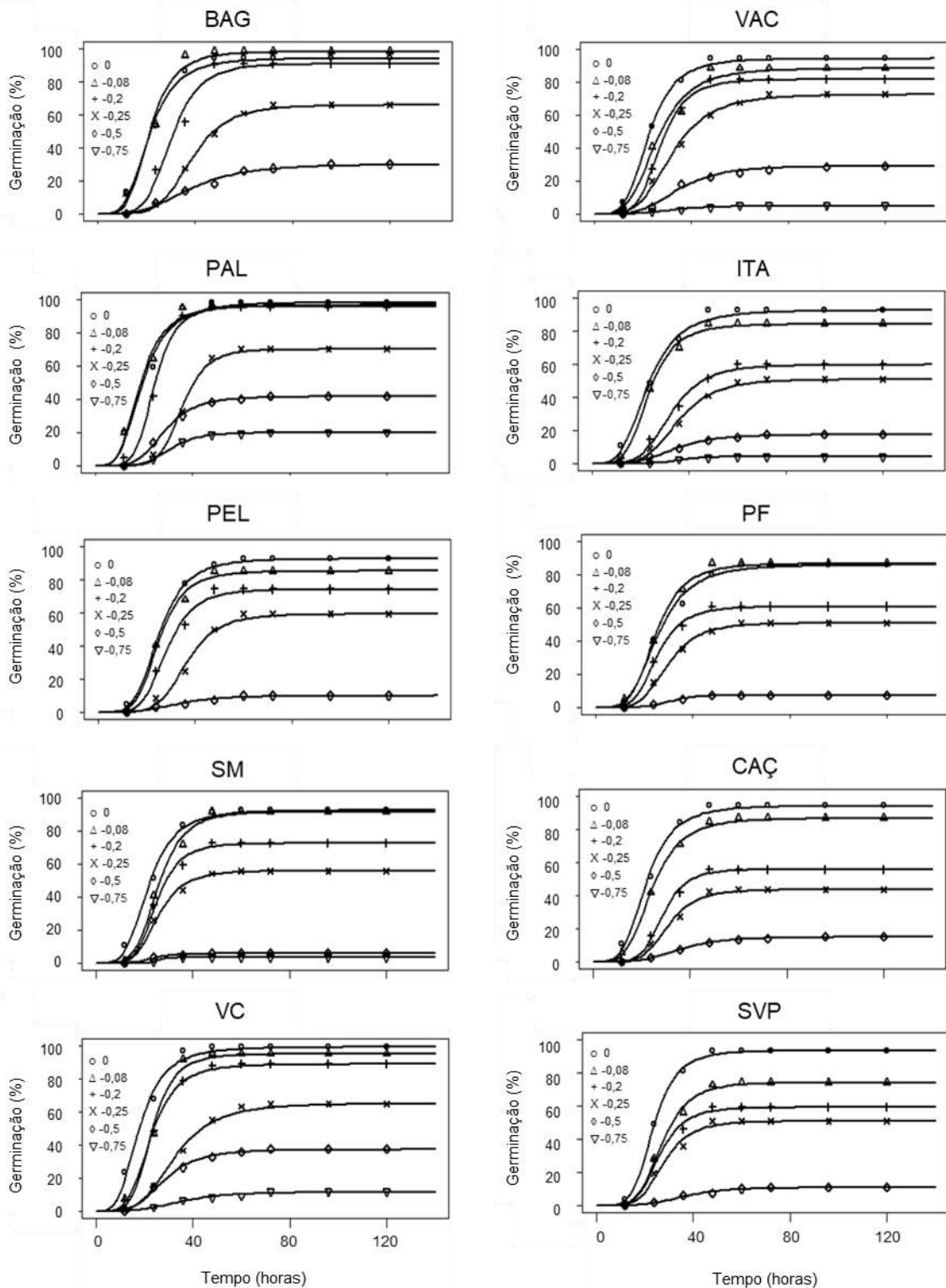


Figura 5 - Germinação cumulativa (%) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Bagé (BAG), Palmitinho (PAL), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vera Cruz (VC), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Passo Fundo (PF), Caçapava (CAÇ), Santa Vitória do Palmar (SVP), em relação ao tempo (horas), para seis potenciais hídricos (-MPa) a 40°C. Curvas foram ajustadas para valores observados, usando a Equação 1, com valores dos parâmetros mostrados na Tabela 4. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017.

Tabela 4 - Potencial hídrico base estimado (Ψ_b) e valores dos parâmetros: inclinação em torno do T_{50} (b), taxa de germinação (T_{50}), germinação máxima (d), em temperatura de 40°C com intervalos de confiança (95%), UFPel, Capão do Leão/RS, 2017

Acessos	Parâmetros estimados						
	Potencial Hídrico		b		T_{50}		d
	Ψ_b Mpa	-MPa	% Germinação h ⁻¹		horas		%
BAG	-0,75	0	-3,88	(-4,57; -3,18)	21,17	(19,25; 23,08)	94 (90; 98)
	(-0,93; -0,61)*	-0,08	-4,37	(-5,15; -3,58)	21,40	(19,69; 23,11)	98 (96; 100)
		-0,2	-5,34	(-6,28; -4,39)	30,29	(28,27; 32,31)	90 (85; 96)
		-0,25	-5,37	(-6,44; -4,29)	38,51	(35,61; 41,41)	65 (57; 74)
		-0,5	-3,44	(-4,47; -2,41)	37,77	(31,27; 44,28)	30 (21; 38)
		-0,75	NA**	NA	NA	NA	NA
PAL	-0,95	0	-3,64	(-4,29; -3,00)	19,60	(17,75; 21,45)	98 (96; 100)
	(-1,04; -0,84)	-0,08	-5,4	(-6,46; -4,34)	23,16	(21,65; 24,66)	96 (93; 99)
		-0,2	-5,68	(-6,79; -4,56)	24,38	(22,89; 25,88)	95 (92; 99)
		-0,25	-7,22	(-8,75; -5,70)	35,75	(33,76; 37,75)	70 (61; 78)
		-0,5	-4,69	(-5,91; -3,46)	28,52	(25,38; 31,66)	41 (32; 50)
		-0,75	-5,52	(-7,58; -3,45)	30,69	(26,51; 34,87)	20 (12; 27)
PEL	-0,69	0	-4,5	(-5,32; -3,68)	25,12	(23,18; 27,05)	92 (87; 97)
	(-0,79; -0,60)	-0,08	-4,89	(-5,82; -3,96)	25,13	(23,23; 27,02)	85 (78; 91)
		-0,2	-5,19	(-6,22; -4,16)	28,32	(26,18; 30,47)	74 (66; 82)
		-0,25	-5,77	(-7,02; -4,51)	36,46	(33,75; 39,17)	59 (50; 67)
		-0,5	-3,77	(-5,71; -1,83)	32,87	(28,77; 41,98)	10 (4; 15)
		-0,75	NA	NA	NA	NA	NA
SM	-0,83	0	-3,99	(-4,71; -3,27)	21,77	(19,84; 23,70)	93 (87; 97)
	(-0,92; -0,73)	-0,08	-4,93	(-5,83; -4,02)	25,75	(23,50; 27,60)	92 (86; 96)
		-0,2	-5,42	(-6,58; -4,25)	25,08	(23,20; 26,95)	73 (64; 80)
		-0,25	-5,03	(-6,23; -3,84)	25,63	(23,31; 27,96)	56 (46; 64)
		-0,5	-5,56	(-9,93; -1,18)	23,45	(17,29; 29,60)	6 (2; 10)
		-0,75	-21,1	(-122,3; -80,11)	25,28	(18,51; 32,04)	3 (1; 6)
VC	-0,91	0	-3,53	(-4,16; -2,91)	17,86	(16,11; 19,60)	99 (97; 100)
	(-1,03; -0,82)	-0,08	-5,15	(-6,15; -4,16)	23,08	(21,49; 24,66)	95 (91; 98)
		-0,2	-4,37	(-5,20; -3,54)	22,69	(20,77; 24,60)	88 (83; 94)
		-0,25	-4,02	(-4,86; -3,19)	32,46	(29,24; 35,68)	65 (56; 73)
		-0,5	-4,16	(-5,35; -2,98)	28,04	(24,22; 31,86)	37 (28; 46)
		-0,75	-3,72	(-5,44; -2,01)	34,90	(25,93; 43,88)	11 (5; 17)
VAC	-0,89	0	-4,22	(-4,98; -3,47)	22,44	(20,56; 24,31)	94 (89; 98)
	(-1,02; -0,77)	-0,08	-3,94	(-4,64; -3,23)	25,77	(23,44; 28,10)	88 (82; 94)
		-0,2	-5,27	(-6,29; -4,25)	27,30	(25,38; 29,23)	81 (74; 88)
		-0,25	-4,17	(-4,97; -3,37)	32,05	(29,08; 35,02)	72 (64; 80)
		-0,5	-4,06	(-5,29; -2,82)	34,33	(29,28; 39,38)	29 (21; 37)
		-0,75	-4,05	(-6,97; -1,12)	32,20	(25,41; 43,98)	5 (1; 8)
ITA	-0,85	0	-3,64	(-4,28; -2,99)	22,90	(20,71; 25,09)	92 (87; 97)
	(-0,95; -0,73)	-0,08	-4,50	(-5,36; -3,64)	23,54	(21,59; 25,49)	84 (77; 90)
		-0,2	-4,81	(-5,84; -3,79)	32,41	(29,50; 35,32)	59 (50; 68)
		-0,25	-4,86	(-5,98; -3,74)	35,47	(32,12; 38,83)	50 (41; 59)
		-0,5	-4,19	(-5,83; -2,56)	33,91	(27,59; 40,23)	17 (10; 24)
		-0,75	-7,37	(-13,60; -1,15)	35,68	(27,50; 43,86)	4 (1; 7)
PF	-0,67	0	-3,93	(-4,64; -3,22)	25,66	(23,30; 28,01)	86 (79; 92)
	(-0,72; -0,60)	-0,08	-4,46	(-5,29; -3,62)	24,71	(22,71; 26,72)	86 (80; 92)
		-0,2	-4,92	(-6,03; -3,80)	25,31	(23,07; 27,56)	60 (52; 69)
		-0,25	-4,91	(-6,06; -3,76)	29,68	(26,84; 32,52)	50 (41; 59)
		-0,5	-6,22	(-10,08; -2,37)	30,69	(24,46; 36,92)	7 (2; 12)
		-0,75	NA	NA	NA	NA	NA
CAÇ	-0,68	0	-4,02	(-4,74; -3,30)	21,99	(20,07; 23,91)	94 (89; 98)
	(-0,76; -0,59)	-0,08	-4,13	(-4,90; -3,37)	24,31	(22,19; 26,43)	87 (80; 92)
		-0,2	-6,09	(-7,50; -4,69)	28,78	(26,59; 30,97)	56 (46; 64)
		-0,25	-5,54	(-6,85; -4,24)	31,06	(28,40; 33,72)	44 (35; 51)

		-0,5	-4,29	(-6,10; -2,47)	35,85	(28,86; 42,83)	15	(8; 21)
		-0,75		NA		NA		NA
SVP	-0,68	0	-5,00	(-5,94; -4,06)	23,64	(21,95; 25,32)	93	(88; 97)
	(-0,80; -0,52)	-0,08	-5,01	(-6,01; -4,01)	27,16	(25,04; 29,29)	74	(66; 82)
		-0,2	-5,20	(-6,39; -4,01)	25,93	(23,70; 28,15)	59	(50; 67)
		-0,25	-5,13	(-6,37; -3,90)	27,82	(25,23; 30,41)	50	(41; 59)
		-0,5	-4,41	(-6,56; -2,26)	36,02	(27,86; 44,16)	11	(5; 16)
		-0,75		NA		NA		NA

*Número entre parênteses representam intervalo de confiança

**Não se aplica.

2.3.4 Profundidade das sementes no solo

Em relação à emergência de sementes de capim-annoni em diferentes profundidades no perfil do solo, avaliada até 15 dias após a semeadura, observou-se maior percentual de emergência de plântulas a partir de sementes que estavam na superfície do solo (Figura 6); nesse caso, o percentual equivaleu a 90% de emergência, diferindo daquelas em profundidades de 0,5; 1 e 2cm, as quais não diferiram entre si com 70, 69 e 63% de emergência, respectivamente. Não houve emergência nas demais profundidades estudadas (4, 6, 8 e 10cm).

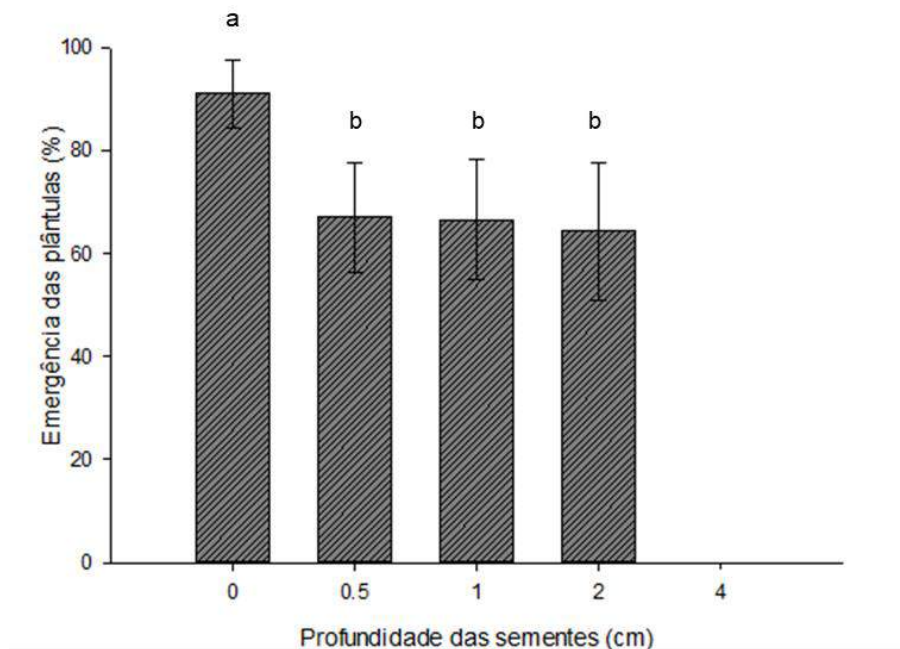


Figura 6 - Efeito da profundidade do solo na emergência de plântulas de capim-annoni (*Eragrostis plana*), 15 dias após a semeadura. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5%. As barras representam intervalos de confiança para 95%. UARK, Fayetteville/AR, EUA, 2018.

Todas as sementes utilizadas nos estudos conduzidos (temperatura, luz e potencial osmótico) para comparação entre acessos de capim-annoni ou mesmo no estudo de profundidade no solo, foram mantidas logo após a colheita armazenadas a 8°C. Segundo Medeiros et al. (2014), a superação para possível dormência de sementes de *E. plana* pode ser obtida utilizando-se o teste de frio (5°C) por sete dias (BRASIL, 2009). Deste modo, as sementes utilizadas no presente estudo possivelmente não estariam dormentes devido ao tempo de exposição à baixa temperatura. Além disso, as respostas na germinação entre os acessos de capim-annoni poderiam não diferir porque se desenvolveram e maturaram nas mesmas condições ambientais. No entanto, observou-se diferentes respostas entre os mesmos, principalmente na germinação em temperaturas mais distantes da T_0 , inferindo a variabilidade inerente entre esses.

A germinação assemelha-se entre os acessos quando as sementes foram colocadas para germinar em 35 e 40°C, próximo à temperatura ótima (T_0) calculada, equivalente a 39/40°C. Porém, em temperatura mais distante dessa, observou-se maior variação entre os acessos (Figura 2, Tabela 1). De maneira geral, a percentagem de germinação aumentou com aumento da diferença de temperatura entre T_b e T_0 , sendo que quanto mais próximo da T_0 maior o percentual de germinação para todos os acessos estudados.

O conhecimento da temperatura base (T_b) pode servir de auxílio ao manejo, especialmente em áreas onde as temperaturas de inverno permanecem baixas e o aquecimento da temperatura na primavera poderia ser usado para prever o momento da germinação (GUILLEMIN et al., 2013). No entanto, diferenças na temperatura base podem ocorrer devido às diferentes origens geográficas das sementes (GUILLEMIN et al., 2013). As médias de T_b estimadas no presente estudo (12,3 a 15,6°C) ficaram acima da observada em estudo com sementes de *E. plana* colhidas em Abelardo Luz - SC, equivalendo a 10,7°C (BITTENCOURT et al., 2017).

Dois acessos se destacaram dos demais com T_b inferiores, SM (12,3°C) e CAÇ (12,8°C), sendo este último oriundo de uma região de temperaturas médias anuais frias (Figura 1). No entanto, VAC pertence à região com invernos mais frios do Estado, apresentou T_b dentro da média dos demais acessos (15,4°C). O acesso CAÇ de maneira geral, além de apresentar T_b mais baixa, mostrou tendências de adaptabilidade para germinação em temperaturas menores, na média; foi o único com germinação em

valores acima de 55% a 20°C e acima de 70% a 25°C. Comparando-se o acesso VAC, oriundo da região mais fria do estado (com temperatura média anual de 16,08°C), com o acesso SM (T_b 12,3°C) oriundo de uma região mais quente (com temperatura média anual de 20,3°C), estes resultados corroboram com o estudo realizado com a planta daninha *Echinochloa crus-galli*, em que a T_b calculada aumentou entre sementes colhidas em regiões mais frias para sementes de regiões mais quentes, sendo equivalente a 6,2°C para aquelas oriundas de população coletada no nordeste da França (GUILLEMIN et al., 2013), 10°C em populações da Itália (SARTORATO; PIGNATA, 2008) e 13°C para sementes originárias da Califórnia, EUA (STEINMAUS et al., 2000). Portanto, sementes de mesma espécie coletadas a partir de diferentes origens geográficas, podem apresentar diferentes T_b em função de terem ocorrido possíveis adaptações da espécie as condições ambientais. E essas diferenças podem resultar em adaptações que permitem as espécies ajustarem seus ciclos de vida, e germinarem apenas nas condições ambientais ótimas (FORCELLA et al., 2000).

A temperatura é fator chave que afeta tanto a capacidade de germinação como a dormência de uma semente. Quando a temperatura está dentro da faixa térmica permissível à germinação, atua regulando a velocidade dessa; quando as sementes apresentam dormência, a temperatura também pode afetar o nível da dormência, superando ou induzindo-a (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2015). Portanto, a temperatura determina a velocidade de germinação em sementes não dormentes e também regula alterações na dormência.

É possível que em sementes dos acessos de *E. plana* expostas a temperaturas mais baixas (15 e 20°C), tenha ocorrido indução à dormência. O conceito de graus de dormência relativa, surgiu a partir da observação de que, em caso de haver dormência esta é superada, na situação em que a faixa de temperatura permissiva para a germinação aumenta gradualmente até atingir o máximo de germinação, enquanto que, a dormência é induzida, em situações em que as temperaturas sob as quais a germinação ocorre vão diminuindo, até que esta não seja mais possível e dormência total é atingida (VEGIS, 1964).

Trabalhos têm se dedicado à quantificação da relação entre temperatura e perda de dormência, porém pouco se sabe sobre o efeito da temperatura na indução de dormência (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2015). Os resultados observados para PF por exemplo, podem ser entendidos pelo possível fato de estas sementes terem entrado em alto nível de dormência secundária e por isso sua germinação ocorre somente em

temperatura próxima a T_o . Supondo que PF possui características ecotípicas, diferindo dos demais acessos estudados, uma vez que as sementes colhidas de todos os acessos nas respectivas regiões foram postas para germinar e crescidas em mesma condição e posteriormente, mantidas em refrigeração por quatro meses, o que supostamente resultaria em mesmo nível de dormência. Esta relação entre o nível de dormência das sementes e o arranjo das condições ambientais que permitem a germinação destas foi primeiramente proposto por Vegis (1964). Dependendo do nível de dormência da população de sementes, esta pode ser expressa sob certas temperaturas de incubação (HILHORST, 2007).

Considerando o histórico da área em que as progenitoras do acesso PF encontravam-se, ou seja, em ambiente com presença de sombreamento em relação aos demais acesso investigados, pode-se justificar as diferenças observadas principalmente nas temperaturas de 25 e 30°C. Há relatos de observações de campo de áreas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em que o capim-annoni tem dificuldades de crescimento pelo sombreamento imposto neste sistema. Estudos com níveis de sombreamento verificaram redução de 75% no número de inflorescência do capim-annoni quando a área era mantida com 50% de sombreamento, comparada à área mantida em pleno sol (PEREZ, 2015). Os resultados obtidos no estudo sugerem que, sementes produzidas por plantas adaptadas a condições de sombreamento, possuem maior exigência de temperatura para iniciar o processo de germinação. Ainda, baseando-se na informação de que o sombreamento suprime o desenvolvimento do capim-annoni, permite inferir com o presente estudo que estando em ambiente mais sombreado como o caso do acesso PF, opta por germinar em período do ano que ocorra maior incidência luminosa, conseqüentemente maior temperatura no solo e maior probabilidade das sementes germinarem e se estabelecerem nesse ambiente com sucesso.

De maneira geral, os acessos estudados de *E. plana* germinam preferencialmente na presença de luz, corroborando em partes com os resultados observados por Bittencourt et al. (2017) e Maldaner et al. (2019). Alguns acessos apresentaram maior exigência quanto à luminosidade para desencadear o processo de germinação, reduzindo de forma acentuada o percentual no escuro, conforme observado para PEL (33%) e PF (34%). Já para PAL, VC e CAÇ, por exemplo, a germinação foi superior a 70% mesmo em ausência total de luz (Figura 3), se compararmos aos percentuais de germinação obtidos na presença de luz.

A preferência pela luz no processo de germinação também foi observada em *Eragrostis tenuifolia*, com 77 e 33% de germinação nas condições de luz/escuro (12h/12h) e escuro contínuo, respectivamente (BITTENCOURT et al., 2016). O fato das sementes serem pequenas, não possuindo reservas abundantes para sustentar o crescimento das plântulas em longos períodos no escuro, justifica a maior taxa de germinação do capim-annoni em presença de luz. Todavia, a germinação no escuro é uma característica importante para *E. plana*, porque aumenta seu potencial de invasividade (BITTENCOURT et al., 2017).

Estudo avaliando a germinação de sementes recém colhidas de *Eragrostis tef*, observaram que quando acondicionadas para germinar em condição de 24h de exposição à luz, essas apresentaram 72,5% de germinação; entretanto quando expostas para germinar no escuro, obtiveram germinação de 56,5% (TIRYAKI; KAPLAN, 2019). Estudos genéticos e bioquímicos revelaram que o metabolismo da giberelina nas sementes é controlado pela resposta à luz (VARBANOVA et al., 2007; FOOTITT et al., 2017). Sabe-se da importância da giberelina no processo de indução da síntese de enzimas hidrolases como α -amilase, proteases e β -glucanase, que atuam no enfraquecimento do endosperma e na expansão de órgãos durante a germinação de sementes (NONOGAKY; BASSEL; BEWLEY, 2010; VOEGELE et al., 2011), bem como no balanceamento dos níveis de ácido abscísico e superação de dormência. Dessa forma, sabendo que a luz interfere no metabolismo da giberelina, hormônio importante para o processo de germinação, supõem-se que as sementes dos acessos de capim-annoni colocadas para germinar no presente estudo na condição de 24h de escuro, tiveram redução deste hormônio, e com isso sementes de acessos que apresentavam possível nível de dormência foram mais prejudicadas, e apresentaram menor percentagem de germinação como o acaso de PF e PEL.

A germinação pode ser desencadeada pela luz, dependendo da composição espectral e da irradiância, além da fisiologia da semente e também de outros fatores ambientais associados como temperatura (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2014). Com base nos resultados observados, pode-se afirmar que acessos de *E. plana* localizados em diferentes regiões do RS, possuem variabilidade de germinação em função da temperatura, especialmente quando esta se afasta da T_0 ao redor de 40°C, bem como têm preferência pela luz para desencadear o processo. Ambos aspectos, temperatura e luz, mostram-se importantes na germinação de sementes de capim-annoni, mas a temperatura possui maior relevância. Outros estudos apontam maior taxa de

germinação do capim-annoni em temperatura de 35°C (BITTENCOURT et al., 2017; MALDANER et al., 2019).

Nos potenciais hídricos mais baixos (-0,5 e -0,75 MPa), o decréscimo na absorção de água pelas sementes reduziu acentuadamente a germinação das sementes de capim-annoni, quando comparados à testemunha (potencial hídrico 0) em 35°C, com variação nas respostas entre acessos. Nos mesmos potenciais hídricos na condição de 40°C, houve comportamento similar, porém, a resposta a sensibilidade foi maior para o potencial de -0,75 MPa, o que evidencia o efeito prejudicial do déficit hídrico sobre o desempenho germinativo das sementes dessa espécie. A limitação hídrica afeta a embebição, a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes, assim o primeiro efeito mensurável da baixa disponibilidade de água é a redução no crescimento, causada pela diminuição da expansão celular (KRAMER, 1974). A síntese da parede celular e o processo de alongamento celular são extremamente sensíveis ao déficit hídrico; com base nisso, a redução do crescimento como consequência da diminuição do alongamento celular seria causada por decréscimo na turgescência das células (HSIAO, 1973).

De acordo com os resultados obtidos, nota-se que a germinação das sementes em temperatura de 40°C é superior a 35°C para alguns acessos (Tabela 1), no entanto a sensibilidade ao estresse hídrico também aumenta em temperatura de 40°C (Tabela 3 e 4). Para o potencial hídrico -0,75 MPa, em temperatura de 40°C, a germinação não ocorreu ou foi muito baixa não se ajustando ao modelo testado para 50% dos acessos estudados (BAB, PEL, PF, CAÇ e SVP); já, quando este mesmo potencial hídrico (-0,75 MPa) foi avaliado a 35°C, todos os acessos germinaram, embora tenha ocorrido acentuada redução em relação aos potenciais maiores.

Em estudo com corda-de-viola (*Ipomoea triloba*) em níveis mais baixos de potencial hídrico (-0,6 e -0,9 MPa), o decréscimo na absorção de água pelas sementes reduziu intensamente a germinação das plântulas de corda-de-viola, quando comparados com os da testemunha (potencial hídrico 0), mostrando efeito prejudicial do déficit hídrico sobre desempenho germinativo e crescimento das plântulas dessa espécie (RIZZARDI et al., 2009). Para os potenciais hídricos -0,6 e -0,9 MPa, a germinação ocorreu apenas nas temperaturas de 27,5 e 22,5°C, sendo que a T_0 definida no estudo para *I. triloba* foi 27,1°C. No entanto, para potencial hídrico de -0,4 MPa foi possível observar a germinação nas temperaturas de 32,5; 37,5; 42,5°C (RIZZARDI et al., 2009).

As espécies de inverno *Poa annua* L., *Vulpia myuros* (L.) K. C. e *Apera spica-venti* L., foram capazes de germinar sob baixo potencial hídrico ($-1,0$ MPa), porém a germinação reduziu a partir do potencial $-0,25$ MPa, sendo que as sementes foram acondicionadas para germinar a 15°C (SCHERNER et al., 2017). Em estudos com *Piper aduncum*, verificou-se que sementes da espécie apresentam tolerância intermediária, não germinando em temperaturas acima de 35°C ou em potenciais menores que $-0,6$ MPa (WEN et al., 2015). Estes resultados corroboram com os observados no presente estudo, onde a sensibilidade ao estresse hídrico aumenta com o acréscimo da temperatura.

De maneira geral todos os acessos tiveram aumento no potencial hídrico base quando em condição de 40°C comparado aos resultados obtidos em 35°C (Tabela 3, Tabela 4). Estudo avaliando o potencial hídrico para germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* L., nas temperaturas de 20, 25, 30, 35 e 40°C também verificou que o aumento da temperatura resultou em aumento do potencial hídrico base; com potencial hídrico base equivalente a $0,06$ MPa para temperatura de 40°C e $-1,68$ MPa para 20°C (BIDGOLY et al., 2018).

Sementes pequenas como no caso do capim-annoni, possuem pequena quantidade de reservas, permitindo que ocorra o processo de germinação e emergência apenas em camadas mais superficiais do solo. No presente estudo, não foi observada emergência quando as sementes foram alocadas em profundidade superior a 2cm. Estes resultados corroboram com o que mostrou Bittencourt et al., (2017), onde maior germinação do capim-annoni também ocorreu para sementes que estavam na superfície e a máxima profundidade em que as sementes emergiram foi 3cm.

Em síntese, sob temperatura próxima a T_0 e luz, todos os acessos de *E. plana* apresentam elevado percentual de germinação. Além disso, apresentam moderada resistência ao estresse hídrico sendo capazes de germinar em potenciais de $-0,75$ MPa e a germinação ocorre de 30 a 75%, mesmo na ausência de luz. Estas informações são importantes ferramentas para o manejo da espécie, isto porque as práticas de controle e monitoramento devem ser implementadas a partir do início na primavera, quando ocorre aumento da temperatura, tornando o ambiente favorável à germinação.

O manejo de capim-annoni em campo nativo é problemático e dificultado; geralmente o capim-annoni tem prevalecido e ocupado o nicho (ABICHEQUER et al., 2009; BASTIANI, 2019), além de sobrar naturalmente pela rejeição do gado, favorecendo sua infestação na área. A preferência pela luz para germinação a taxas

mais elevadas informa que a manutenção de uma cobertura mínima, mantida por um ajuste de carga animal, pode reduzir o sucesso da germinação de novas sementes; ainda, a ausência de revolvimento do solo, permite que sementes enterradas permaneçam, sem possibilidade de germinação. Associado a isto, a presença de cobertura por espécies do campo nativo tende a manter a temperatura do solo amena (abaixo da T_0 de 39/40°C).

A hipótese que sementes de capim-annoni são fotoblásticas positivas foi parcialmente confirmada demonstrando preferência pela luz para germinar, mas ainda com elevada taxa de germinação no escuro. A temperatura ótima de germinação sugerida ao redor de 25°C foi rejeitada, uma vez que as sementes dos dez acessos avaliados apresentaram T_0 entre 39 e 40°C. Deste modo, os acessos de capim-annoni coletados em regiões do RS se diferenciaram em relação à T_b , onde aqueles oriundos de Santa Maria (região Central do RS) e Caçapava do Sul (Serra do Sudeste) demonstraram maior tolerância ao frio.

As variações observadas entre os acessos de *E. plana* de diferentes origens do RS em relação à germinação de sementes, não explicam a persistência da espécie daninha preponderantemente em determinadas regiões; é possível que estejam ocorrendo outras formas de disseminação, como aquelas relacionadas à dispersão endozoocórica. Bovinos são capazes de eliminar sementes de capim-annoni viáveis via fezes em placas de esterco até 8 dias após ingerirem sementes (LISBOA et al., 2009). A ausência de quarentena nas propriedades rurais quando da aquisição de animais, bem como o tráfico de veículos disseminando sementes em corredores de estradas rurais, deve estar contribuindo possivelmente em grande escala com a perpetuação e dispersão da espécie daninha. Ainda, o amplo intervalo entre a temperatura base e a temperatura máxima de germinação dos dez acessos avaliados pode ser considerado como um importante fator na determinação do hábitat da espécie, em que, o nicho de germinação observado para *E. plana* atua como uma característica, sugerindo que esta não possui dificuldade para expandir sua área de distribuição e colonização de novos habitats (DONOHUE et al., 2010).

2.4 Conclusão

Acessos de *Eragrostis plana* coletados em diferentes regiões do RS não diferem quanto à temperatura ótima (T_0) para germinação, ficando essa entre 39 e 40°C;

possuem tolerância intermediária ao estresse hídrico germinando mesmo em condição de $-0,75\text{Mpa}$ a 35°C .

A germinação de sementes de acessos de capim-annoni ocorre preferencialmente na presença de luz, com taxa de germinação superior comparada à condição de escuro.

Sementes de capim-annoni não germinam em profundidades a partir de 4cm ou acima dessa no perfil do solo.

3 Capítulo II - Caracterização morfoanatômica e estrutura genética de acessos de capim-annoni do Rio Grande do Sul

3.1 Introdução

O gênero *Eragrostis* é um dos mais diversos, com aproximadamente 400 espécies descritas na subfamília Chloridoideae da família Poaceae (CLAYTON et al., 2006). Entre as espécies do gênero, destaca-se principalmente na região Sul do Brasil *Eragrostis plana* Nees, conhecido popularmente como capim-annoni. A espécie foi introduzida na década de 50, como contaminante em sementes de *Chloris gayana* Kunth, sendo posteriormente disseminada como espécie forrageira no Rio Grande do Sul (RS) (REIS, 1993). Somente a partir de 1979, surgiram as primeiras medidas para possível controle do capim-annoni através da Portaria do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), proibindo a comercialização e transporte de sementes e mudas com base em estudos que relataram a baixa qualidade nutricional da espécie. Deste modo, essa poaceae que até então era considerada como potencial forrageira, passou a ser considerada como planta daninha (REIS, 1993).

Favorecido pela dispersão zoocórica (via animais), o capim-annoni tornou-se planta daninha problemática principalmente nas regiões do Bioma Pampa, onde a pecuária extensiva é praticada (BARBOSA, 2016), invadindo áreas e competindo com espécies nativas do bioma. O manejo dessa planta daninha é extremamente complicado após sua dispersão em áreas de pastagem nativa, por apresentar similaridade botânica com muitas poaceas e, também, pela diversidade de espécies nativas presentes no Bioma Pampa, dificultando o controle seletivo nestas áreas (GOULART et al., 2012). Além disso, a ocorrência do capim-annoni tem contribuído para a redução na abundância das espécies nativas, qualidade das pastagens e

consequentemente, para perdas na produtividade animal (MEDEIROS; SAIBROS; FOCHT, 2009).

As plantas de capim-annoni apresentam arquitetura basal, com renovação constante de brotos basais, folhas densas e compactas na base de perfilhos, alta taxa de perfilhamento e alocação de matéria seca radicular (SCHEFFER-BASSO et al., 2012). Possui sistema radicular bem ramificado, grosso, profundo e bem desenvolvido (ABICHEQUER et al., 2009), chegando a superar em 40% a massa de raízes da pastagem nativa na camada de 0-10 cm do solo. Uma descrição anatômica do capim-annoni cujas sementes foram coletadas no município de Passo Fundo-RS, revelam que as folhas são anfiestomáticas com estômatos paracíticos, epiderme com células lignificadas, estrutura Kranz, feixes vasculares colaterais de dois tamanhos, tricomas unicelulares e cristalinos, raízes poliarcas com lacunas de ar no parênquima cortical, paredes celulares endodérmicas e medula parenquimática com células de armazenamento de amido (FAVARETTO et al., 2015).

A variação genética entre indivíduos da espécie ou entre espécies pode ser analisada em estudos desenvolvidos por meio de análises filogeográficas, as quais permitem explorar a história da migração de uma espécie e compreender a estrutura genética de plantas invasoras (SCHAAL; GASKIN; CAICEDO, 2003). Uma análise filogeográfica pode fornecer informações sobre a população de origem de espécies invasoras, bem como elucidar padrões de propagação (NOVAK; MACK, 1993; ROSENTHAL; RAMAKRISHNAN; CRUZAN, 2008; ZHANG et al., 2010). A análise genética de populações de plantas invasoras tem muitas aplicações, incluindo previsão da resposta da população a medidas de controle biológico ou químico, baseadas em níveis de diversidade, identificação da origem de populações, rastreamento de rotas de introdução e elucidação de mecanismos de disseminação e adaptação (WARD; GASKIN; WILSON, 2008).

De maneira geral, características adaptativas entre populações do capim-annoni não são conhecidas; no entanto, sabe-se que esta planta daninha encontra-se amplamente disseminada em todas as regiões do RS. Um trabalho conduzido por Schumacher et al., (2017) apontou variabilidade genética intrapopulacional de capim-annoni. Assim, a constatação de diferenciação genética entre populações pode ser indicativo da adaptação diferencial, o que se caracteriza como fator de aumento futuro da infestação e dos prejuízos causados.

Com base na caracterização anatômica do capim-annoni, sugere-se que a espécie tenha se adaptado para sobreviver sob condições de estresse abiótico, o que aumenta seu desempenho em relação às plantas nativas (FAVARETTO, 2015).

A técnica de citometria de fluxo permite a estimativa em termos de ploidia e tamanho do genoma de plantas, por meio do registro de intensidades da fluorescência relativa do conteúdo celular e a interpretação destes resultados com base em padrão de referência (amostra com nível de ploidia conhecida e/ou conteúdo de DNA nuclear conhecido) (DOLEŽEL; GREILHUBER; SUDA, 2007). A falta de correlação entre complexidade biológica e tamanho do genoma, conhecida como paradoxo do valor C, é atribuído às flutuações na quantidade de elementos genéticos repetitivos (KUMAR; BENNETZEN, 1999), uma vez que, o aumento no tamanho do genoma não é acompanhado pelo aumento no número de genes (BENNETZEN et al., 2005). Embora o significado biológico da variação no tamanho do genoma das plantas permaneça obscuro, várias observações correlacionam o tamanho do genoma com a duração do ciclo celular, tamanho da célula, e caracteres como ciclo de vida, exigências ecológicas, fenologia entre outros (BENNETT, 1972; GREGORY et al., 2001; LEITCH; BENNETT, 2007). A disponibilidade de dados sobre o tamanho do genoma é fundamental para muitos campos de pesquisa, incluindo taxonomia e mudanças evolutivas (KRON; SUDA; HUSBAND, 2007).

A hipótese do presente estudo é de que há variabilidade morfológica, anatômica e genética entre acessos de *E. plana* oriundos de diferentes regiões do Rio Grande do Sul possivelmente devido à adaptações da espécie. Diante disso, o objetivo do estudo foi comparar características morfoanatômicas de folhas e raízes entre acessos de capim-annoni, bem como analisar a estrutura genética dos diferentes acessos, determinar o tamanho do genoma e estimar o nível de ploidia do capim-annoni.

3.2 Material e métodos

Sementes de capim-annoni foram coletadas em dez regiões do Estado do RS, em fevereiro de 2016, conforme ilustrado na Figura 7: Palmitinho (PAL), Passo Fundo (PF), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA), Santa Maria (SM), Caçapava (CAÇ), Vera Cruz (VC), Bagé (BAG), Pelotas (PEL) e Santa Vitória do Palmar (SVP).

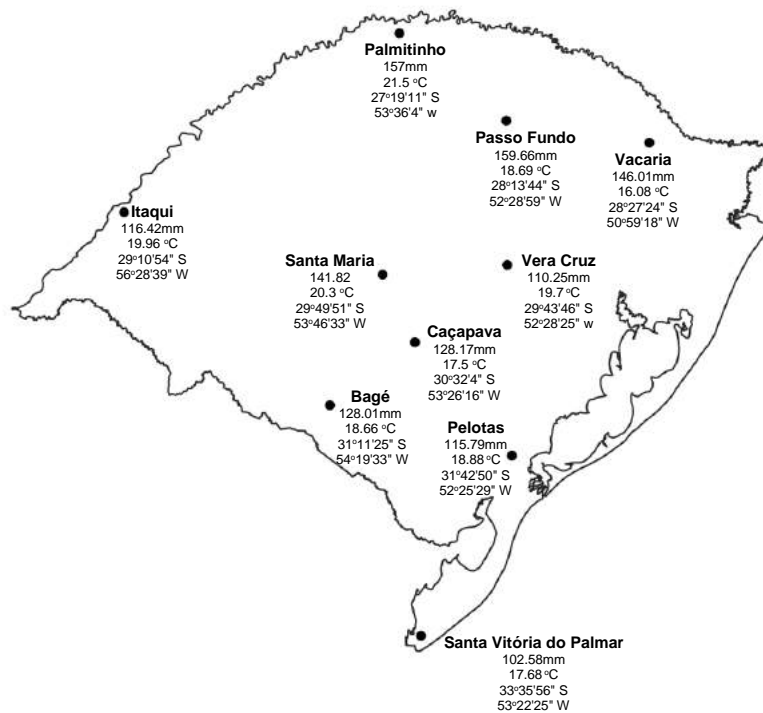


Figura 7 - Pontos de coletas de sementes de capim-annoni (*Eragrostis plana*) no estado do Rio Grande do Sul. Precipitação (mm) e temperatura (°C) média mensal dos últimos 30 anos (1988 a 2018 - Fonte: INMET), latitude sul (S) e longitude oeste (W). UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

As sementes das diferentes regiões foram coletadas de plantas individuais em área de pastagem natural, com exceção de Palmitinho e Passo Fundo, onde as sementes foram colhidas em beira de estrada, sendo que, na primeira condição, as plantas encontravam-se sem sombreamento, mas em Passo Fundo haviam muitos *Eucalyptus* sp. ao redor e, ainda, em Vacaria, onde as sementes foram colhidas em corredores de pomar de macieira, porém em condição de pleno sol. Após coletadas, as sementes foram deixadas secar à temperatura ambiente e em seguida mantidas em geladeira (7°C), até serem utilizadas.

3.2.1 Caracterização morfológica

Um experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições, em casa de vegetação, no Departamento de Fitossanidade da UFPel, Capão do Leão/RS, conduzido duas vezes no tempo. Os tratamentos consistiram de 10 acessos de capim-annoni do RS (Figura 7), cujas sementes foram coletadas em 2016 nas referidas cidades.

As unidades experimentais foram compostas por vasos com capacidade volumétrica de 8L preenchidos com solo oriundo de lavoura, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 1999), nos quais foram semeadas cinco sementes de cada acesso de capim-annoni; após a emergência, foi feito desbaste, permanecendo uma planta por vaso. Quando as plantas atingiram estágio de antese (floração) foram então avaliadas quanto a suas características morfológicas: estatura (cm), comprimento da maior lâmina foliar (cm), comprimento da bainha (cm), comprimento da folha bandeira (cm), comprimento da bainha da folha bandeira (cm), largura da maior lâmina (mm), comprimento da inflorescência (cm), comprimento do pedúnculo (cm), volume da raiz (cm³), largura da folha bandeira (mm), massa da matéria seca da parte radicular (g), massa da matéria seca da parte aérea (g) e área foliar (cm²).

No segundo ano de condução do estudo, quatro repetições por acesso foram adicionadas e mantidas durante período de 12 meses em casa de vegetação, para contabilização do número de inflorescências e número de filhos/planta, permitindo obter as variáveis inflorescência/ano e número de filhos/ano. Três panículas de cada repetição dentro de cada acesso foram isoladas após a fecundação com pacotes de papel, a fim de evitar a perda de sementes. Após, foram colhidas e contabilizadas, determinando-se o número de sementes/panícula e estimando-se o número de sementes/ano produzidas por planta.

Os resultados obtidos repetidos no tempo foram comparados pelo teste "t" e, não havendo diferença significativa entres esses, foram juntadas as repetições para análise. Posteriormente, os dados foram verificados quanto à normalidade, utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk, e em seguida, submetidos à análise de variância, sendo que ao apresentar significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias dos acessos foram submetidas à comparação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.2.2 Caracterização anatômica

Para as análises anatômicas, foi realizado experimento em DIC, com quatro repetições, utilizando os acessos: PAL, PEL, SM, ITA e VAC. Optou-se por avaliar inicialmente apenas cinco acessos mais equidistantes possíveis. As unidades experimentais foram compostas por vasos com capacidade volumétrica de 3L preenchidos com solo oriundo de lavoura, classificado como Argissolo Vermelho-

Amarelo, de textura franco-arenosa, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 1999), nos quais foram semeadas cinco sementes oriundas da primeira geração dos progenitores de cada acesso, e após a emergência, foi feito desbaste, permanecendo uma planta por vaso.

Amostras da quarta folha totalmente expandida da planta mãe de cada planta e de raízes de cada acesso, foram coletadas a partir de plantas em estágio de três a quatro afilhos. Após a coleta, o material foi fixado em solução de Karnovsky modificada, com a utilização de tampão fosfato pH 7,2, desidratadas em série etílica ascendente e infiltradas em resina plástica (Leica HistoResin®), segundo as instruções do fabricante. As amostras foram seccionadas em micrótomo rotativo manual (ANCAP) com navalha descartável (Feather®). As seções com 5 µm de espessura foram coradas com azul de Toluidina 0,05% (SAKAI, 1973), e montadas em resina sintética “Entellan” (Merck®). A documentação dos resultados da análise histológica foi feita através da captura de imagens, a partir das lâminas, em lupa Zeiss Discovery V.20 com o sistema de montagem de fotos Axiohome, no qual permitiu a realização das medidas. Foram realizadas análises qualitativas das imagens obtidas, com posterior comparação entre os acessos.

3.2.3 Caracterização genética

Para a caracterização genética dos acessos, sementes coletadas de dez plantas individuais de cada acesso foram semeadas em casa de vegetação para coleta de tecidos e posterior extração de DNA. O estudo foi realizado no Laboratório de Biologia Molecular do Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), consistindo na análise de sequências do DNA do cloroplasto e do ribossomo dos acessos de *E. plana*.

Cento e cinquenta miligramas de tecido foliar foram coletados individualmente de dez plantas de cada acesso e acondicionados em microtubos de 2mL. Após, as amostras foram liofilizadas em liofilizador (Liotop L108) durante 48h, a -27°C e 250mmHg. Posteriormente, foram armazenadas em freezer a -20°C até o momento da extração de DNA. Momentos antes da extração, as amostras foram maceradas com auxílio do macerador de tecidos TissueLyser II (QIAGEN), sendo adicionados em cada microtubo contendo o material vegetal liofilizado, duas esferas metálicas de 5mm de

diâmetro. As amostras permaneceram no aparelho sob agitação durante 45 segundos, na frequência de 30 vezes por segundo, até a maceração total dos tecidos.

As extrações de DNA foram realizadas pelo protocolo CTAB (brometo de cetiltrimetilamônio) com adaptações (DOYLE; DOYLE, 1987). Após a maceração, as esferas metálicas foram retiradas dos microtubos e posteriormente adicionados 650µL de tampão CTAB e 13µL de β-mercaptoetanol 2%, previamente aquecido. Na sequência, as amostras foram agitadas com vortex por cinco segundos e incubados em banho-maria a 65°C por 60 minutos, com agitação dos tubos a cada 15 minutos. Após o resfriamento das amostras, foram adicionados 650µL de clorofórmio-isoamil (24:1) e realizada a inversão manual dos microtubos durante oito minutos. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por seis minutos a 12000rpm a temperatura ambiente (Centrifuga 5804R – Eppendorf). Aproximadamente 500µL de sobrenadante foram recuperados na etapa seguinte, acondicionados em microtubos de 1,5mL e adicionado igual volume de isopropanol gelado (armazenado em freezer a temperatura de -20°C). Os microtubos eram invertidos manualmente por cinco vezes e levados ao freezer a temperatura de -20°C, onde permaneciam por pelo menos duas horas.

Na etapa seguinte as amostras foram centrifugadas por seis minutos a 12000 rpm a temperatura de 10°C. O sobrenadante foi descartado e foram adicionados 500 µL de etanol 75% para a lavagem do pellet de DNA. As amostras permaneceram à temperatura ambiente por 20 minutos e, em seguida, foram centrifugadas novamente por 6 minutos a 12000 rpm na temperatura de 10°C. Na sequência, o etanol foi descartado e adicionados 100µL de TE (Tampão TRIS-EDTA) para ressuspensão do pellet, 50µL de acetato de amônia 7,5M e 375µL de etanol absoluto para precipitar o DNA novamente. Após esta etapa, as amostras foram centrifugadas por dez minutos a 12000rpm na temperatura de 10°C. Em seguida, o sobrenadante foi descartado e o pellet foi seco em incubadora com circulação de ar (TE-4200 - Tecnal) a 37°C por 25 minutos. O DNA foi ressuspensão em TE 1X + 20 µg mL⁻¹ de RNase e incubado em termobloco (Accublock Digital Dry Bath – LABNET) a 37°C por 30 minutos. As amostras permaneceram em refrigerador a 5°C para quantificação e verificação da qualidade.

As análises da qualidade e quantidade de DNA foram realizadas por meio de espectrofotômetro (Genesys 2tm, Thermo Spectronic). As amostras de DNA também foram analisadas em gel de agarose (1%), corados com brometo de etídio na proporção de 0,02µL mL⁻¹, por 90 minutos a 110 V em tampão TBE 0,5X (40 mM Tris, 1mM EDTA, pH=8,0). Após, cada gel foi fotografado com programa L-PIX IMAGE Release 2.6

(Loccus Biotecnologia). Na sequência, as amostras foram armazenadas a -20°C na concentração original.

Um experimento prévio foi realizado com o objetivo de determinar os marcadores moleculares adequados para análise de diversidade genética entre acessos de *capim-annoni*. Com base nos resultados obtidos, levando em consideração o tamanho do fragmento e a quantidade de variações SNPs entre as populações, foram selecionados dois pares de primers para serem utilizados no experimento de análise filogenética (Tabela 5).

Tabela 5 - Sequência nucleotídica e características dos marcadores utilizados na amplificação de DNA do cloroplasto e nuclear. UFPel, Capão do Leão/RS, 2019.

Marcador	Sequência	Fragmento (pb)	Região	Referência
rps16x2F2	AAAGTGGGTTTTATGATCC	686	3´rps16 - 5´trnK (cpDNA)	FIOR et al., 2013
trnK ^(UUU)	TTAAAAGCCGAGTACTCTACC			SHAW et al., 2007
ITS-4	CCCGCCTGACCTGGGGTCGC	650	ITS (nrDNA)	WHITE et al., 1990
ITS-5	TAGAGGAAGGAGAAGTCGTAACAA			KITA; ITO, 2000

Os marcadores universais selecionados são baseados em regiões não codificadas do DNA do cloroplasto e do ribossomo. O marcador 3´rps16 - 5´trnK (cpDNA) corresponde à amplificação do íntron *trn* pertencente ao DNA do cloroplasto (SHAW et al., 2007). O marcador ITS-Y4 e ITS-Y5 corresponde à amplificação de regiões do DNA nuclear ribossomal (nrDNA) (WHITE et al., 1990; KITA; ITO, 2000).

As reações em cadeia de polimerase (PCR – Polymerase Chain Reaction) foram conduzidas no laboratório de Biologia Molecular do Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS, utilizando termocicladores (Thermal Cycler C1000 Touch, BIO-RAD). As reações foram adaptadas de Yamaguchi (2005) e seguiram o seguinte protocolo: 50ng de DNA; 0,2µM de cada primer (forward e reverse), 0,2mM de dideoxinucleotídeos trifosfatos (dNTPs), 0,5U de Taq DNA Polimerase Platinum (INVITROGEN), 2mM de cloreto de magnésio (MgCl₂), 1X PCR buffer e água MiliQ para completar volume total de 22µL. O protocolo da reação de PCR foi composto por 3 minutos de desnaturação das cadeias de DNA a 94°C, 35 ciclos de 60 segundos a 94°C, 60 segundos a 63°C para ocorrer o pareamento, 60 segundos a 72°C, para

ocorrer à extensão da fita complementar do DNA e por fim 5 minutos a 72°C para amplificar fragmentos mais longos. Os produtos de amplificação (amplicons) foram analisados em gel de agarose (2%) corados com brometo de etídio na proporção de 0,02µL mL⁻¹, por 120 minutos a 110V em tampão TBE 0,5X (40 mM Tris, 1mM EDTA, pH=8,0). Os tamanhos dos fragmentos foram determinados por comparação visual utilizando marcadores (Ladder) de 100pb (INVITROGEN). Após, cada gel foi fotografado com programa L-PIX IMAGE Release 2.6 (Loccus Biotecnologia).

Após a confirmação da amplificação dos fragmentos em gel de agarose, foi realizada a purificação com as enzimas Exonuclease I e Shrimp Alkaline Phosphatase (ExoSap). Para isso, foram utilizados 5µL do DNA amplificado por PCR e 1µL de cada enzima. As amostras foram incubadas a 37°C por 40 minutos, seguidos de 80°C por 15 minutos para a inativação das enzimas em termociclador (Mastercycler, Eppendorf). Na sequência, as amostras foram quantificadas por meio de espectrofotômetro (Genesys 2tm, Thermo Spectronic). O preparo das amostras para sequenciamento utilizou 50ng de DNA amplificado para cada 100 pares de base do fragmento, acrescidos de 1 µL de primer (10µM) (rps16x2F2 para o primer de DNA ribossomal e ITS-Y5 para o primer de DNA plastidial) e água miliQ para completar o volume de 7,5µL. As reações de PCR, purificação e o envio das amostras foram realizadas em microplacas de PCR de 96 poços (Greiner bio-one). As amostras foram sequenciadas por eletroforese capilar em aparelho ABI3730 (Applied Biosystems), utilizando-se polímero POP7 e BigDye v3.1 no laboratório da empresa Myleus Facility (Belo Horizonte – MG).

As sequências obtidas foram editadas e alinhadas pelo programa MEGA versão 5.1, URL (TAMURA et al., 2013) para cada marcador separadamente. Os haplótipos foram identificados usando DNAsp (LIBRADO; ROZAS, 2009). A estimativa dos índices de diversidade genética dentro das populações (diversidades de haplótipos e nucleotídeos) e a diferenciação entre os dez acessos amostrados foi realizada através da análise de variância molecular (AMOVA) utilizado o programa ARLEQUIN, versão 3.5 (EXCOFFIER; LISCHER, 2010). A análise bayesiana de estrutura genética de populações foi realizada com o programa BAPS versão 6.0.

As análises para montagem da árvore filogenética foram realizadas usando os programas Beauti e Beast versões 1.10.4 (DRUMMOND et al., 2012) para cada marcador individualmente. Para estas análises, foram utilizados como antecedentes um modelo de relógio molecular restrito (FERREIRA; SUCHARD, 2008) e o modelo de substituição de nucleotídeos HKY, conforme estimado no programa JModelTest

(DARRIBA et al., 2012), assim como o modelo de árvore de especiação: nascimento-morte (GERNHARD, 2008). Cadeias de Markov Monte Carlo foram analisadas para 10.000.000 de passos para o marcador nuclear ribossomal e para o marcador plastidial, amostrando a cada 1.000 passos. O programa Tracer versão 1.7 (RAMBAUT et al., 2018) foi utilizado para inspecionar a convergência e a significância dos parâmetros após as análises do Beast.

3.2.4 Tamanho do genoma e estimativa do nível de ploidia

Sementes dos acessos PEL e BAG foram semeadas e crescidas em casa de vegetação pertencentes ao Crop, Soil and Environmental Sciences Department da University of Arkansas (CSES/UARK), em Fayetteville, Estados Unidos. Amostras de tecido fresco de dois acessos de capim-annoni (BAG e PEL) foram coletadas de plantas em estágio vegetativo, e encaminhadas para o laboratório, juntamente com amostras das espécies utilizadas como padrão com valor C (constante do conteúdo de DNA) conhecido, sendo estas: arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum bicolor*) e ervilha (*Pisum sativum*), mantidas refrigeradas em caixa de isopor com gelo.

As análises foram realizadas pelo Flow Cytometry Facility Laboratory da Iowa State University. As folhas das plantas de capim-annoni e das espécies padrão foram manualmente cortadas juntas, em tampão (GALBRAITH et al., 1983), pH 7,2, para liberação dos núcleos (JOHNSTON et al., 1999). Os cubos das folhas foram filtrados por uma malha de nylon de 53mm e iodeto de propídio foi adicionado a uma concentração final de 50ppm. A fluorescência média dos núcleos foi quantificada usando um citômetro de fluxo Coulter Epics Elite (Coulter Eletrônica, Hialeah, FL), equipado com um laser. O conteúdo de DNA foi determinado e calculado, comparando-se a fluorescência nuclear média do capim-annoni com a fluorescência média dos núcleos das espécies padrão. Não foi possível fazer a leitura do valor C das amostras de ervilha, assim apenas as amostras de arroz e sorgo foram usadas como padrão para a determinação do valor C e estimativa do nível de ploidia do capim-annoni, com base nas equações 1 e 2 (DOLEŽEL; GREILHUBER; SUDA, 2007).

$$\text{Valor C } E. \textit{plana} = \text{Valor C do padrão} * \frac{\text{Posição média do pico do } E. \textit{plana} \text{ C}}{\text{Posição média do pico do padrão C}} \quad \text{Equação [1]}$$

Nível de ploidia *E. plana* = 2C *E. plana* * nível de ploidia do padrão de referência Equação [2]

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Morfologia

Em função da ausência de diferença significativa entre os estudos conduzidos duas vezes no tempo, as repetições dos mesmos foram agrupadas para análise como um único estudo. *E. plana* é uma planta perene, cespitosa que produz elevado número de filhotes de maneira aglomerada, formando uma touceira; ela é capaz de emitir filhotes aéreos e em condições de alta população, foi observada a presença de raízes adventícias. Foram observados colmos longos, eretos e fortemente achatados na base, com nós glabros; lâminas planas ou dobradas e glabras, bainha das folhas basais glabras e fortemente achatadas; apresenta panículas laxas, com ramos ascendendo ou se espalhando.

Analisando a estatura dos acessos em pleno florescimento, observou-se variação entre estes sendo o maior valor observado para SVP (148,25cm) e o menor para BAG (123,23cm) (Tabela 6). Embora tenham sido observadas diferenças entre os acessos, todos apresentaram estatura média acima de 120cm; em relação ao comprimento da maior lâmina foliar, obteve-se diferença entre acessos com maior valor observado para PAL (80,05cm) e o menor para VC (58,10cm). Compreende-se que a estatura da planta e o comprimento das lâminas foliares juntamente com a área foliar, estão entre as características morfológicas mais importantes na competição por luz. Desse modo, espécies que possuem, por exemplo, maior estatura tende a ser mais eficientes na interceptação de radiação solar e com isso, aumentam a taxa fotossintética (BALLARÉ; CASAL, 2000), sendo essa uma das características que possivelmente permite ao capim-annoni se sobrepôr às espécies nativas nos campos, especialmente aquelas mais prostradas. Não houve diferença entre os acessos para o comprimento da folha bandeira ($p \geq 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6 – Características morfológicas de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) oriundos de sementes coletadas em regiões do estado do Rio Grande do Sul na antese: Estatura/planta (E), Comprimento da maior lâmina foliar/planta (Comp>LF), Comprimento da bainha da maior lâmina foliar/planta (CompB>LF), comprimento da folha bandeira/planta (CompFB), comprimento da bainha da folha bandeira/planta (CompBFB), largura da maior lâmina foliar/planta (Larg>LF), largura da folha bandeira/planta (LargFB), na antese (150 dias após a emergência). UFPel, Capão do Leão/RS, 2016/2017/2018

Acessos	E (cm)	Comp >LF(cm)	CompB >LF(cm)	CompFB (cm)	CompBFB (cm)	Larg>LF (mm)	LargFB (mm)
BAG	123,23 b*	64,90 ab	15,42 a	17,20 d	38,30 ab	5,80 ab	2,81 c
PAL	129,08 ab	80,05 a	13,80 a	41,30 a	36,40 ab	5,27 ab	4,28 a
PEL	130,87 ab	74,35 ab	16,27 a	24,77 bcd	39,97 ab	5,88 ab	3,82 abc
SM	145,30 ab	75,47 ab	16,57 a	23,15 bcd	40,35 a	5,53 ab	3,40 abc
VC	130,90 ab	58,10 b	13,75 a	22,15 bcd	34,65 ab	4,70 b	3,04 bc
VAC	124,13 b	70,73 ab	18,25 a	27,90 bc	40,33 a	5,14 ab	3,80 abc
ITA	141,95 ab	58,20 b	14,73 a	23,23 bcd	33,77 ab	6,23 ab	3,51 abc
PF	138,70 ab	60,70 b	13,83 a	20,55 cd	34,50 ab	4,92 b	2,84 c
CAÇ	125,03 ab	71,80 ab	16,13 a	32,03 ab	32,27 b	6,88 a	4,15 ab
SVP	148,25 a	67,23 ab	14,10 a	26,80 bcd	40,47 a	5,81 ab	3,74 abc
C.V.(%)**	7,25	10,61	21,64	17,07	8,76	12,93	13,62

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5%.

**Coeficiente de variação.

Para as variáveis CPed e MMSPA não houve diferença estatística entre os acessos ($p \geq 0,05$); para o Cpan o maior valor foi observado para SVP (45,55cm), diferindo significativamente do acesso VC com o menor valor entre todos os acessos, sendo 20% inferior a SVP (Tabela 7). Maior produção de VR foi obtida pelos acessos PEL e CAÇ, sendo a maior MMSPA obtida para o acesso CAÇ. Para AF, os acessos CAÇ e PEL também foram superiores diferindo dos demais, com exceção para BAG e PAL (Tabela 7).

Tabela 7 – Características morfológicas de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) oriundas de sementes coletadas em regiões do estado do Rio Grande do Sul, na antese: Comprimento do pedúnculo/planta (CPed), comprimento da panícula/planta (CPan), volume da raiz/planta (VR), massa da matéria seca da parte radicular/planta (MMSPR), massa da matéria seca da parte aérea/planta (MMSPA), área foliar/planta (AF), na antese (150 dias após a emergência). UFPel, Capão do Leão/RS, 2016/2017/2018

Acessos	CPed (cm)	CPan (cm)	VR (cm ³)	MMSPR (g)	MMSPA (g)	AF (cm ²)
BAG	43,57 ^{ns}	34,80 abc	107,00 b	29,88 b	52,23 ^{ns}	569,17 ab
PAL	40,63	36,85 abc	83,50 bcd	23,15 b	46,90	559,24 ab
PEL	42,83	35,27 abc	148,00 a	24,64 b	50,36	648,12 a
SM	49,20	39,12 ab	73,75 cde	25,58 b	49,96	474,62 b
VC	45,27	32,25 c	89,25 bc	25,15 b	41,02	483,95 b
VAC	47,25	36,07 abc	63,25 de	25,27 b	48,63	454,61 b
ITA	34,97	34,05 bc	101,25 b	37,46 ab	46,32	487,98 b
PF	49,20	32,35 c	85,12 bcd	24,15 b	44,04	468,26 b
CAÇ	37,07	36,20 abc	134,25 a	51,40 a	46,79	525,74 ab
SVP	47,80	40,55 a	49,26 e	25,23 b	49,25	474,62 b
C.V.**(%)	15,45	7,02	11,15	29,19	11,19	11,62

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5%.

**Coeficiente de variação.

^{ns} Não significativo.

Em relação ao número de afilhos produzidos no período da condução do estudo de 12 meses (segundo ano), não foram observadas diferenças entre os acessos. Os resultados também não diferiram para o número de sementes produzidas por panícula (Tabela 8). O maior número de panículas produzidas no período de um ano foi observado para o acesso CAÇ (68), o qual também obteve um dos maiores números de sementes produzidas por planta; o maior nº sementes foi obtido com o acesso de Itaqui (ITA), equivalente a 111.095 sementes por planta e a menor produção foi para o acesso PAL, 37.151 (Tabela 8).

Tabela 8 - Número de afilhos produzidos em um ano por planta (Nº afilhos/ano/pl), número de panículas produzido em um ano por planta (Nº panículas/ano/pl), número de sementes produzido por panícula (Nº sementes/panícula) e número de sementes produzidas por ano por planta (Nº sementes/ano/planta) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) de regiões do estado do Rio Grande do Sul. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/2018

Acessos	Nº afilhos/ano/pl	Total de Panículas/ano/planta	Nº sementes/panícula	Nº sementes/ano/planta
BAG	69 a*	56 a	1.310,50 a	70.564 bc
PAL	73 a	30 b	1.246,50 a	37.151 c
PEL	75 a	47 ab	1.774,00 a	83.648 ab
SM	70 a	54 a	1.521,30 a	80.302 ab
VC	90 a	49 ab	1.773,80 a	86.125 ab
VAC	64 a	52 ab	1.461,50 a	73.694 abc
ITA	68 a	58 a	1.957,80 a	111.095 a
PF	76 a	49 ab	1.959,50 a	95.877 ab
CAÇ	65 a	68 a	1.623,50 a	108.067 ab
SVP	81 a	53 a	1.410,30 a	74.625 abc
C.V.** (%)	17,62	18,01	21,1	19,13

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5%.

**Coeficiente de variação

No presente estudo, os resultados apontaram variações entre os acessos de capim-annoni do RS, os quais podem ser resultado da influência do ambiente. O acesso PEL seria o mais “adaptado” ao local de condução do estudo e nem por isso, foi superior aos demais, a não ser para a variável AF (Tabela 6). Já, o acesso ITA pertencente à Fronteira Oeste do RS, mesmo não estando na sua região de origem, apresentou a mais elevada produção de sementes por planta, sugerindo excelente adaptação ao meio.

Como já relatado, o menor número de sementes/ano/planta foi observado para o acesso PAL, o que corrobora também com a baixa incidência da espécie na região de origem deste acesso, observado durante a coleta. No entanto, mesmo que o nº sementes/ano/planta para PAL ter sido inferior aos demais acessos, a produção de 37.151 sementes é um valor elevado e com grande potencial de infestação e reinfestação de áreas, alimentando o banco de sementes do solo. Em condições de campo, a produção de sementes por planta no período de um ano pode ser superior ou inferior aos resultados observados no presente trabalho, visto que será influenciada pelo espaço e recursos disponíveis. A produção de sementes obtida pelos acessos de capim-annoni neste estudo se deu em uma condição de casa de vegetação em espaço limitado de vaso com capacidade de 8L; é possível que a planta possa produzir ainda mais panículas e conseqüentemente sementes em campo.

Características morfológicas como capacidade de afilhamento, estatura de planta, área foliar, distribuição das folhas, ângulo foliar e produção de massa aérea, influenciam na interceptação de luminosidade pelo dossel foliar (RUCHEL et al., 2015). Plantas com rápido incremento em estatura geralmente levam vantagem competitiva, e a rapidez de tomada do espaço aéreo constitui-se em importante característica para o sucesso competitivo (OGG; SEEFELDT, 1999; BLACKSHAW, 1994). Ainda, a capacidade de sobrevivência e reprodução de uma população determina a sua adaptabilidade ecológica, a qual depende de características biológicas, como taxas de germinação, crescimento e produção de sementes (CHRISTOFFOLETI, 2001). As diferenças morfológicas observadas entre os acessos de capim-annoni podem ser atribuídas a adaptações as diferentes condições geográficas e climáticas em que se encontram originalmente, inferindo que a espécie possui potencial de adaptação e infestação em todo o Estado do RS. Sendo assim, a baixa incidência ou inexistência do capim-annoni em algumas regiões do RS se devem as práticas de manejo e controle praticadas ou ainda por esse não ter sido introduzido.

A caracterização morfológica consiste em fornecer identidade para cada material por meio do conhecimento de uma série de dados que permitam estudar a variabilidade genética de cada amostra (RAMOS; QUEIROZ, 1999). São adotados descritores botânicos herdáveis, facilmente visíveis e mensuráveis, que, a princípio, são expressos em todos os ambientes. Embora a análise seja simples, podem haver limitações relacionadas aos caracteres avaliados que apresentam herança aditiva, os quais são altamente influenciados pelo ambiente (OLIVEIRA et al., 2000). Visando auxiliar no entendimento da variabilidade entre acessos de capim-annoni no RS, os demais estudos anatômicos e genéticos foram conduzidos.

3.3.2 Anatomia

As análises anatômicas das folhas do capim-annoni dos acessos investigados (PAL, PEL, SM, ITA e VAC) mostraram que todos os cinco, de maneira geral, possuem cutícula espessa, com algumas variações, sendo os maiores valores de espessura da cutícula observados para PEL (Tabela 9, Figura 8). Favaretto et al. (2015) verificaram que a lâmina da folha do *E. plana* possui cutícula lisa e epiderme unisseriada, cujas células têm paredes grossas, lignificadas e periclinais. Este espessamento e lignificação da parede celular, são os principais fatores que limitam a digestão do capim-

annoni, resultando em baixa qualidade nutricional e rejeição pelos animais, o que contribui para a sua persistência e expansão nas áreas de pastagens (ZENNI; ZILLER, 2011). As células epidérmicas lignificadas, duras e impermeáveis, conferem às folhas da espécie do gênero *Eragrostis* de maneira geral, elevada resistência à tração e maior tolerância à seca e a danos mecânicos (BALSAMO et al., 2006).

Tabela 9 - Espessura da cutícula (EC), área de extensão das células parenquimáticas (AEP), comprimento dos tricomas (CT), área das células buliformes (ACB) das folhas e área de extensão do aerênquima (AEA) das raízes de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) de regiões do Rio Grande do Sul. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/2018

Acessos	EC	AEP	CT	ACB	AEA
µm.....				
PAL	41 bc	2143956 a	158 ab	48285 a	1043 ab
PEL	67 a	184398 b	154 ab	38443 ab	1739 a
SM	36 c	132067 b	128 b	29471 b	903 b
VAC	50 b	34938 b	176 a	27209 b	1228 a
ITA	46 bc	1730476 a	149 ab	34956 b	870 c
C.V.**(%)	10,63	31,75	11,47	14,98	8,48

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5%.

**Coeficiente de variação.

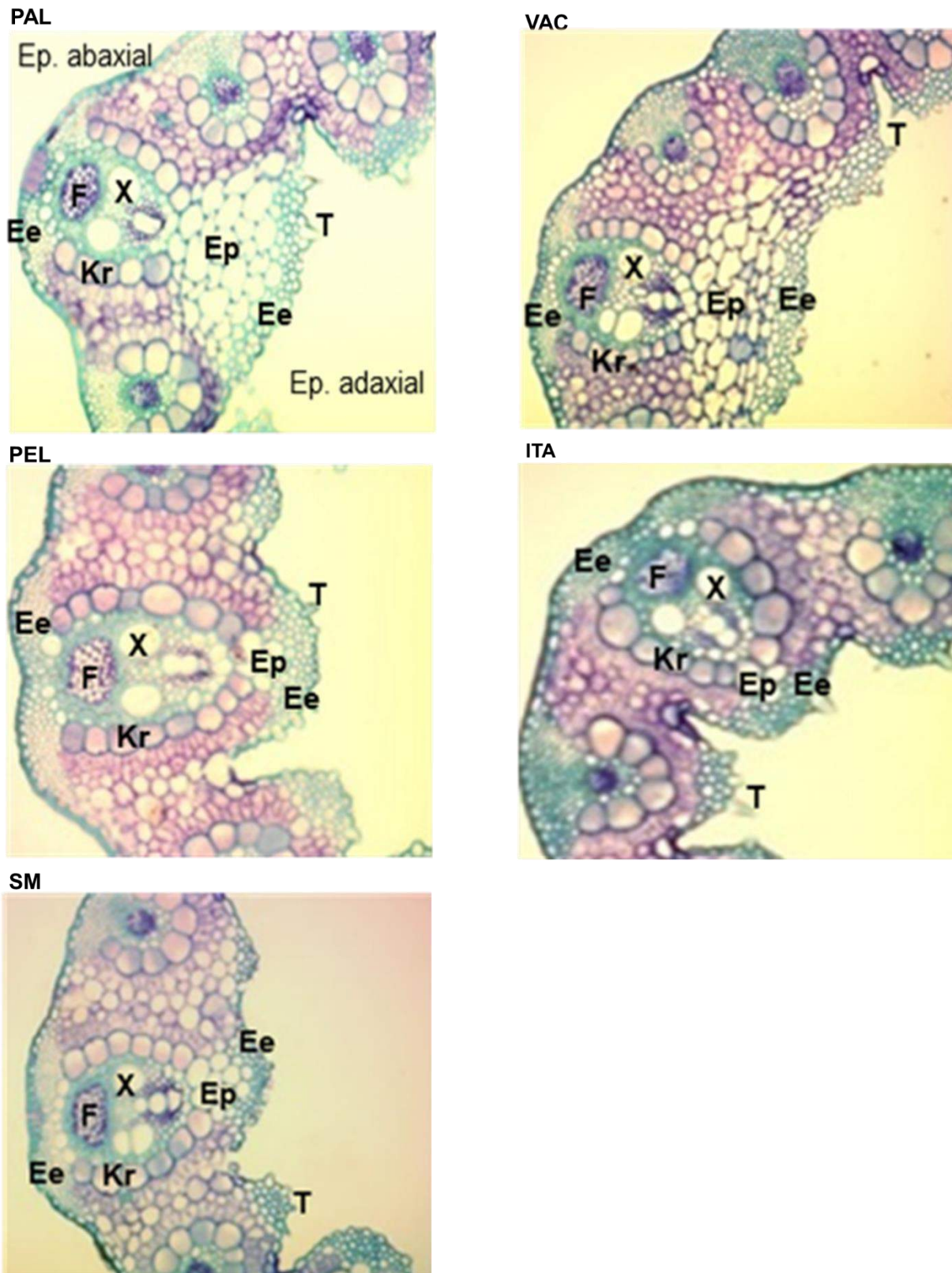


Figura 8 - Corte transversal na região da nervura central das folhas de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Palmitinho (PA), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA). Ep. Abaxial (epiderme abaxial); Ep. Adaxial (epiderme adaxial); F (floema); X (xilema); Ee (extensão esclerenquimática); Kr (anatomia Kranz); Ep (extensão parenquimática); T (tricomas), na objetiva de 20X. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/2018.

A principal diferença observada entre os acessos foi para a extensão das células parenquimáticas, onde há acentuada diferença para PAL e ITA, os quais possuem maior AEP comparados aos demais (Tabela 9, Figura 8). Análises morfológicas de diferentes acessos de *Paspalum stellatum* também verificaram variações na extensão do parênquima entre acessos, sendo observado que, aqueles oriundos de ambientes úmidos mostraram maior espessura em comparação aos de ambiente seco (VIEIRA, 2014). Ainda, variações na espessura do parênquima de *Theobroma speciosum* foram observadas em plantas expostas a diferentes níveis de luminosidade, sendo maior a espessura do parênquima para plantas que estavam em ambiente ensolarado comparado a plantas que estavam em condição de sombreamento (DARDENGO et al., 2017).

Compreende-se que variáveis anatômicas como a extensão do parênquima, podem ser influenciadas pela adaptação às diferentes condições ambientais, podendo justificar a diferença observada para os acessos de capim-annoni no presente estudo. Sabendo-se que, o tecido parenquimático é desejável em termos de degradação, como no caso da *Brachiaria humidicola* em que a associação de células buliformes e tecido parenquimático constituem a percentagem de tecidos altamente digeríveis (ALVES DE BRITO; RODELLA; DESCHAMPS, 2004), é possível que os acessos PAL e ITA possuam maior digestibilidade em função de apresentarem maior área de tecido parenquimático. Desse modo, análises bromatológicas dos acessos se fazem necessário para confirmar esta hipótese.

Os cortes anatômicos realizados no sistema radicular verificaram diferenças entre os acessos quanto à extensão da área do aerênquima, com maior área observada para o acesso PEL e menor para ITA (Tabela 9, Figura 9), o que pode sugerir uma maior adaptação para PEL em ambientes alagados. A presença de aerênquima confirma o que já foi observado por Favaretto et al. (2015), que as raízes do capim-annoni apresentam parênquima cortical com grandes áreas de armazenamento de ar, que formam aerênquimas. Ainda, segundo os mesmos autores, o sistema radicular do capim-annoni apresenta projeções do protoxilema alto (raiz poliarca), epiderme unisseriada, exoderme lignificada e endoderme engrossada, tendo a medula parenquimática células com plastídios, os quais armazenam amido.

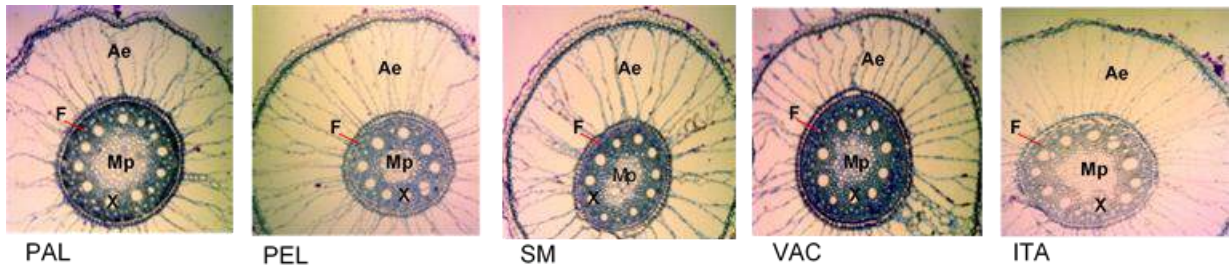


Figura 9 - Seção transversal das raízes de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*): Palmitinho (PA), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Vacaria (VAC), Itaqui (ITA). Ae (aerênquima); Mp (medula parenquimática); F (floema); X (xilema), na objetiva de 20X. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/2018.

A tolerância do capim-amargoso ao glifosato tem sido correlacionada a presença de reserva de amido em seus rizomas, dificultando a translocação e permitindo rápido rebrote da parte aérea após ser tratada com o herbicida (MACHADO et al., 2008). Desse modo, é possível que as reservas de amido presentes no sistema radicular do capim-annoni seja um dos fatores que permite o rebrote de plantas perenizadas após aplicação de glifosato, fato este comumente observado em campo.

3.3.3 Análise de diversidade genética e variância molecular

O número de haplótipos (NH) refere-se ao número de indivíduos com sequência de DNA diferentes entre eles, seja devido a uma ou mais substituições nucleotídicas. Nas populações estudadas, o NH variou de 4 a 10 quando analisado o marcador ribossomal ITS4-ITS5, sendo os acessos SVP e PEL os que apresentaram maior número (10) (Tabela 10). Quando analisado o marcador plastidial rps16x2F2-trnK, o NH foi menor em relação ao marcador descrito anteriormente, variando de 1 a 4, sendo o maior NH observado para o acesso PEL (4) (Tabela 11).

Tabela 10 - Índice de diversidade genética: n (número de indivíduos); NH (número de haplótipos); DN (Diversidade nucleotídica); DH (Diversidade de haplótipos); e testes de neutralidade: Fs (Estatística Fs de Fu); D (D de Tajima), dos acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) para o marcador ribossomal ITS4-ITS5. UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/2019

Acessos	n	NH	DN	DH	FS	D
BAG	10	7	0,101 (0,054)	0,099 (0,106)	5,82(0,98)	-2,12 (0,00)
PAL	10	4	0,002 (0,002)	0,002 (0,025)	-0,74(0,17)	0,02 (0,61)
SM	10	4	0,003 (0,002)	0,003 (0,028)	-0,25(0,36)	-0,84 (0,28)
VC	10	5	0,078 (0,044)	0,076 (0,129)	5,18(0,98)	-1,69 (0,00)
VAC	10	5	0,003 (0,002)	0,003 (0,033)	-1,18(0,11)	0,83 (0,83)
ITA	10	4	0,030 (0,017)	0,029 (0,088)	5,03(0,97)	-1,69 (0,00)
PF	10	4	0,031 (0,019)	0,030 (0,117)	2,55(0,81)	-0,57 (0,43)
CAÇ	10	6	0,033 (0,018)	0,032 (0,080)	3,19(0,92)	-1,96 (0,00)
SVP	10	10	0,015 (0,008)	0,014 (0,073)	-3,91(0,02)	-0,66 (0,29)
PEL	10	10	0,330 (0,174)	0,327 (0,253)	1,34(0,49)	1,92 (0,98)

Tabela 11 - Índice de diversidade genética: n (número de indivíduos); NH (número de haplótipos); DN (Diversidade nucleotídica); DH (Diversidade de haplótipos); e testes de neutralidade: Fs (Estatística Fs de Fu); D (D de Tajima), dos acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) para o marcador plastidial rps16x2F2-trnK. UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/2019

Acessos	n	NH	DN	DH	FS	D
BAG	10	3	0,007 (0,036)	0,007 (0,004)	3,87 (0,97)	-2,03 (0,01)
PAL	10	2	0,001 (0,014)	0,001 (0,001)	-0,01 (0,30)	-0,93 (0,25)
SM	10	2	0,001 (0,008)	0,001 (0,001)	-0,34 (0,16)	-1,11 (0,19)
VC	10	3	0,001 (0,014)	0,001 (0,002)	-0,46 (0,17)	-1,40 (0,09)
VAC	10	3	0,001 (0,018)	0,002 (0,001)	-0,53 (0,13)	-0,58 (0,27)
ITA	10	2	0,002 (0,020)	0,002 (0,002)	1,51 (0,73)	-1,35 (0,07)
PF	10	2	0,001 (0,037)	0,007 (0,004)	5,73 (0,99)	-1,92 (0,01)
CAÇ	10	1	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	0,00 (N,A,)	0,00 (0,00)
SVP	10	2	0,001 (0,008)	0,001 (0,001)	-0,34 (0,15)	-1,11 (0,18)
PEL	10	4	0,003 (0,041)	0,003 (0,002)	0,04 (0,46)	0,99 (0,83)

A diversidade haplotípica (DH) indica a probabilidade de retirando aleatoriamente dois haplótipos de uma amostra, estes serem diferentes (NEI, 1987). Enquanto que, a diversidade nucleotídica (DN) tem seu cálculo baseado na quantidade média de divergência nucleotídica entre sequências ao acaso de uma amostra (NEI; TAJIMA, 1981). As DH e DN oriundas da análise do marcador ribossomal (Tabela 10) foram superiores às observadas com o marcador plastidial (Tabela 11), ou seja, o marcador ribossomal caracteriza melhor a diversidade genética das populações. Os acessos de capim-annoni avaliados apresentaram baixas DH e DN principalmente para o marcador plastidial, inferindo efeito fundador para uma ou poucas linhagens de DNA (GRANT; BOWEN, 1998). No entanto, para o marcador ribossomal, observou-se maior

variação entre os acessos, sendo observada maior diversidade nucleotídica para o acesso PEL (0,330) e o menor DN para PAL (0,002). O mesmo comportamento se observa para diversidade de haplótipos com valor equivalente a 0,327 para PEL e 0,002 para PAL (Tabela 10), permitindo inferir por meio deste marcador uma divergência entre populações geograficamente subdivididas (GRAND; BOWEN, 1998). De maneira geral, a baixa variação na estrutura genética observada, sugere a ocorrência de um evento fundador, que se refere à possível introdução de uma ou poucas populações da espécie a partir do seu centro de origem.

O teste de Tajima (TAJIMA, 1989) e de Fu (FU, 1997) são utilizados para detectar os desvios em relação à neutralidade. Estes testes são capazes de constatar se os dados observados são significativamente diferentes daqueles esperados, assumindo modelo de Wright-Fisher, onde as mutações são neutras (FISHER, 1930; WRIGHT, 1931). Assim, assume-se uma hipótese nula de neutralidade que, se refutada, pode indicar a interferência de processos evolutivos nas populações em questão. Os desvios em relação à neutralidade são tradicionalmente interpretados como resultado de diversos tipos de seleção, como seleção balanceadora e efeito carona (*genetic hitchhiking*), etc. ou de mudanças na estrutura populacional associados à colonização, expansões, retrações, ou gargalos evolutivos (*bottleneck*).

O índice D de Tajima tem seu cálculo baseado na distribuição de sítios segregantes e na diversidade nucleotídica. Para ambos os marcadores estudados, os acessos em sua maioria, apresentaram valores do índice D inferiores a 0 (Tabela 10 e 11). Valores inferiores a zero sugerem expansão populacional ou seleção purificadora, enquanto valores superiores a zero sugerem que a população tenha sido submetida à seleção balanceadora ou um recente fundador populacional. Nas áreas onde a infestação foi originada por uma única introdução, a diversidade das plantas pode estar associada ao fenômeno fundador populacional.

O índice F_s de Fu é calculado a partir da distribuição haplotípica, estando entre os testes mais apropriados para identificar crescimento populacional (RAMOS-ONSINS; ROZAS 2002). Valores positivos de F_s resultam de poucos alelos, e sugerem retração populacional, como em casos de efeito fundador, gargalos evolutivos ou seleção por sobredominância. Valores negativos de F_s são evidências de um excesso de alelos, como se espera em casos de expansão populacional recente ou efeito carona.

A AMOVA dos sequenciamentos baseados no marcador ribossômico indicou que a variância dentro das populações é de 81,05% e entre populações é de 18,95% (Tabela 12). Para o marcador plastidial a variância dentro das populações é de 99,42% e entre populações é de 0,58 (Tabela 13), embora não tenha sido significativo. Os diferentes valores de diversidade genética dentro das populações entre estes estudos caracterizam as diferenças na variabilidade natural e os diferentes níveis de eventos migratórios relacionados principalmente ao movimento de sementes. A maior diversidade genética observada dentro das populações do que entre as populações para ambos os marcadores usados no presente estudo, corrobora com os resultados observados usando técnica ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*), que também evidenciaram maior diversidade genética dentro das populações (95-99%) de *E. plana* do que entre populações (1-5%), inferindo que a variabilidade genética intrapopulacional é alta (SCHUMACHER et al., 2017).

Tabela 12 - Análise de variância molecular (AMOVA) de acessos de capim-annoni (*Eragrostis plana*) para o marcador ribossomal ITS4-ITS5. UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/2019

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Componentes de variação	Porcentagem de variação	P-valor
Entre Populações	9	519.107	4.457	18.95	<0,05
Dentro das populações	77	1467.537	19.059	81.05	<0,05
Total	86	1986.644	23.516		

As probabilidades foram calculadas por 10100 permutações ao acaso. F_{ST} : 0,18955.

Tabela 13 - Análise de variância molecular (AMOVA) de acessos de capimannoni (*Eragrostis plana*) para o marcador plastidial rps16x2F2-trnK. UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/2019

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Componentes de variação	Porcentagem de variação	P-valor
Entre Populações	9	5.737	0.0035	0.58	>0.05
Dentro das populações	80	48.452	0.6056	99.42	>0.05
Total	89	54.189	0.6092		

As probabilidades foram calculadas por 10100 permutações ao acaso. F_{ST} : 0.00581.

Estudo analisando a variância molecular para a espécie *Paspalum rawitscheri* também apresentou variação maior dentro das populações do que entre as populações (FREITAS, 2019). Resultado semelhante foi apresentado para *Piperia yadonii* Rand, onde avaliação da estrutura populacional por AMOVA mostrou que a variação entre populações foi menor que a variação entre indivíduos dentro das populações (GEORGE et al., 2009). Ainda, a distinção entre populações não se dá apenas por fatores genéticos, mas também está relacionada com diferenças climáticas, fatores ecológicos, e diferenciação de solo e de clima (REISCH et al., 2003; VALLE et al., 2013).

3.3.4 Estrutura populacional

Os resultados da análise da estrutura populacional indicaram resultados contrastantes para os marcadores das duas regiões estudadas. Para o marcador ribossomal, o conjunto de dados foi estruturado de maneira ótima com $K=4$, ou seja, as populações amostradas podem representar quatro possíveis fundos genéticos (Figura 10). Para o marcador plastidial, o conjunto de dados foi estruturado de maneira ótima com $K=3$, ou seja, as populações amostradas podem representar três possíveis grupos genéticos (Figura 11). A análise de estrutura populacional referente ao marcador ribossomal apresentou maior variabilidade comparado ao marcador plastidial. Embora a maioria das plantas pertencem ao mesmo grupo ($K = \text{vermelho}$) quando utilizado o marcador ribossomal, um segundo fundo genético foi observado para algumas plantas de BAG ($k = \text{amarelo}$), e os acessos VC, ITA e CAÇ também apresentaram plantas associadas a um terceiro grupo ($K = \text{verde}$). Além disto, algumas plantas de PEL apresentaram características particulares representadas pela variabilidade de um quarto grupo de indivíduos ($K = \text{azul}$). No entanto, a grande maioria dos indivíduos foi caracterizado pelo grupo predominante ($K = \text{vermelho}$) certamente associado com as características originais das plantas primeiramente introduzidas.

A estrutura populacional indicada pelo marcador plastidial apresentou menor variabilidade entre as populações estudadas. Apenas os acessos BAG ($K = \text{azul}$) e PF ($K = \text{verde}$) apresentaram indivíduos com composição genotípica diferentes dos demais. Estes resultados estão em consonância com os valores dos índices de diversidade genética DH, ND, F_s e D (Tabela 11), discutidos anteriormente.

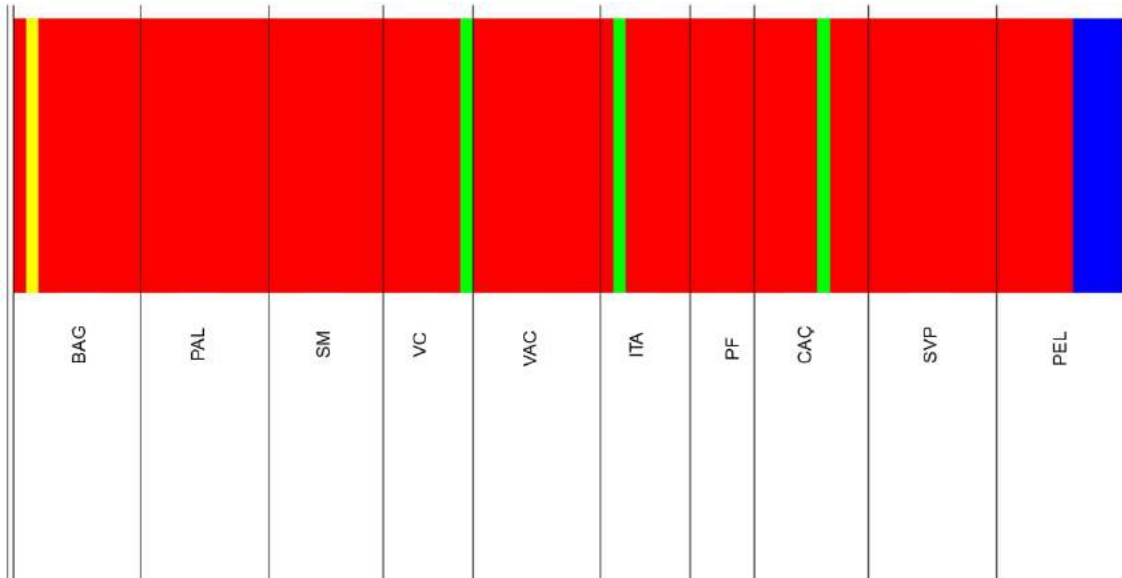


Figura 10 - Gráfico em barras gerado pela análise implementada no programa BAPS (Bayesian Analysis of Population Structure) a qual estima a probabilidade posterior da formação de grupos que são representados pelas cores para o marcador ribossomal ITS4-ITS5. Cada indivíduo é representado por uma única barra vertical atribuída aos quatro grupos K (vermelho, amarelo, verde e azul). UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/2019.



Figura 11 - Gráfico em barras gerado pela análise implementada no programa BAPS (Bayesian Analysis of Population Structure) a qual estima a probabilidade posterior da formação de grupos que são representados pelas cores para o marcador plastidial rps16x2F2-trnK. Cada indivíduo é representado por uma única barra vertical atribuída aos três grupos K (vermelho, azul e verde). UFRGS, Porto Alegre/RS, 2018/2019.

A variabilidade genética identificada através do marcador ribossomal ITS4-ITS5 foi superior em relação ao marcador plastidial rps16x2F2-trnK. A maioria dos acessos avaliados apresentaram baixas diversidades haplotípicas e nucleotídicas para ambos marcadores, o que permite inferir que as populações de capim-annoni do RS são

oriundas de um evento fundador composto por uma ou poucas populações; ou seja, a infestação ocorreu possivelmente a partir de poucos indivíduos como contaminantes de sementes de forrageiras. Isto confirma a história conhecida de que a espécie tenha vindo contaminando lotes de sementes de capim-de-rodhes e a partir disto, optou-se por disseminá-la como planta forrageira no estado para competir com espécies não consumidas pelo gado como o capim barba-de-bode (*Aristida longiseta* Steudel) (KISSMANN, 1991). Assim, a estrutura genética da população pode ser utilizada para inferir a frequência histórica de sua introdução (LOCKWOOD; CASSEY; BLACKBURN, 2005; WARD; GASKIN; WILSON, 2008).

Diversas invasões de espécies têm comprometido a biodiversidade de sistemas mundialmente; nos Estados Unidos (EUA), por exemplo, a invasão de *Imperata cylindrica* (L.) Raeusche, tornou-se uma ameaça ao sistemas nativos do país (MACDONALD, 2004). No entanto, diferente do capim-annoni que possivelmente tenha sido introduzido por uma única entrada no RS. *I. cylindrica* possui relatos de múltiplas introduções nos EUA, como por exemplo, propágulos oriundos do Japão, das Filipinas, entre outros locais (BRYSON et al., 1993). A rápida expansão e persistência no caso da *I. cylindrica* durante o último século pode estar atribuída a combinação de diversidades introduzidas, bem como, a pressão dos propágulos e flexibilidade reprodutiva em resposta a diferentes condições ambientais (COULATTI; GRIGOROVICH; MACISAAC, 2006; CATFORD; JANSSON; NILSSON, 2009; LUCARDI; WALLACE; ERVIN, 2014). É sabido que, eventos como múltiplas introduções e também o fluxo gênico, podem aumentar a diversidade genética nas populações fundadoras, muitas vezes levando a um maior sucesso no processo de invasão, como observado para *I. cylindrica* (LUCARDI; WALLACE; ERVIN, 2014).

Considerando-se que o capim-annoni tenha surgido no RS por meio de uma única introdução, ele tem passado por adaptações nas diferentes regiões em que se encontra disseminado, permitindo que se desenvolva nos diferentes ambientes de forma eficiente. Condições ambientais podem resultar em alterações nas plantas para adaptação destas, como por exemplo, o caso do gênero *Paspalum* composto por importantes gramíneas com valor forrageiro, que possui características morfológicas que são influenciadas por fatores ambientais (ALISCIONI, 2000; CIDADE et al., 2013).

Embora a invasão pelo capim-annoni pareça ter efeitos diferenciados, sendo mais problemática obviamente em áreas de pecuária extensiva em campo nativo, como

acontece nos campos que englobam o bioma Pampa, a espécie encontra-se em todas as regiões do estado do RS, diferindo entre essas quanto à abundância e dominância.

3.3.5 Tamanho do genoma e ploidia

Com base nos resultados obtidos pela análise de citometria de fluxo, o tamanho do genoma do capim-annoni é relativamente pequeno, correspondendo a 0,867pg, ou 424Mb, similar ao tamanho do genoma do arroz (370Mb) (KAWAHARA et al., 2013), próximo ao estimado para *Setaria viridis* (510 Mb) (BRUTNELL et al., 2010), e inferior ao de *Eragrostis tef* 672 Mb (CANNAROZZI et al., 2014). No entanto, o tamanho do genoma do capim-annoni e espécies citadas acima são muito inferiores por exemplo, ao genoma do milho (2300Mb) (SCHNABLE et al., 2009).

De acordo com a estimativa para o nível de ploidia realizada no presente estudo o capim-annoni é uma espécie diploide, corroborando com Pastori et al. (2009), os quais obtiveram mesmo resultado em análise de citogenética do capim-annoni por meio da contagem do número de cromossomos em metáfases mitóticas, obtendo número somático $2n=20$. O nível de ploidia pode influenciar na diversidade da espécie, uma vez que, acessos diploides *Paspalum simplex*, possuem maior diversidade morfológica quando comparado com tetraploides (BRUGNOLI et al., 2013).

A hipótese apresentada neste capítulo de que existe variabilidade morfológica, anatômica e genética entre acessos de *E. plana* oriundos de diferentes regiões do Rio Grande do Sul foi parcialmente confirmada, uma vez que se observaram algumas diferenças morfológicas e anatômicas entre os acessos, possivelmente em função de adaptações as diferentes condições ambientais e estresses ocorridos ao longo dos anos após sua introdução; ainda, o estudo genético indicou maior variabilidade dentro das populações de capim-annoni do que entre os acessos analisados, e isto, possivelmente ocorre pela característica de fecundação cruzada preferencial que a espécie possui. Portanto, os acessos de capim-annoni possivelmente estejam ainda se adaptando ao longo do tempo às condições regionais em que prevalecem, não podendo-se descartar a possibilidade das diferenças observadas serem resultado de possíveis hibridizações com outras espécies do gênero, especialmente para o acesso de PEL que apresentou diversidade nucleotídica mais elevada.

3. 4 Conclusão

Existem variações morfoanatômicas entre acessos de capim-annoni no RS, possivelmente em resposta a adaptações ao ambiente das regiões investigadas.

Uma planta de capim-annoni produz de 37.000 a 111.000 sementes em um ano, variando conforme o local de origem. Possuem alta proporção de lignina nas folhas e presença de aerênquimas no sistema radicular; além de variação na proporção de tecido parenquimático entre acessos.

A maior parte dos acessos de capim-annoni do RS apresentam baixa diversidade haplotípica e nucleotídica com base em marcadores ribossomal e plastidial.

O capim-annoni é uma espécie diploide, que possui tamanho de genoma de 424Mb.

4 CAPÍTULO III – Caracterização do banco de sementes do solo de *Eragrostis plana* em três sistemas: campo nativo melhorado, infestado e integração lavoura-pecuária

4.1 Introdução

O banco de sementes é composto por aquelas dormentes e não dormentes, formando um reservatório de diversidade de espécies abaixo do solo, muitas vezes com mais variações do que as comunidades vegetais existentes (PLUE et al., 2013; VANDVIK et al., 2016). A dinâmica do banco de sementes ocorre em função de entradas e saídas, sendo que, as retiradas se devem à germinação, morte, emigração e/ou degradação por microrganismos e invertebrados (FENNER; THOMPSON, 2005; CHEE-SANFORD et al., 2006). Já, a produção de sementes pelas plantas presentes no ambiente e os processos de imigração são fatores responsáveis pela entrada de sementes no banco.

Eragrostis plana Ness, conhecido popularmente como capim-annoni no Brasil, é uma poaceae perene originária da África do Sul, considerada como principal planta daninha em áreas de pastagem nativa da Região Sul do país, comprometendo a diversidade florística e a rentabilidade da atividade pecuária na região dos Campos Sul-brasileiros do Bioma Pampa (KISSMANN, 1991; MEDEIROS; PILLAR; REIS, 2004; PEREZ et al., 2011). A introdução de plantas invasoras pode afetar diretamente a dinâmica do banco de sementes, através da produção de sementes viáveis e indiretamente, por meio de mudanças na vegetação acima do solo, afetando a produção de sementes das espécies nativas presentes, bem como as taxas de germinação e mortalidade (GIORIA; PYŠEK; MORAVCOVÁ, 2012); assim, entende-se que a presença do capim-annoni tende a causar alterações na biodiversidade dos

campos, tornando-se espécie dominante, como já ocorre em diferentes regiões do Rio Grande do Sul (RS).

Comparada às espécies nativas e abundantes que ocorrem nos Campos Sulinos do Bioma Pampa, o capim-annoni possui baixa qualidade nutricional, com elevados teores de fibra em detergente neutro (FDN) (85,3-90,4%), fibra em detergente ácido (39,4-42,8%), e baixo teor de proteína bruta (PB) (3,9-9,9%) (SCHEFFER-BASSO et al., 2016). Estes valores são muito inferiores em qualidade quando comparados aos do azevém, por exemplo, amplamente utilizado como espécie forrageira, cuja FDN corresponde a 58,06% e tem em torno de 19,7% de PB (SOARES et al., 2013); e também ao *Paspalum notatum*, gramínea nativa do Bioma Pampa, com 67,20% de FDN e 9,06% de PB (SANTOS et al., 2006). Além disso, o elevado teor de fibra nas folhas do capim-annoni é responsável também por causar grande desgaste na dentição dos animais (MEDEIROS; SAIBROS; FOCHT, 2009). Desse modo, a presença do capim-annoni tem causado prejuízos à pecuária, atividade importante para o estado do RS e para o agronegócio brasileiro.

O controle químico do capim-annoni é limitado nas condições de campo nativo, isto, porque o uso de herbicidas sistêmicos de ação total como o glifosato tende a ser eficiente, porém este não é seletivo e acaba também controlando a vegetação (nativa) desejada (GONZAGA; GONÇALVES, 1999). Nesse sentido, a Embrapa em parceria com empresa do setor privado desenvolveu o aplicador seletivo Campo Limpo, que aplica o herbicida diretamente na planta daninha por um sistema de cordas umedecidas, sem tocar a pastagem nativa ou cultivada; por diferença de altura entre o pasto e a daninha alvo, diferente de uma pulverização há apenas o molhamento da planta daninha e, com isso, preserva-se as espécies forrageiras de interesse (PEREZ, 2010). Este mesmo princípio pode ser usado em áreas menores através da enxada química (PEREZ, 2008).

Dadas as dificuldades de controle em campo nativo e visando agregar ferramentas para adoção de um manejo integrado do capim-annoni, desenvolveu-se o Método Integrado de Recuperação de Pastagens (MIRAPASTO), baseado em quatro pilares: controle das plantas indesejáveis adultas; correção e manutenção da fertilidade do solo; introdução de espécies forrageiras e ajuste da oferta de pasto (PEREZ, 2015). O método tem foco na recuperação de áreas infestadas com capim-annoni, mas possivelmente sirva para manejo de qualquer planta-problema em pastagens nativas. Depois de oito anos de condução do método em área da Embrapa em Bagé, RS, a

infestação de capim-annoni no MIRAPASTO está, na média, em 10% enquanto que na área testemunha, a média é de 84% (informação verbal)¹.

Outra alternativa que vem ganhando espaço em áreas infestadas com capim-annoni é a adoção da Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Além dos ganhos obtidos tanto em rentabilidade como em melhorias de fertilidade do solo quando o pastejo é feito de forma adequada (CARVALHO et al., 2011), a ILP permite por meio do cultivo da lavoura no verão e da pastagem no inverno, alterar a dinâmica do banco de sementes do solo, suprimindo plântulas de capim-annoni por meio de cobertura de solo e também, por possibilitar que o controle químico usado na lavoura, contenha a planta daninha.

Sistemas de ILP de longa duração permitem a redução no banco de sementes de plantas daninhas, quando comparados a outros sistemas de manejos de lavouras (IKEDA et al., 2007). Ainda, muitas espécies de plantas daninhas são adaptadas a sequências de culturas e níveis de perturbação específicos, de modo que alterações no ecossistema, incluindo rotações de culturas, perturbação do solo e níveis de fertilização, alterem as populações do banco de semente (HOSSEINI et al., 2014).

A adoção de um conjunto de medidas por meio do MIRAPASTO e/ou da adoção do ILP, permite o controle do capim-annoni, evitando a produção de novas sementes e, conseqüentemente evitando entradas no banco de sementes, resultando na redução significativa da população desta planta daninha ao longo do tempo.

A hipótese do presente estudo é de que o banco de sementes do solo em campo nativo sob recuperação pelo Método Integrado de Recuperação de Pastagens (MIRAPASTO), caracteriza-se por concentrar sementes da planta daninha em camadas mais superficiais e, juntamente à integração lavoura pecuária (ILP), impede o estabelecimento de plantas de capim-annoni na área, não permitindo reabastecimento do banco de sementes do solo. Os objetivos do trabalho foram caracterizar o banco de sementes do capim-annoni em campo nativo com adoção do MIRAPASTO, com e sem o controle das plantas adultas de capim-annoni e em sistema de integração lavoura pecuária, avaliando a distribuição vertical das sementes no perfil do solo.

¹Informação fornecida pela Dr. Fabiane Pinto Lamego, pesquisadora Embrapa Pecuária Sul, 2019.

4.2 Material e métodos

Um estudo foi conduzido por meio de coletas de amostras de solo em área experimental pertencente à Embrapa Pecuária Sul (31°19'23.23" S -53°59'07.07" O), localizada no município de Bagé/RS, em dois períodos durante o ano de 2017. Amostras para análise do banco de sementes de capim-annoni e principais espécies ocorrentes foram coletadas em três áreas: MIRAPASTO, Infestado e ILP. O MIRAPASTO é composto pelo campo nativo em recuperação (7,7ha) com controle do capim-annoni por aplicação seletiva de glifosato desde 2011; o Infestado é o campo nativo em recuperação, mas sem controle de plantas de capim-annoni (6ha), desde 2011 e o ILP caracterizou-se por ser uma área (13 ha) com azevém de ressemeadura natural no inverno para pastejo e soja geneticamente modificada com resistência ao herbicida glifosato no verão, desde 2011.

As áreas estudadas caracterizavam-se como campo nativo amplamente infestado com capim-annoni (>85% da área), quando foram adotados os sistemas de manejo. Tanto para o MIRAPASTO, Infestado e para o ILP foi feita inicialmente a correção do pH do solo através da adição de 4 t de calcário e aplicação de adubo (NPK), conforme análise previamente realizada, sendo o fósforo o macronutriente mais limitante.

Na área do MIRAPASTO, no outono, foi realizado o controle das plantas de capim-annoni com o aplicador seletivo Campo Limpo, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹ de glifosato em 25L de volume de calda. Na sequência, foi realizada sobressemeadura de azevém (densidade de 25 kg ha⁻¹). A partir de 2013, com a correção da fertilidade de solo do MIRAPASTO e do Infestado, foi sobressemeado junto ao azevém, trevo-branco (densidade de semente de 4 kg ha⁻¹).

Na primavera, nova aplicação da máquina Campo Limpo foi realizada e fez-se a sementeira direta de sorgo forrageiro (densidade de 15 kg ha⁻¹ de sementes). O sorgo além de ser pasto para os animais no verão enquanto o campo nativo se recuperava, sombreou o capim-annoni, auxiliando no seu controle. Portanto, ao longo dos anos, o azevém era sobressemeado no outono logo após a aplicação da Campo Limpo e nova aplicação com a máquina era feita na primavera, para implantação do sorgo no verão. Este procedimento foi realizado de 2011 até 2015, quando o pasto nativo demonstrou recuperação. O azevém passou a se estabelecer naturalmente por ressemeadura natural e por já haver a presença de espécies nativas em boa proporção nas áreas, a

semeadura do sorgo ficou dificultada e deste modo, optou-se por não introduzir nenhuma espécie no verão.

Bovinos de corte (novilhas) eram mantidos, em média, por até 2 anos, com ajuste da carga animal sempre para 12% de oferta de pasto, através de gaiolas para monitoramento do crescimento da pastagem. O diferimento das áreas, ou seja, a retirada dos animais era realizada em alguns momentos, visando a produção de sementes tanto pelo azevém como pelas espécies nativas para reabastecimento do banco de sementes do solo. O peso dos animais era determinado mensalmente através de pesagem, visando obter dados do ganho de peso anual dos animais. Todos os procedimentos foram realizados de forma semelhante na área do Infestado, à exceção do controle seletivo do capim-annoni com a máquina Campo Limpo.

Na área de ILP, no verão, era semeada soja em semeadura direta, seguindo as recomendações de adubação e no inverno, a área era mantida com pastagem de azevém de ressemeadura natural, tendo sido semeado somente em 2011 quando do início do sistema. Após a colheita da soja, aguardava-se o estabelecimento do azevém, e quando possível, os animais entravam na área permanecendo até meados de outubro, quando eram retirados novamente para permitir a produção de sementes pelo azevém e a dessecação da área para a semeadura da soja.

As amostras de solo para o estudo do banco de sementes foram coletadas em duas épocas: maio e setembro de 2017, nos sistemas de manejo MIRAPASTO, Infestado e ILP. Foram coletadas subamostras em 50 pontos georreferenciados, em três profundidades (0–5, 5–10 e 10–20cm) para as três áreas, sendo cada amostra composta pela homogeneização de 5 subamostras, totalizando 10 repetições por área, para cada época de coleta, em cada profundidade. As subamostras foram coletadas com trado tipo caneca adaptado, com 5 cm de diâmetro. Análises de densidade do solo foram realizadas nos dois períodos de coleta, para estimar os resultados de plantas emergidas por m², com base no peso das amostras. O estudo foi conduzido em blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial (3 x 3), com os três sistemas de manejo dentro das três profundidades.

As amostras colhidas no campo foram postas em bandejas plásticas de 42cm de comprimento, 27cm de largura e 8cm de altura, as quais foram divididas em três sessões, com 14cm de comprimento e 27cm de largura; após homogeneização das amostras oriundas de cinco subamostras em cada profundidade, conforme o esquema (Figura 12), foram mantidas em casa de vegetação da Universidade Federal de Pelotas,

FAEM/UFPel. As bandejas foram furadas e acondicionadas em bancadas em sistema de *floating*, a fim de manter a umidade constante.

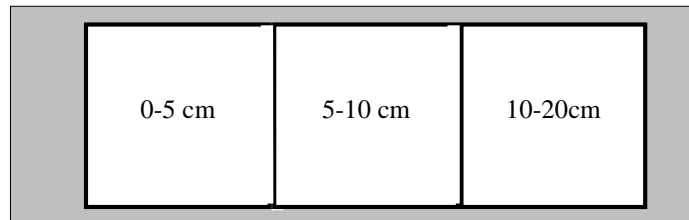


Figura 12 - Esquema de distribuição das amostras de solo (três profundidades de coleta) em bandeja, utilizando divisórias, mantidas em bancadas em casa de vegetação. UFPel, Capão do Leão/RS, 2017/2018.

Uma pequena porção de cada amostra foi utilizada para determinar a umidade do solo, sendo estas pesadas logo após as coletas e, posteriormente, postas para secar em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 48 horas e então pesadas novamente. As amostras para determinar os fluxos de emergência também foram pesadas antes de serem acomodadas nas bandejas. A estimativa do banco de sementes determinado posteriormente, foi expresso em número de plantas emergidas de capim-annoni e outras espécies por m² para cada camada de solo avaliada, utilizando os dados referentes ao peso das amostras, umidade e densidade obtidos. A emergência do capim-annoni e demais espécies foi contada mensalmente, quando então eram contabilizadas e removidas; posteriormente, o solo era revolvido, a fim de estimular a germinação. As amostras de cada época de coleta, foram mantidas em casa de vegetação por um período de 150 dias.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo que ao apresentar significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias dos tratamentos foram submetidas à comparação pelo teste de médias de Tukey ($p \leq 0,05$) para as condições diferentes manejos e diferentes camadas do perfil do solo.

4.3 Resultados e discussões

A análise dos dados para emergência de sementes do capim-annoni demonstrou interação ($p \leq 0,05$) entre os fatores manejo e camadas do solo, para as duas épocas de avaliação é mostrada na Figura 13. A maior incidência de plântulas emergidas de capim-annoni ocorreu como esperado, no tratamento Infestado, na camada de 0-5cm, para ambas as épocas de coleta (maio e setembro). Para o MIRAPASTO, o maior fluxo de emergência da espécie também foi na camada de 0-5cm (Figura 13A). Em ambas

áreas de pastagem nativa (MIRAPASTO e Infestado), não há revolvimento do solo a anos, favorecendo assim maior deposição e concentração de sementes nas primeiras camadas do solo. Este resultado é corroborado por Hosseini et al. (2014) onde avaliando banco de sementes em áreas de pomares e pastagem, também observaram maior densidade e diversidade de espécies na camada de 0-5cm do solo.

Sementes de plantas daninhas não são movimentadas unicamente por sistemas de cultivo mais intensivos que revolvem o solo, mas também podem ser transportadas no perfil desse pela água ou por animais invertebrados através de fissuras criadas no solo por raízes ou minhocas (SMITH; GROSS; JANUCHOWSKI, 2005; ERIKSEN-HAMEL et al., 2009), formigueiros, buracos feitos por tatus, ou ainda pelo próprio pisoteio dos animais. No entanto, estes processos ocorrem de forma mais lenta, o que permite maior densidade do banco de sementes na camada superficial do solo, principalmente em áreas em que não há revolvimento mecânico do solo.

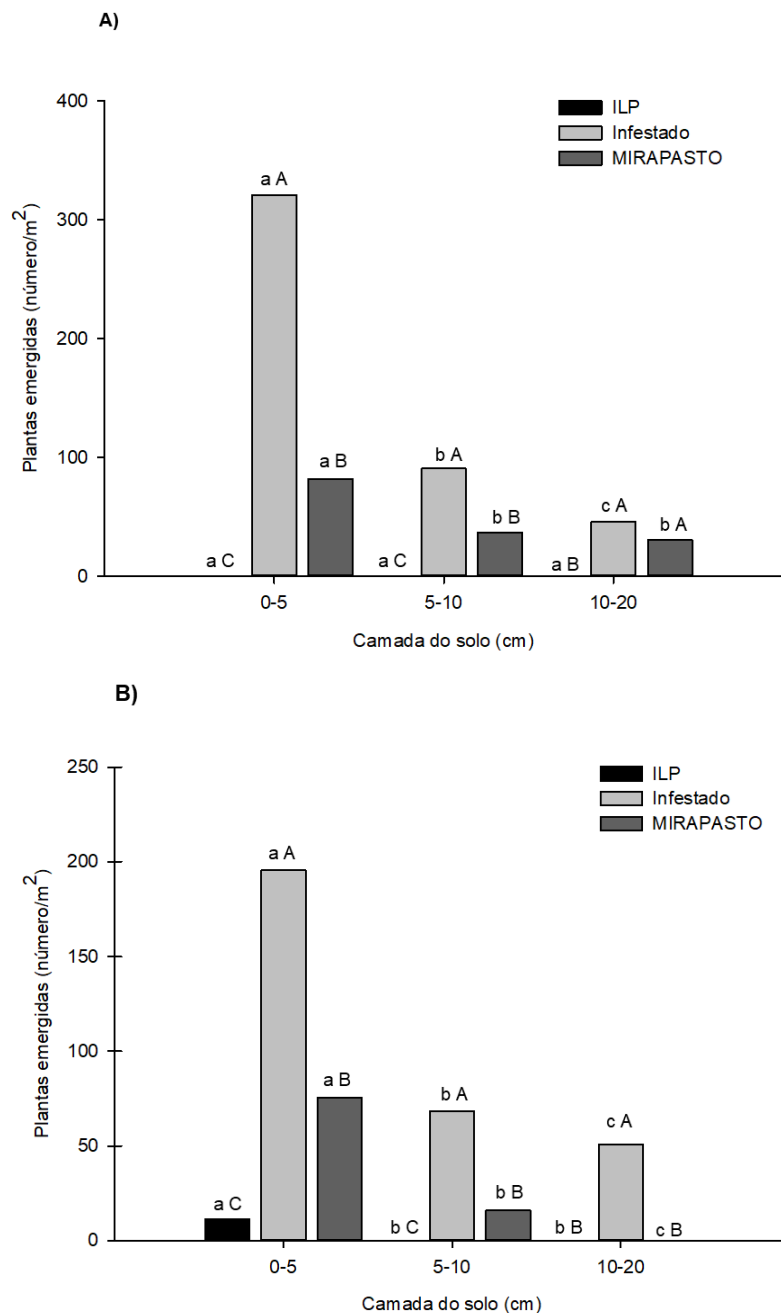


Figura 13 - Valores médios de plântulas emergidas m⁻² de capim-annoni (*Eragrostis plana*) em três camadas de solo: 0 - 5, 5 - 10 e 10 - 20 cm, oriundas dos sistemas de manejo: Integração Lavoura-Pecuária (ILP), Infestado e Método Integrado de Recuperação de Pastagens (MIRAPASTO), em duas épocas de coletas: maio/2017 (A) e setembro/2017 (B). Médias seguidas por letras distintas maiúsculas diferem entre manejos dentro de cada profundidade, e seguidas por letras distintas minúsculas diferem entre profundidades do solo para cada manejo, pelo teste da Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. Barras em cada coluna são erro padrão das médias. Embrapa, Bagé/RS, 2017/2018.

Para a coleta realizada em maio, não houve emergência de capim-annoni no sistema ILP, nas três profundidades de solo avaliadas (Figura 13A). A maior ocorrência do capim-annoni para as amostras coletadas em maio foi no tratamento Infestado,

diferindo dos demais manejos e, também apresentou redução significativa dentro das profundidades avaliadas. Para o MIRAPASTO, houve diferença significativa entre as camadas do perfil do solo, com maior emergência na camada de 0-5cm, sendo 74, 59 e 35% inferior ao Infestado nessa e nas demais 5-10 e 10-20cm, respectivamente. O controle químico seletivo do capim-annoni realizado no MIRAPASTO associado ao ajuste de carga animal na área e o diferimento (intervalo sem a presença dos animais no período entre o final do verão e início do outono para reestabelecimento das plantas), são fatores que contribuem para o desenvolvimento do campo nativo dando a esse condições de se desenvolver e capacidade para suprimir plântulas de capim-annoni e, conseqüentemente reduzir o banco de sementes da invasora. A taxa de pastejo também pode afetar a densidade e a composição das plântulas emergentes do banco de sementes e, conseqüentemente, afetar a densidade desse banco (HU et al., 2019; TESSEMA et al., 2012; VAN LANGEVELDE et al., 2016).

Para a coleta realizada em setembro no ILP observaram-se emergência de plantas de capim-annoni na camada de 0-5cm, diferindo das demais profundidades, as quais não houve emergência (Figura 13B). No infestado, similar ao observado na primeira época de coleta, a maior incidência ocorreu na primeira camada (0-5cm), diminuindo significativamente para as demais profundidades estudadas com redução de 65% para camada 5-10cm e 74% para camada de 10-20cm. No MIRAPASTO, o fluxo de emergência diferiu significativamente entre as camadas de solo, não sendo observadas plântulas de capim-annoni na camada de 10-20cm, e houve redução de 79% na segunda camada (5-10cm) em relação a primeira (0-5cm).

Para os manejos avaliados, a maior incidência de capim-annoni foi novamente para o Infestado comparado aos demais, em todas as profundidades, sendo que na primeira camada (0-5cm), a redução na emergência de capim-annoni comparando o Infestado com os demais tratamentos foi de 62 e 94% para MIRAPASTO e ILP, respectivamente. Em relação à segunda profundidade estudada (5-10cm), o tratamento MIRAPASTO apresentou redução no número de plântulas de capim-annoni equivalente a 77% comparado ao Infestado. Diante dos resultados, é evidente o efeito na redução de entradas no banco de sementes de capim-annoni proporcionado pelo sistema MIRAPASTO, além de permitir a recuperação da pastagem nativa.

É sabido que a introdução do sistema ILP em áreas de campo nativo vem ganhando espaço, tanto como estratégia de manejo do capim-annoni como rentabilidade econômica proporcionada pelo cultivo da soja nestes ambientes. No

presente estudo, verificou-se que a ILP possui potencial para exaurir o banco de sementes, uma vez que, na primeira época (maio) de coleta do solo estabelecida, logo após a produção de sementes, não foi constatada a ocorrência de capim-annoni em todo o perfil do solo estudado (0-20cm). Na segunda época de coleta, realizada no mês de setembro, época favorável para a germinação da planta daninha, observou-se emergência em alguns dos pontos amostrados na camada mais superficial (0-5cm) neste sistema; algumas possibilidades devem ser consideradas: i) os animais em pastejo no período do azevém, passam por quarentena, visando não trazer sementes para a área; contudo, pode ter havido algum escape visto que há capim-annoni em outras áreas da unidade experimental da Embrapa Pecuária Sul, lembrando que sementes de capim-annoni permanecem viáveis após passarem pelo trato digestivo de bovinos (LISBOA et al., 2009); ii) outros animais comuns da fauna local como tatus ou mesmo pássaros poderiam trazer sementes da área infestada, por exemplo, que fica não tão distante da área ILP (aproximadamente 200 m); iii) ou ainda, a presença de sementes de capim-annoni enterradas em profundidades superiores às avaliadas, dado o longo período de ausência de revolvimento do solo na área, mas que numa condição de buraco feito por algum animal ou mesmo um formigueiro, possa ter sido trazida à superfície. Enfim, um estudo mais detalhado seria necessário para confirmar estas possibilidades.

A semente não dispõe de estruturas que a propague pelo vento, portanto, são apontadas suposições para sua ocorrência como estas descritas acima. Estudo avaliando a disseminação de sementes por fezes de herbívoros verificou que existem espécies mais importantes que outras para o processo de disseminação, sendo o coelho o que apresentou maior importância, embora outros animais avaliados (veado, corço e lebre) também tenham demonstrado a presença de sementes nas fezes com viabilidade (HITTORF; CORTEZ, 2013).

A redução do banco de sementes ao longo do tempo é facilitada quando as espécies possuem sementes com baixa viabilidade; estudos avaliando sucessões de aveia-preta/milho e trigo/soja, em dois anos, demonstram que este sistema reduziu significativamente o banco de sementes de azevém no solo; e isto, porque, de maneira geral, a espécie possui baixa viabilidade, não sendo encontradas sementes viáveis e integras num período superior a dois anos no solo (MAIA et al., 2009, GALVAN et al., 2015). Assim, sementes cuja viabilidade no solo é baixa tendem a ter seu manejo facilitado e permitem a extinção do banco de sementes em menor período. No entanto,

estudos estimando a longevidade de sementes de capim-annoni em solo, indicaram que elas podem manter-se viáveis por até três anos em profundidades superficiais (2,5 a 5cm) e por 20 anos pelo menos, em maiores profundidades (20cm) no perfil do solo (MEDEIROS et al., 2014). Resultado similar foi observado, onde o aumento da profundidade de enterrio para *Conyza canadenses* também apontou interação positiva entre profundidade da semente e sua sobrevivência (WU et al., 2007).

A condição de enterrio faz com que a semente entre em dormência como estratégia para aumentar sua longevidade (DAVIS et al., 2008). Nessas condições, as sementes desenvolvem características de proteção químicas e físicas (DAVIS et al., 2008), como a concentração de metabólitos secundários, tais como fenóis e alcaloides (VELDMAN et al., 2007) e tegumento seminal mais forte (RODGERSON, 1998), fazendo com que fiquem mais protegidas. Deste modo, elas ficam menos suscetíveis ao ataque de patógenos e mais resistentes às condições do ambiente. Diante do exposto, mesmo com o sistema ILP estabelecido, é necessário monitoramento para evitar a reinfestação do capim-annoni por meio de sementes remanescentes em maiores profundidades do perfil do solo, se houver revolvimento do mesmo.

A distribuição vertical com base na emergência total para as demais espécies predominantes nas amostras de solo, para estimativa de banco de sementes é mostrada na Figura 14. As áreas apresentaram diversidade de sementes de espécies em seus bancos, avaliadas através da germinação e emergência nas condições do estudo. Houve predominância da espécie *Piptochaethium montevidense* (Spreng.) Parodi ou cabelo-de-porco, estando presente em todos os manejos avaliados e em todas as camadas do solo, em elevada proporção, variando de 5000 a próximo de 17.000 plântulas m⁻² (Figura 14). Para a ILP, foi observada a presença de espécies do gênero *Amaranthus* sp. e *Echinochloa* sp; essas espécies podem estar no banco de sementes do solo a muito tempo e encontram na soja a oportunidade de emergirem, sendo até o momento controladas com o uso de glifosato; ou ainda podem ter ingressado na área por diversas formas de disseminação, como por exemplo, a endozoocoria. Em relação à área do Infestado, observa-se uma diversidade de espécies, embora visualmente em campo é visto o capim-annoni predominantemente, inferindo que, mesmo estando dominando o espaço, existe riqueza de espécies no banco de sementes capaz de retornar se a planta daninha for controlada (Figura 14). Isto corrobora a informação de Sanderson et al. (2014) de que há baixa similaridade entre o banco de sementes do solo e a vegetação existente acima dele.

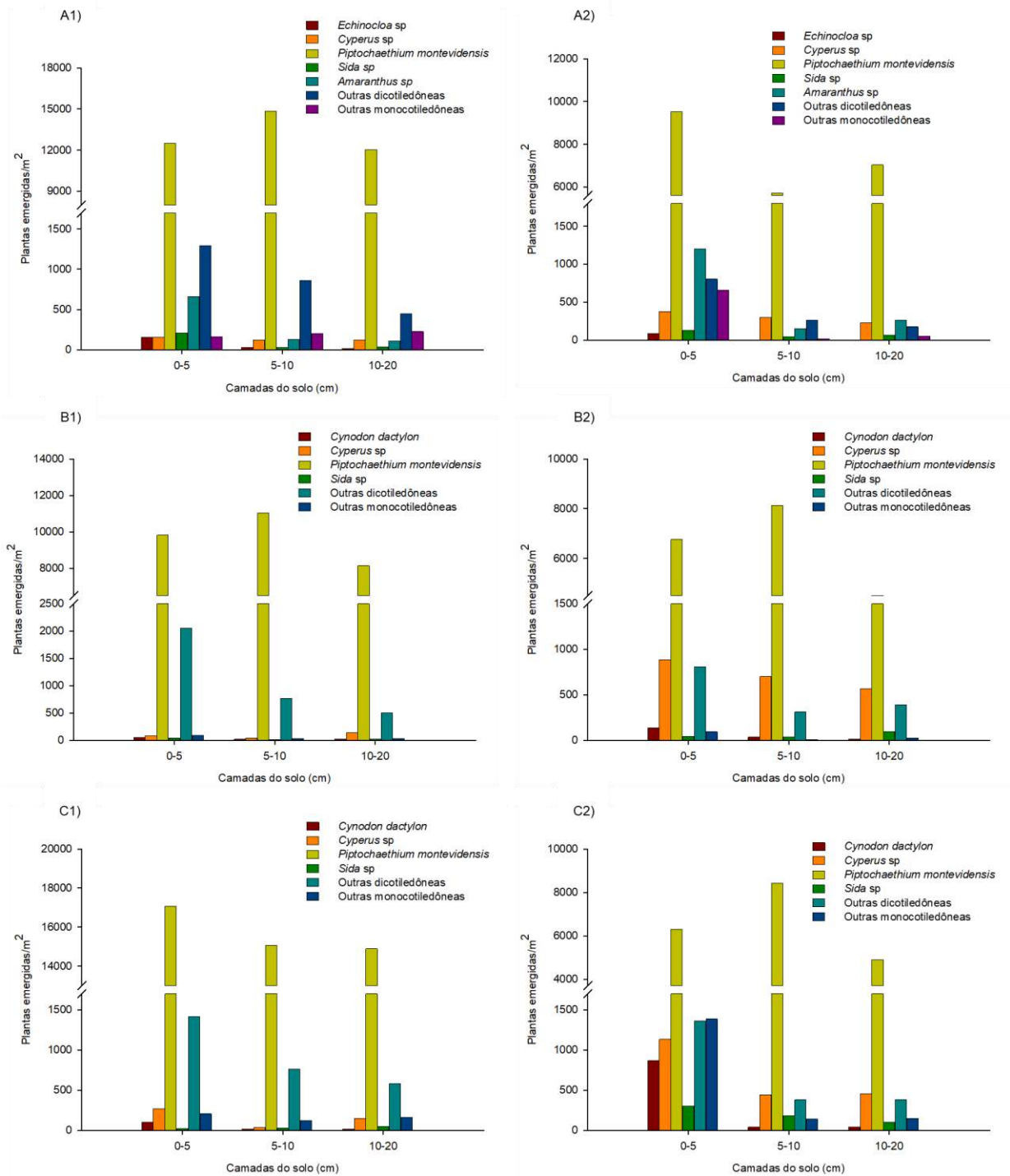


Figura 14 – Análise de banco de sementes do solo a partir de plântulas emergidas m⁻² das espécies de plantas daninhas mais frequentes em três profundidades do solo: 0 - 5, 5 - 10 e 10 - 20cm, em três sistemas: Integração Lavoura-Pecuária (soja/azevém) ILP (A), Infestado (B) e Método Integrado de Recuperação de Pastagens - MIRAPASTO (C), em duas épocas - maio (1) e setembro (2). Barras em cada coluna são erros padrão das médias. Embrapa, Bagé/RS, 2017/2018.

Compreende-se que o banco de sementes tem consideráveis implicações para uma série de processos e padrões ecológicos, e que talvez sua maior importância

esteja na manutenção da biodiversidade (SHOEMAKER; LENNON, 2018). No entanto, é importante considerar que a dominância de espécies exóticas modifica a composição de espécies tanto da vegetação quanto do banco de sementes, principalmente pelo esgotamento do banco de sementes de espécies nativas, dificultando a restauração da vegetação nativa (VOJTKÓ et al., 2017). Diante disso, compreende-se a importância de adotar medidas de controle do capim-annoni em áreas de campos naturais, para que a biodiversidade dos Campos do Bioma Pampa seja mantida.

O manejo integrado de *E. plana*, por meio da construção e da manutenção da fertilidade do solo, da pastagem, do controle da taxa de pastejo, do uso de espécies forrageiras, do controle das plantas daninhas evitando a realimentação do banco de sementes e abertura de espaço para desenvolvimento das espécies nativas, são ferramentas que associadas permitem redução da infestação pelo capim-annoni e, conseqüentemente, agregam sustentabilidade à pastagem e rentabilidade à atividade pecuária.

Estudo mostra que o pastejo contínuo, por exemplo, associado ao baixo resíduo de pastejo deixado no solo pelo excesso de carga animal e distúrbios, favorecem a introdução e estabelecimento do capim-annoni em áreas de campo nativo (FOCHT; MEDEIROS, 2012); por outro lado, a manutenção da pastagem a uma altura próximo a 10cm, por meio do pastejo rotativo e ajuste de carga animal são medidas que podem evitar a invasão ou suprimir a expansão do capim-annoni. Sabe-se que, o pastoreio preferencial de algumas espécies pode influenciar na riqueza de espécies de plântulas do banco de sementes do solo (EDWARDS et al., 2007; BÁLDI et al., 2013). Desse modo, o próprio pastejo seletivo realizado pelo gado, optando pelas espécies nativas por possuírem menor teor de fibra e melhor digestibilidade, é um dos fatores que contribuem para a dominância do capim-annoni nas áreas de campo-nativo. Assim, a heterogeneidade no banco de sementes do solo também é influenciada pelo pastoreio seletivo e mudanças ambientais relacionadas a perturbações (KASSAHUN; SNYMAN; SMIT, 2009; SOLOMON et al., 2006).

A intensidade da taxa de pastejo em área de ILP também possui papel importante na dinâmica do banco de sementes. Estudo avaliando a manutenção de diferentes alturas da pastagem a 10, 20, 30 e 40cm em área de ILP, mostrou que conforme foi reduzida a intensidade de pastejo, também foi reduzido o número de espécies de plantas daninhas, bem como, a densidade de plântulas emergidas e o banco de sementes dessas no solo (SCHUSTER et al., 2016). Portanto, estratégias de

manejo integrado de plantas daninhas em sistemas pastoris devem considerar a minimização das intensidades de pastejo, independente do sistema adotado.

Outro ponto importante no manejo do capim-annoni, é a rotação de piquetes ou a entrada de animais que estejam em área infestada para áreas livres desta planta daninha. Estudo avaliando a viabilidade das sementes de capim-annoni após passarem pelo trato digestivo de bovinos verificou que das sementes recuperadas nos três primeiros dias, em média, 3,1% apresentaram viabilidade, tendo sido recuperadas até o oitavo dia após a introdução no trato digestivo dos animais (LISBOA et al., 2009). É portanto, recomendado um período mínimo de oito dias de quarentena para evitar possível propagação por endozoocoria do capim-annoni (LISBOA et al., 2009).

De maneira geral, reduzir as populações de plantas daninhas é um processo lento, especialmente quando o gerenciamento eficaz requer a redução do tamanho do banco de sementes. Contudo, a ILP reduz de forma significativa o banco de sementes de capim-annoni, quando a introdução de cultura no verão torna-se opção econômica.

Para um cenário, onde o intuito é preservar e recuperar o campo nativo e a atividade pecuária, o método MIRAPASTO, permite excelentes resultados, reduzindo o avanço da invasora e recuperando as espécies nativas essenciais do Bioma Pampa. Dados demonstram que após quatro anos de adoção do MIRAPASTO, já é possível ver redução nos níveis de infestação do capim-annoni para valores abaixo de 30%, sabido que acima disso, o animal tem sua seletividade para pastejo comprometida (BREMM, 2010). Ainda, é observado que bovinos de corte sob MIRAPASTO apresentam, na média, ganho anual de peso de 467 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a um custo médio de 298 kg ha⁻¹ ano⁻¹, portanto com saldo positivo de 169 kg ha⁻¹, diferentemente do Infestado onde o ganho é de 226 kg ha⁻¹ ano⁻¹ mas o custo é 229 kg ha⁻¹ ano⁻¹, portanto o saldo é -3 kg ha⁻¹ (PEREZ, 2015). O ganho de peso no Infestado é superior à média do Estado do RS de 78 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em campo nativo (CARVALHO; MARASCHIN; NABINGER, 1998), porém, além da questão financeira, a reintrodução de sementes no banco de sementes do solo é elevada, favorecendo a perda cada vez maior da rica diversidade de espécies do Bioma Pampa (BOLDRINI, 2009).

Diante dos resultados obtidos, a hipótese de que o banco de sementes do solo do campo nativo em recuperação (MIRAPASTO) e do ILP caracteriza-se por concentrar sementes de capim-annoni em camadas mais superficiais é confirmada, havendo maior número de plântulas emergidas a partir da profundidade de 0-5cm. No caso do ILP, apenas em uma das épocas amostradas observou-se plântulas de capim-annoni

emergidas e isto foi na camada de 0-5cm com ausência nas demais camadas avaliadas, podendo-se inferir que o sistema consolidado contribui de maneira eficaz na redução da entrada de novas sementes na área, assim como o MIRAPASTO pelo controle realizado das plantas adultas.

4. 4 Conclusão

Área de campo nativo infestado por capim-annoni em recuperação (MIRAPASTO), concentra a maior parte das sementes da planta daninha na camada superficial (0-5cm) do solo, o que deve favorecer sua perda de viabilidade ou predação, ou ainda favorecer o esgotamento deste banco via germinação destas sementes e controle das plântulas, diferentemente se estas sementes fossem enterradas em profundidades maiores.

O sistema de integração lavoura pecuária, baseado no azevém para pastejo no inverno e a soja como lavoura no verão, mediante quarentena de animais, tende a exaurir o banco de sementes de capim-annoni ao longo dos anos com base na camada mais profunda avaliada de até 20cm.

Estratégias de controle que compõem o manejo integrado de capim-annoni como introdução de espécies forrageiras, adubação e controle da carga animal não são efetivos na redução da densidade do banco de sementes de capim-annoni, caso não ocorra simultaneamente o controle da espécie por meio da aplicação seletiva de glifosato, conforme observado para o Infestado.

5 CAPÍTULO IV - Eficácia, absorção e translocação de glifosato isolado e associado a outros herbicidas no controle do capim-annoni

5.1 Introdução

A estrutura e a riqueza florística dos Campos Sulinos e de algumas partes do Planalto Sul Brasileiro do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, são únicos, sendo esta diversidade resultado da amplitude de fatores como clima, solo e manejo da vegetação (BOLDRINI, 2009). Mais de 450 espécies da família Poaceae e mais de 200 espécies da família Fabaceae são encontradas nestas regiões, as quais têm relevância econômica em função da qualidade forrageira que apresentam (BOLDRINI, 2009). Apesar da importância e benefícios dos campos do Bioma Pampa, estes vêm sendo degradados por diversos fatores, dentre os quais destacam-se o pastejo intenso, o uso do fogo, práticas mecanizadas de cultivo e plantio em áreas sem aptidão agrícola (MEDEIROS; FOCHT, 2007). Outro fator determinante no comprometimento da biodiversidade de determinadas regiões é a invasão biológica de espécies exóticas (PIVELLO et al., 1999).

A introdução de plantas exóticas apresenta aspectos negativos em relação à biodiversidade local, uma vez que pode afetar negativamente a estrutura da comunidade, propriedades e processos do ecossistema, além de causar impactos negativos na atividade econômica (YOSHIOKA et al., 2010). A invasão dos campos nativos pelo capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) tem contribuído de forma significativa para a redução na abundância das espécies nativas e, conseqüentemente, para perdas na qualidade das pastagens e na produtividade animal (MEDEIROS; SAIBROS; FOCHT, 2009). Diante disso, ela tem sido considerada a principal invasora de pastagens da Região Sul do país, comprometendo a diversidade florística e a

rentabilidade da atividade pecuária na região dos Campos Sul-brasileiros (PEREZ et al., 2011).

O uso de herbicidas é uma das principais ferramentas utilizadas no manejo de plantas daninhas. No entanto, a inexistência de herbicidas seletivos à ampla diversidade de espécies forrageiras nativas do Bioma Pampa, dificulta a adoção do controle químico no manejo do capim-annoni nessas áreas. A aplicação seletiva através do aplicador Campo Limpo, desenvolvido pela Embrapa em parceria com empresa privada, utilizando glifosato, vem sendo a alternativa de uso de herbicidas dentro de uma proposta de manejo integrado. Porém, características do capim-annoni como alta proporção de fibra e lignina nas folhas podem ser fatores que dificultem a translocação de herbicidas sistêmicos, principalmente em plantas adultas, gerando controle insatisfatório nas aplicações dirigidas. Além disso, estudos sugerem que a espécie possui mecanismo de interdependência entre os afilhos muito precoce, no qual o glifosato não translocaria para todos os afilhos, especialmente aqueles considerados mais velhos, resultando em níveis de tolerância ao herbicida (BASTIANI et al., 2018; CORRÊA et al., 2014).

A associação do glifosato e graminicidas pode ser ferramenta a ser utilizada nas aplicações seletivas, com intuito de favorecer o controle do capim-annoni, por ocorrer possível efeito sinérgico entre herbicidas, aumentando a eficiência na absorção e translocação. Dentre as alternativas de manejo de plantas daninhas o uso de associação de herbicidas, regulamentada no Brasil recentemente, consiste na utilização de diferentes produtos, de maneira simultânea durante uma aplicação. As associações de herbicidas realizadas para o controle de plantas daninhas, combinam diferentes mecanismos de ação, aumentando o espectro de ação dos mesmos (NORRIS et al., 2001).

A mistura de herbicidas é considerada sinérgica quando o efeito adicionado é maior do que a resposta prevista pelo efeito das aplicações isoladas de cada herbicida; é aditiva, quando o efeito das aplicações isoladas é semelhante ao efeito da mistura; e antagônica quando o efeito da mistura é menor do que o efeito de aplicações individuais (STAKER; OLIVER, 1998). Estudo avaliando o uso de glifosato em mistura com graminicidas revelou efeito sinérgico para o controle de plantas de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) em estágio vegetativo (BARROSO et al., 2014). Há estudos em que poucos herbicidas têm mostrado eficácia no controle do capim-annoni, mesmo quando feito aplicações com herbicidas graminicidas, como os inibidores da enzima acetil-CoA

carboxilase (ACCase) (GONZAGA; GONÇALVES, 1999; GOULART et al., 2012; GOULART et al., 2009).

De modo geral, são poucas informações sobre o efeito de herbicidas em áreas de campo nativo infestado pelo capim-annoni, bem como sobre a associação de herbicidas no controle da espécie. O presente estudo tem como hipótese que a associação do herbicida glifosato com o herbicida inibidor da enzima ACCase (acetil coenzima A carboxilase) fluazifop, melhora a absorção, translocação e a eficiência de controle do capim-annoni. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito das associações de glifosato com fluazifop, com flumioxazina e isolado no controle, absorção e translocação de ^{14}C -glifosato em plantas de capim-annoni.

5.2 Material e métodos

Os estudos foram conduzidos entre dezembro de 2018 e janeiro de 2019, em casa de vegetação e no Laboratório de radioisótopo pertencentes ao Crop, Soil and Environmental Sciences Department da University of Arkansas (CSES/UARK), Fayetteville - AR, EUA, durante a etapa Doutorado Sanduíche. As sementes de *E. plana* utilizadas eram originárias de uma área de pastagem nativa da Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, RS, Brasil.

5.2.1 Eficácia

Para o estudo de eficácia de herbicidas as plantas foram crescidas em casa de vegetação, em vasos com capacidade volumétrica de 500ml, preenchidos com solo de área experimental pertencente ao CSES/UARK. Os herbicidas avaliados foram: glifosato (700g e.a. ha^{-1}), fluazifop (47g i.a. ha^{-1}), flumioxazina (100g i.a. ha^{-1}), glifosato+fluazifop ($700\text{g e.a. ha}^{-1} + 47\text{g i.a. ha}^{-1}$), glifosato + flumioxazina ($700\text{g e.a. ha}^{-1} + 100\text{g i.a. ha}^{-1}$) e a testemunha (sem aplicação de herbicida). Os herbicidas foram aplicados quando as plantas estavam no estágio vegetativo de 2 a 3 afilhos, 35 dias após emergência (DAE). As aplicações foram realizadas em câmara de aplicação, com pressão constante de CO_2 (40 psi), equipada com barra de 1m e dois bicos de jato plano (UNIJET TPU-800067SS) espaçados a 0,5m, com volume de calda de 187L ha^{-1} .

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, sendo realizado simultaneamente em duas casas de vegetação. As variáveis avaliadas foram: fitotoxicidade aos 7, 14, e 28 dias após a aplicação (DAA); aos 28 DAA também foi realizada coleta da parte aérea para determinação da massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA). Para a avaliação da fitotoxicidade, utilizou-se escala percentual de 0 a 100%, onde zero (0%) não representa fitotoxicidade e 100%, fitotoxicidade total ou morte das plantas (SBCPD, 1995).

5.2.2 Absorção e translocação

Para o estudo de absorção e translocação em plantas de *E. plana*, as sementes foram semeadas e cultivadas conforme descrito acima. As plantas foram colhidas 24 e 72 horas após aplicação dos herbicidas (HAA). Os tratamentos corresponderam a glifosato (700g e.a. ha⁻¹), glifosato+ fluazifop (700g e.a. ha⁻¹ + 47g i.a. ha⁻¹) e glifosato + flumioxazina (700g e.a. ha⁻¹ +100g i.a. ha⁻¹), aplicados nas plantas conforme descrito no estudo de eficácia. Imediatamente após a aplicação, as plantas foram movidas para o laboratório de radioisótopo, onde aplicaram-se os respectivos tratamentos acrescido de ¹⁴C-glifosato radioativo. Quatro gotas de 1µL cada foram aplicadas na parte adaxial da terceira folha expandida da planta mãe, com uma microseringa, sendo aplicado um total de 150.000,00 dpm por planta. Após as gotas secarem, as plantas foram transferidas para a casa de vegetação, onde permaneceram até os períodos de coletas determinados (24 e 72 HAA).

As folhas tratadas foram colhidas e realizou-se a tríplice lavagem, usando três vials com 10mL de água destilada e metanol, na concentração de 9:1. A folha tratada com ¹⁴C-glifosato radioativo foi seccionada e inserida dentro do primeiro vial e agitada cuidadosamente por 10 segundos, sendo repetido o procedimento para os outros dois vials. Parte da solução de lavagem 6mL (2mL de cada vial) foi adicionada com 10mL de coquetel de cintilação (Ultima GoldTM; PerkinElmer Inc., Waltham, MA, United States) e a radioatividade quantificada usando espectrômetro de cintilação líquida (LSS) (Packard Tri-Carb 2100TR liquid scintillation spectrometer; Packard Instrument Corp., Downers Grove, IL, United States).

Absorção do ¹⁴C-glifosato foi calculada subtraindo o montante de radioatividade obtido na solução de lavagem pelo total aplicado. Para cada período de coleta, as plantas foram fracionadas em folha tratada (FT), acima da FT, abaixo da FT, afilhos e

raízes. Após as coletas, as sessões foram postas para secar a 60°C por 48 h e então oxidadas (OX500TM; R. J. Harvey Instrument Corp., Tappan, NY, United States). O $^{14}\text{CO}_2$ liberado durante a combustão do tecido foi preso em um frasco contendo 10mL de coquetel de cintilação (Carbon-14 Cocktail; R. J. Harvey Instrument Corp.) e quantificado usando LSS, conforme mencionado acima.

Em cada período de coleta e para cada tratamento, uma planta foi utilizada para visualizar a translocação do herbicida usando autorradiografia. As plantas foram coletadas e imediatamente prensadas em papel absorvente. As folhas foram espalhadas cuidadosamente para evitar que a folha tratada tivesse contato com outras partes da planta não tratadas. As plantas foram acondicionadas em estufa para secagem, posteriormente foram expostas a uma tela fosforescente por 48 horas e então escaneadas usando Storm 820 PhosphorImagerTM (Molecular Dynamics Inc., Sunnyvale, CA, United States).

Os resultados obtidos nos dois estudos conduzidos para eficácia e nos dois estudos conduzidos para absorção e translocação foram comparados pelo teste "t", e não havendo significância trabalhou-se com as oito repetições para cada estudo. Posteriormente, analisou-se a normalidade dos dados, utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk, e em seguida foram submetidos à análise de variância, sendo que ao apresentar significância pelo teste F ($p \leq 0,05$), as médias dos tratamentos foram submetidas à comparação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Eficácia

Quando avaliada a eficácia do glifosato em capim-annoni aos 7 DAA, o controle foi equivalente a 95%, e a partir dos 14 DAA, obteve-se morte total das plantas (Tabela 14). Os tratamentos com associação de glifosato+fluazifop e glifosato+fluamioxazin, também apresentaram elevado controle a partir de 7 DAA, não diferindo do controle com glifosato aplicado isolado em todas as avaliações realizadas. No entanto, fluazifop e flumioxazina quando aplicados isolados tiveram baixo controle aos 7 DAA, não diferindo entre si, mas a partir da segunda avaliação, o controle para fluazifop foi superior ao flumioxizina. Ainda, o máximo controle obtido com fluazifop foi de 88%

aos 28 DAA (Tabela 14). Já, flumioxazina isolado apresentou em média, 39% de controle, aos 28 DAA (Tabela 14).

Tabela 14 – Controle visual aos 7, 14, 21 e 28 dias após tratamento (DAA) de glifosato e redução da massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) aos 28 DAA no capim-annoni (*Eragrostis plana*), fluazifop, flumioxazina, glifosato associado com fluazifop (Gli+Fluazifop), e com flumioxazina (Gli+Flumioxazina). CSES/UARK, Fayetteville/AR, EUA, 2018/19

Controle (%)				
Tratamentos	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28DAA
Glifosato	94,75 a*	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Fluazifop	32,50 b	52,50 b	75,69 b	88,12 b
Flumioxazina	30,00 b	30,50 c	32,50 c	39,37 c
Gli + Fluazifop	87,50 a	96,87a	100,00 a	100,00 a
Gli + Flumioxazina	86,25 a	93,15 a	95,63 a	98,12 a
Testemunha	0,00 c	0,00 d	0,00 d	0,00 d
C.V. (%)**	9,61	3,57	3,08	2,20
Redução (%) da MMSPA em relação ao controle				
Glifosato		95,48 a		
Fluazifop		93,16 a		
Flumioxazina		55,22 b		
Gli + Fluazifop		96,51 a		
Gli + Flumioxazina		96,38 a		
C.V. (%)**		15,09		

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$)

**Coeficiente de variação.

O glifosato foi eficiente no controle de plantas jovens de capim-annoni (2 a 3 afilhos); no entanto, compreende-se que o problema observado no controle químico da espécie é quando esta encontra-se em estágio adulto, com expressivo número de afilhos, formando touceiras no campo, normalmente já perenizadas. Plantas jovens são de mais fácil controle em comparação com plantas em estágios avançados, porque seus tecidos são menos desenvolvidos e permitem maior absorção dos herbicidas (DEGREEFF et al., 2018). Além disso, durante o ciclo de vida da planta, a quantidade de açúcar translocado também muda e as plantas em estágios avançados podem ser menos sensíveis a herbicidas, incluindo o glifosato (FADIN et al., 2018).

Em estágios iniciais de desenvolvimento (2-4 folhas) de *Spermacoce verticillata*, o controle apenas com glifosato, não diferiu das misturas de glifosato com: 2,4-D; clorimuron; metolachlor e cloransulam, resultando em controle satisfatório para todos os tratamentos; no entanto, quando as plantas estavam em estágios mais desenvolvidos (4-6 folhas), a mistura glifosato+cloransulam apresentou acréscimo de 40% no controle de *S. verticillata* comparado ao glifosato isolado (FADIN et al., 2018). Estudo avaliando o controle de capim-amargoso em estágios iniciais de crescimento (4

folhas), demonstrou que glifosato proporcionou controle satisfatório equivalente a 98%, não diferindo do controle observado para as misturas com quizalofop e clethodim, cujos controles foram de 100% (BARROSO et al., 2014). Ainda no mesmo estudo, quando as plantas de capim-amargoso estavam com 3-4 afilhos, o controle para glifosato isolado foi de 48%, e quando em associação com os mesmos graminicidas quizalofop e clethodim, obteve-se controle de 79 e 81%, respectivamente (BARROSO et al., 2014).

A associação de glifosato com flumioxazina foi adicionada neste estudo devido a relatos de produtores rurais de que esta mistura estaria sendo utilizada e melhorando o controle do capim-annoni. Por ser herbicida cuja maior ação é basicamente por contato, com baixa translocação na planta, o herbicida inibidor da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX) flumioxazina poderia estar na verdade limitando a translocação do glifosato. Porém, a associação foi efetiva, corroborando aos resultados obtidos por pecuaristas. No entanto, o controle pode ter sido basicamente pela ação do glifosato, visto que flumioxazina isolado apresentou controle baixo e reduziu apenas em 55% a MMSPA comparado à testemunha. Já, para os demais tratamentos a redução da MMSPA foi superior a 90% (Tabela 14). Como o flumioxazina possui efeito residual no solo (OLIVEIRA et al., 1998; CARVALHO, 2017), sua associação com o glifosato poderia se justificar pelo fato de impedir o estabelecimento de novas plantas de capim-annoni. Mas isto ainda requer avaliação.

5.3.2 Absorção e translocação

O total de glifosato absorvido 24 horas após aplicação (HAA) foi 25% do total aplicado do herbicida, 41% para glifosato+fluazifop e 28% para glifosato+flumioxazina (Figura 15 A), sendo a mistura do glifosato com o graminicida superior aos demais tratamentos avaliados. No entanto, 72 HAA maior absorção ocorreu para glifosato+flumioxazina, sendo absorvido 52% do total aplicado, porém 60% do herbicida absorvido permaneceu na folha tratada (FT) (Figura 1 B). O fato de flumioxazina ser herbicida de maior ação por contato explica a alta porcentagem do glifosato na FT as 72 HAA, diferindo da proporção de glifosato na FT para demais tratamentos. É possível que possa ter havido dano nas células da FT, dificultando a translocação do herbicida sistêmico, no caso, glifosato.

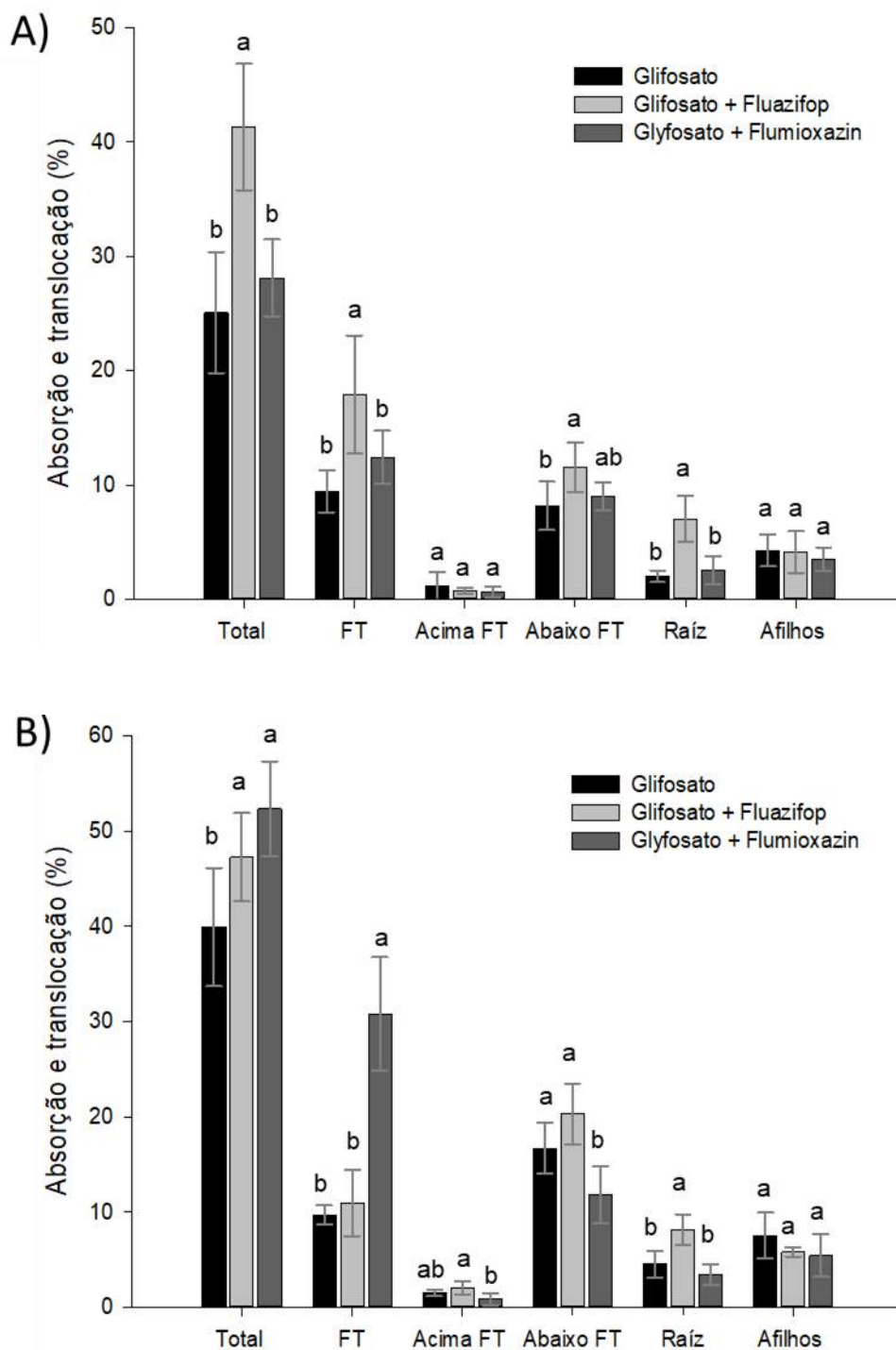
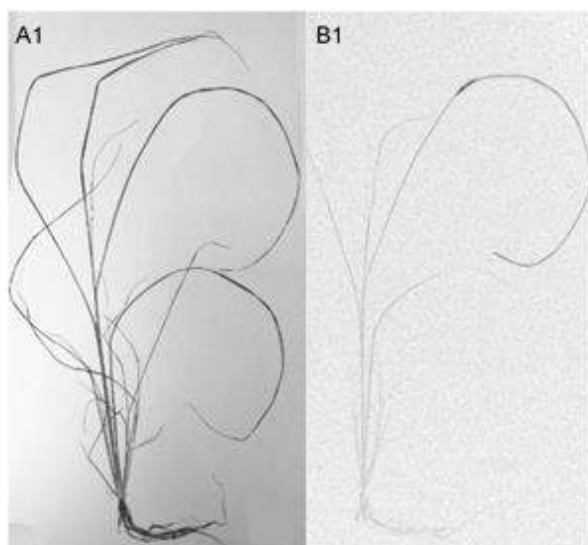


Figura 15 - Médias de absorção e translocação ^{14}C -glifosato 24 (A) e 72 (B) horas após aplicação (HAA), expressas em porcentagem: total (absorção e translocação), folha tratada (FT), acima da folha tratada (acima FT), abaixo FT (abaixo da folha tratada), raiz e afilhos em plantas de capim-annoni (*Eragrostis plana*). Letras similares indicam que não há diferenças entre as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$). As barras representam o erro padrão. CSES/UARK, Fayetteville/AR, EUA, 2018/19.

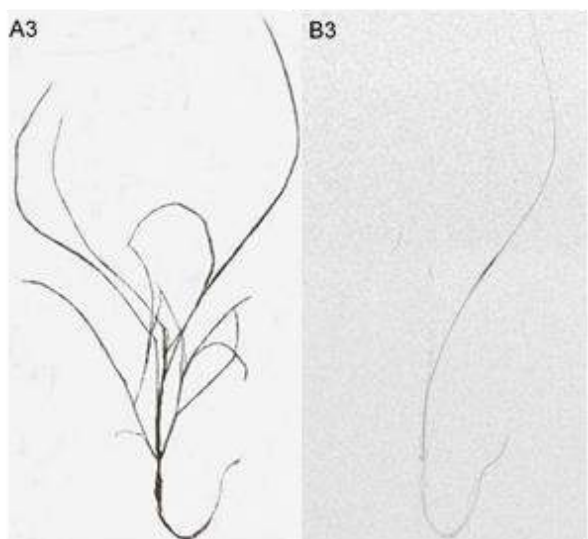
A translocação abaixo da folha tratada foi superior a 24 e 72 HAA para associação glifosato+fluazifop, porém não diferiu do glifosato sozinho (Figura 15). Para ambas épocas de avaliação, a mistura de glifosato+fluazifop aumentou a translocação para o sistema radicular em relação aos demais tratamentos, conforme pode ser observado também nas autorradiografias (Figura 15, Figura 16). Embora no estudo de eficácia dos tratamentos não tenha sido observada diferença de controle entre glifosato e glifosato+fluazifop, a translocação do glifosato é aumentada para o sistema radicular quando associado ao fluazifop as 72 HAA; desse modo, é possível inferir que graminicidas favorecem a translocação do glifosato na planta, o que pode melhorar o controle quando a aplicação é realizada em plantas adultas. Diante dos resultados expostos, compreende-se que estudos como este se fazem necessários em estágios de desenvolvimento mais avançados do capim-annoni.



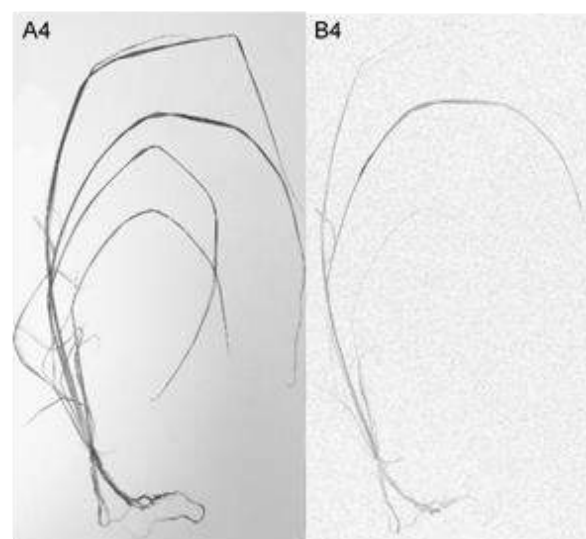
Glifosato 24 HAT



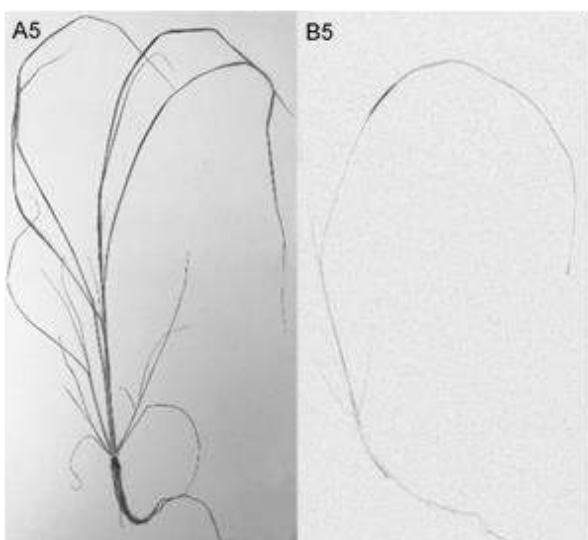
Glifosato 72 HAT



Glifosato + Fluazifop
24 HAT



Glifosato + Fluazifop
72HAT



Glifosato + Flumioxazin
24 HAT



Glifosato + Flumioxazin
72 HAT

Figura 16 - Autoradiografia de capim-annoni (*Eragrotis plana*) com: glifosato, glifosato + fluazifop e glifosato + flumioxazina com adição de ¹⁴C-glifosato 24 e 72 HAT. (A) planta prensada, (B) autoradiografia da translocação. CSES/UARK, Fayetteville/AR, EUA, 2018/19.

A movimentação do glifosato na planta ocorre em ambas as direções, sistema radicular e parte aérea, acompanhando o fluxo de carboidratos de fontes para drenos e tendendo a se acumular nos meristemas apicais das folhas e raízes (CHEN et al., 2009; REIS et al., 2015). Algumas características do capim-annoni como alta concentração de lignina nas folhas (FAVARETTO et al., 2015) e também pelo fato da possibilidade de que a espécie possui mecanismo de interdependência entre os afilhos muito precoce (BASTIANI et al., 2018; CORRÊA et al., 2014), tendem a dificultar a movimentação do glifosato, o que resulta em um controle ineficiente principalmente quando as plantas encontram-se perenizadas e entouceiradas. O uso de glifosato associado a outros herbicidas que possam melhorar a translocação do glifosato, principalmente para o sistema radicular, torna-se uma opção no manejo de plantas perenizadas de capim-annoni.

Aplicações seletivas de herbicida no manejo do capim-annoni são usuais a campo, em áreas de campo nativo. No entanto, muitas vezes o controle não é satisfatório, devido ao fato de haver plantas em densas touceiras, impedindo translocação do glifosato por toda a planta, resultando no rebrote do capim-annoni. Diante desse cenário, a associação do glifosato com o fluazifop torna-se uma ferramenta para o controle seletivo do capim-annoni, uma vez que, quando aplicado em mistura com o graminicida, tende a ocorrer aumento da translocação do glifosato para o sistema radicular conforme observado na Figura 15, o que possivelmente resulta em aumento no controle.

Em estudo prévio, a associação dos herbicidas fluazifop e glifosato aplicado quando as plantas de capim-annoni estavam com oito a dez afilhos proporcionou 99% de controle aos 35 DAA, porém para aplicação isolada de glifosato o controle foi de 73% (CARATTI et al., 2018). Resultado similar foi observado para associação de glifosato+fluazifop para controle de plantas de capim-amargoso com sete a oito afilhos, obtendo 100% de controle para a mistura, enquanto que para o glifosato isolado o controle foi de 77% (CORREIA, et al., 2010). Ainda, experimento com diferentes populações de *D. insularis* verificaram controle superior para a mistura de glifosato com o graminicida quizalofop, comparada ao controle obtido apenas com o uso de glifosato para a maioria das populações estudadas (CORREIA; CRA; BALIEIRO, 2015).

O rebrote observado em campo quando da aplicação isolada do glifosato em plantas adultas e entouceiradas de capim-annoni, ocorre possivelmente em função do glifosato não translocar de forma eficiente em todo o sistema radicular que possui presença de medula parenquimática com células de armazenamento de amido (FAVARETTO et al., 2015); estas reservas permitem o rebrote das plantas. Estudos com capim-amargoso também sugerem que a reserva de amido acumulada nos rizomas pode ser responsável pela tolerância ao glifosato, dificultando a translocação e permitindo rápido rebrote da parte aérea após ser tratada com o herbicida (MACHADO et al., 2008).

O manejo do capim-annoni por meio da aplicação seletiva com glifosato em áreas de campo nativo é dificultado pelo estágio em que as plantas se encontram, uma vez que, quanto mais desenvolvidas as plantas estiverem, maior quantidade de reservas de amido estarão presentes no sistema radicular e, conseqüentemente, maior interdependência dos afilhos (FAVARETTO et al., 2015; BASTIANI et al., 2018; CORRÊA et al., 2014).

A hipótese do presente estudo de que a associação do glifosato com fluazifop melhora a eficiência, a absorção e a translocação de glifosato aumentando o controle do capim-annoni é parcialmente aceita, uma vez que o controle foi satisfatório tanto para o glifosato isolado como em mistura com os demais herbicidas. É possível que esta hipótese seja totalmente aceita em condição de aplicação destes tratamentos em plantas em estágio mais avançado de desenvolvimento, sendo portanto, necessários mais estudos avaliando o controle em diferentes estágios de desenvolvimento. Em relação à absorção e translocação do ^{14}C -glifosato quando em associação com o fluazifop, há aumento da translocação para o sistema radicular, podendo ser uma opção mais eficiente no controle seletivo do capim-annoni em área de campo nativo com plantas perenizadas. Todavia, ainda são necessários estudos avaliando a translocação do ^{14}C -glifosato em associação com fluazifop em diferentes estágios de desenvolvimento do capim-annoni.

5. 4 Conclusão

O herbicida glifosato controla eficientemente plantas de capim-annoni em estágio de 2-3 afilhos.

A associação de glifosato com fluazifop e/ou com flumioxazina não supera o controle observado para glifosato aplicado isolado em plantas de capim-annoni com 2-3 afilhos. Porém, a associação com fluazifop aumenta a translocação de ^{14}C -glifosato para o sistema radicular do capim-annoni, comparativamente aos herbicidas aplicados de forma isolada.

6 Conclusões gerais

Sementes de capim-annoni oriundas de diferentes regiões do RS, apresentam T_o entre 39 e 40°C e T_b entre 12,3 e 15,6°C para germinação. Germinam preferencialmente na presença de luz; possuem certa tolerância ao estresse hídrico; não emergindo em profundidades superiores a 4cm no perfil do solo. Diferenças na germinação entre acessos de *E. plana* ocorrem principalmente quando as condições para germinar são menos favoráveis, como por exemplo, temperatura de incubação (25°C) distantes da T_o (39/40°C).

Acessos de capim-annoni originários de diferentes regiões do RS apresentam variações morfológicas e anatômica, podendo estar relacionada a plasticidade fenotípica. Ainda, a baixa variabilidade genética entre os acessos remete a uma origem comum (efeito do fundador).

O banco de sementes de capim-annoni em campo nativo sob recuperação (MIRAPASTO) e áreas com sistema ILP tende a concentrar sementes em camadas mais superficiais (0-5cm). Além disso, o MIRAPASTO reduz a densidade do banco de sementes de capim-annoni significativamente e o sistema ILP consolidado tende a exaurir o banco de sementes da espécie ao longo dos anos. A semeadura de espécies forrageiras, adubação, controle do pastejo não são efetivos na redução da densidade do banco de sementes de capim-annoni caso não corra simultaneamente o controle da espécie por meio da aplicação seletiva de glifosato.

Plantas de capim-annoni com 2-3 filhos são controladas eficientemente por glifosato isolado, sendo sua associação com fluazifop interessante por aumentar a translocação até as raízes, o que pode favorecer o controle em caso de plantas adultas perenizadas.

7 Referências Bibliográficas

- ABICHEQUER, A.D.; BICCA, A.M.O.; MEDEIROS, C.M.O.; SARAIVA, K.M. Crescimento e distribuição de raízes de capim-annoni-2 e do campo nativo: vantagem competitiva do capim-annoni-2. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.15, p. 7-12, 2009.
- ALISCIONI, S.S. Anatomía ecológica de algunas especies del género *Paspalum* (Poaceae, Panicoideae, Paniceae). **Darwiniana**, v. 38, p. 187-207, 2000.
- ALVES DE BRITO, C.J.F.; RODELLA, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 519-528, 2004.
- AUGE, G.A.; BLAIR, L.K.; KAREDIYA, A.; DONOHUE, K. The autonomous flowering time pathway pleiotropically regulates seed germination in *Arabidopsis thaliana*. **Annals of Botany**, v. 121, p. 183-191, 2018.
- BALLARÉ, C.L.; CASAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, v.67, p.149-160, 2000.
- BÁLDI, A.; BATÁRY, P.; KLEIJN, D. Effects of grazing and biogeographic regions on grassland biodiversity in Hungary—analysing assemblages of 1200 species. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.166, p. 28-34, 2013.
- BALSAMO, R.A.; WILLIGEN, C.V.; BAUER, A.M.; FARRANT, J. Drought tolerance of selected *Eragrostis* species correlates with leaf tensile properties. **Annals of botany**, v.97, p. 985-991, 2006.
- BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R.L. Weed seed germination and the light environment: implications for weed management. **Weed Biology and Management**, v. 14, p. 77–87, 2014.
- BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R.L. A framework for the interpretation of temperature effects on dormancy and germination in seed populations showing dormancy. **Seed Science Research**, v. 25, p. 147-158, 2015.
- BARBERI, P.; LO CASCIO, B. Long-term tillage and crop rotation effects and weed seed bank size and composition. **Weed Research**, v. 41, p. 325–340, 2001.

BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, A.J.P.; REIS, F.C.; FILHO R.V. Interação entre herbicidas inibidores da ACCASE e diferentes formulações de glyphosate no controle de capim-amargoso. **Planta Daninha**, v. 32, p. 619-627, 2014.

BARBOSA, F. G. The future of invasive African grasses in South America under climate change. **Ecological Informatics**, v.36, p.114-117, 2016.

BASTIANI, Marlon Ouriques. **Drought tolerance in tough lovegrass (*Eragrostis plana*): Implications on competitiveness relations with *Paspalum notatum* and chemical control**. 108 f. Tese (Doutorado em Fitossanidade/Herbologia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

BASTIANI, M. O.; LAMEGO, F. P.; LANGARO, A. C.; SALAS-PEREZ, R. A.; ROUSE, C. E.; BURGOS, N. R. Influence of growth stage on efficacy, absorption and translocation of glyphosate in *Eragrostis plana*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 31., 2018, Rio de Janeiro. Resumos do... Londrina: SBCPD, 2018.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392p

BENECH-ARNOLD, R.L.; SANCHEZ, R.A.; FORCELLA, F.; KRUK, B.C.; GHERSA, C.M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v. 67, p. 105–122, 2000.

BENNETZEN, J. L.; MA, J.; DEVOS, K. M. Mechanisms of recent genome size variation in flowering plants. **Annals of Botany**, v. 95, p. 127-132, 2005.

BENNETT, M.D. Nuclear DNA content and minimum generation time in herbaceous plants. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 181, p. 109–135, 1972.

BENECH-ARNOLD, R.L.; SANCHEZ, R.A.; FORCELLA, F.; KRUK, B.C.; GHERSA, C.M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v. 67, p. 105–122, 2000.

BIDGOLY, R.O.; BALOUCHI, H.; SOLTANI, E.; MORADI, A. Effect of temperature and water potential on *Carthamus tinctorius* L. seed germination: Quantification of the cardinal temperatures and modeling using hydrothermal time. **Industrial crops and products**, v. 113, p. 121-127, 2018.

BITTENCOURT, H.V.H.; BONOME, L.T.S.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; LANA, M.A. Seed germination ecology of *Eragrostis plana*, an invasive weed of South American pasture lands. **South African Journal of Botany**, v. 109, p. 246–252, 2017.

BITTENCOURT, H.V.H.; BONOME, L.T.S.; PAGNONCELLI, F.B.J.; LANA, M.A.; TREZZI, M.M. Seed germination and emergence of *Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud. in response to environmental factors. **Journal of plant protection research**, v.56, p. 32-38, 2016.

BLACKSHAW, R. E. Differential competitive ability of winter wheat cultivars against downy brome. **Agronomy Journal**, v. 86, p. 649-654, 1994.

BOECHAT, S.C.; LONGHI-WAGNER, H.M. Padrões de distribuição geográfica dos táxons brasileiros de *Eragrostis* (Poacea, Chloridoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, p.177–194, 2000.

BOLDRINI, I.I. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. *In*: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. (Eds.) - Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, p. 63-77, 2009.

BOLDRINI, I.I.; LONGHI-WAGNER, H.M.; BOECHAT, S.C. Morfologia e taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses. 2008.

BOGGIANO, P., ZANONIANI, R., VAZ, A., & ASHFIELD, L. Capim-annoni - *Eragrostis plana* Nees: una maleza que desvaloriza nuestros campos. **Revista del Plan Agropecuario**, v. 110, p. 46-50, 2004.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. *In*: Aguiar, I. B.; Pina-Rodrigues, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. Sementes florestais tropicais, Abrates, 83-135, 1993.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Regras para análise de sementes (RAS). 1. ed. Brasília: Mapa, 2009. 399 p.

BREMM, Carolina. **Padrões de ingestão e deslocamento de bovinos e ovinos em ambientes pastoris complexos**. 182 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRYSON, C.T. AND CARTER, R. Cogongrass, *Imperata cylindrica*, in the United States. **Weed Technology**, v.7, p.1005-1009, 1993.

BRUGNOLI, E. A.; URBANI, M. H.; QUARIN, C. L.; MARTÍNEZ, E. J.; ACUÑA, C. A. Diversity in Diploid, Tetraploid, and Mixed Diploid-Tetraploid Populations of *Paspalum simplex*. **Crop Science**, v. 53, p. 1509-1516, 2013.

BRUTNELL, T.P.; WANG, L.; SWARTWOOD, K.; GOLDSCHMIDT, A.; JACKSON, D.; ZHU, X.G.; KELLOGG, E.; VAN ECK, J. *Setaria viridis*: a model for C4 photosynthesis. **The Plant Cell**, v.22, p. 2537-2544, 2010.

CANNAROZZI, G.; PLAZA-WÜTHRICH, S.; ESFELD, K.; LARTI, S.; WILSON, Y.S.; GIRMA, D.; DE CASTRO, E.; CHANYALEW, S.; BLÖSCH, R.; FARINELLI, L.; LYONS, E. Genome and transcriptome sequencing identifies breeding targets in the orphan crop tef (*Eragrostis tef*). **BMC genomics**, v.15, p. 581-601, 2014.

CARATTI, F. C., BASTIANI, M. O., ROCKENBACH, D., LAMEGO, F., FIPKE, M., VIEIRA, L. M., & GOMES, J. P. S. (2018). Associação de glyphosate e fluazifop-p-butyl no controle de capim-annoni 2. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA

DAS PLANTAS DANINHAS, 31., 2018, Rio de Janeiro. Desafios e sustentabilidade no manejo de plantas daninhas: resumos. Londrina: Ed. da SBCPD, 2018...

CARDINA, J.; HERMS, C.P.; DOOHAN, D.J. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. **Weed Science**, v. 50, p. 448 - 460, 2002.

CARVALHO, F.T. Eficácia do flumioxazin aplicado na dessecação pré-colheita da soja e efeito residual no controle de plantas daninhas no milho safrinha. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 26, p. 683-693, 2017.

CARVALHO, P.C.F.; BARRO, R.S.; KUNRATH, T.R.; SILVA, F.D.; NETO, A.B.; SAVIAN, J.V.; PFEIFER, F.M.; TISCHLER, M.R.; ANGHINONI, I. Experiências de integração lavoura-pecuária no rio grande do sul. III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, Synergismos scyentifica UTFPR, Pato Branco, 2011.

CARVALHO, P.C.F.; MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. Potencial produtivo do campo nativo do Rio Grande do Sul. In: PATIÑO, H.O. (Ed.). Suplementação de Ruminantes de Pastejo, 1, Anais... Porto Alegre, RS. 1998.

CATFORD, J.A.; JANSSON, R.; NILSSON, C. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. **Diversity and Distributions**, v. 15, p. 22–40, 2009.

CESCO, V.J.S.; ALBRECHT, A.J.P.; RODRIGUES, D.M.; KRENCHINSKI, F.H.; ALBRECHT, L.P. Associations between herbicides and glyphosate in agronomic performance of RR2 intact soybean. **Planta Daninha**, v.36, 2018.

CHAUHAN, B. S.; JOHNSON, D. E. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): an important grass weed of rainfed rice. **Weed Science**, v. 56, p. 699-706, 2008.

CHEN, R.F.; WANG, H.H.; WANG, C.Y. Translocation and metabolism of injected glyphosate in lead tree (*Leucaena leucocephala*). **Weed Science** v.57, p. 229–234, 2009.

CHEE-SANFORD, J.C.; WILLIAMS, M.M.; DAVIS, A.S; SIMS, G.K. Do microorganisms influence seed-bank dynamics? **Weed Science**, v. 54, p. 575-587, 2006.

CHRISTOFOLETTI, P. J. Análise comparativa do crescimento de biótipos de picão preto (*Bidens pilosa*) resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da ALS. **Planta Daninha**, v. 19, p. 75-83, 2001.

CIDADE, F. W.; VIGNA, B. B.; SOUZA, F. H.D.; VALLS, J.F.M.; DALL'AGNOL, M.; ZUCCHI, M. I.; SOUZA-CHIES, T. T.; SOUZA, A. P. Genetic variation in polyploid forage grass: Assessing the molecular genetic variability in the *Paspalum* genus. **Bio Medic Central Genetics**, v. 14, p. 1-18, 2013.

CLAYTON, W.D.; VORONTSOVA, M.S.; HARMAN, K.T.; WILLIAMSON, H. GrassBase - The Online World Grass Flora. Disponível em: <<http://www.kew.org/data/grasses-db/sppindex.htm>>. Acesso em: 10 junho 2019.

COLBY, S.R. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. **Weeds**, v. 15, p. 20-22, 1967.

COLE, I. A.; PROBER, S.; LUNT, I. Nutrient versus seed bank depletion approaches to controlling exotic annuals in threatened Box Gum woodlands. **Austral Ecology**. v. 41, p. 40–52. 2016.

CORRÊA, E. B; SILVEIRA, M. C. T.; MORAIS, S. L.; TRENTIN, G.; PEREZ, N. B.; NATIVIDADE, R.S. Caracterização da dinâmica dos perfilhos de capim-annoni quanto à translocação do herbicida glifosato. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2014, Pelotas. Anais do... Pelotas: UFPel, 2014.

CORREIA, N. M.; LEITE, G. J.; GARCIA, L. D. Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glifosato. **Planta Daninha**, p. 769-776, 2010.

CORREIA, N.M; ACRA, L.T; BALIEIRO, G. Chemical control of different *Digitaria insularis* populations and management of a glyphosate-resistant population. **Planta Daninha**. v. 33, p. 93-101, 2015.

COULATTI, R.; GRIGOROVICH, I.; MACISAAC, H. Propagule pressure: a null model for biological invasions. **Biological Invasions**, v. 8, p. 1023–1037, 2006.

DARDENGO, J.F.E.; ROSSI, A.A.B.; DA SILVA, I.V.; PESSOA, M.J.G.; DA SILVA, C.J. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA LUMINOSA NOS ASPECTOS ANATÔMICOS DE FOLHAS DE *Theobroma speciosum* WILLD EX SPRENG.(MALVACEAE). **Ciência Florestal**, v. 27, p.843-851, 2017.

DARRIBA, D.; TABOADA, G.L.; DOALLO, R.; POSADA, D. J. ModelTest 2: More models, new heuristics and parallel computing. **Nature Methods**, v. 9, n. 8, 772, 2012.

DAVIS, A.S.; ANDERSON, K.I.; HALLETT, S.G.; RENNER, K.A. Weed seed mortality in soils with contrasting agricultural management histories. **Weed Science**, v. 54, p. 291–297, 2006.

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.

D'ANTONIO, C.M.; VITOUSEK, P.M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle and global change. **Annual review of ecology and systematics**, v. 23, p. 63–87, 1992.

DEGREEFF, R.D.; V. VARANASI, A.; DILLE, J.; E. PETERSON, D.; JUGULAM, M. Influence of plant growth stage and temperature on glyphosate efficacy in common lambsquarters (*Chenopodium album*). **Weed Technology**, v.32, p.448-453, 2018.

DOLEŽEL, J.; GREILHUBER, J.; SUDA, J. Estimation of nuclear DNA content in plants using flow cytometry. **Nature protocols**, v. 9, p. 2233- 2244, 2007.

DONOHUE, K.; CASAS, R.R.; BURGHARDT, L.; KOVACH, K.; WILLIS, C.G. Germination, post germination adaptation, and species ecological ranges. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 41, p. 293–319, 2010.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phytochemical Bulletin**, v. 19, p. 11-15, 1987.

DRUMMOND, A.J.; RAMBAUT, A.; SHAPIRO, B.E.T.H.; PYBUS, O.G. Bayesian coalescent inference of past population dynamics from molecular sequences. **Molecular biology and evolution**, v. 22, p.1185-1192, 2005.

DRUMMOND, A.J.; SUCHARD, M.A.; XIE, D.; RAMBAUT, A. Bayesian Phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. **Molecular Biology and Evolution**, v. 29, p. 1969 – 1973, 2012.

DUMUR, D.; PILBEAM, C. J.; CRAIGON, J. Use of the Weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, p. 1423-1430, 1990.

EDWARDS, A.R.; MORTIMER, S.R.; LAWSON, C.S.; WESTBURY, D.B.; HARRIS, S.J.; WOODCOCK, B.A.; BROWN, V.K. Hay strewing, brush harvesting of seed and soil disturbance as tools for the enhancement of botanical diversity in grasslands. **Biological Conservation**, v. 134, p. 372–382, 2007.

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J. An Introduction to the Bootstrap. New York: Chapman & Hall. 456 p., 1993

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: 1999. 412 p.

ERIKSEN-HAMEL, N.S.; SPERATTI, A.B.; WHALEN, J.K.; LÉGÈRE, A.; MADROMOTO, C.A. Earthworm populations and growth rates related to logterm residue and tillage management. **Soil and Tillage Research**. v. 104, p. 311–316, 2009.

EXCOFFIER, L.; LISCHER, H.E. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular Ecology Resources**, v. 10, p. 564-567, 2010.

FADIN, D.A.; TORNISIELO, V.L.; BARROSO, A.A.M.; RAMOS, S.; DOS REIS, F. C.; MONQUERO, P.A. Absorption and translocation of glyphosate in *Spermacoce verticillata* and alternative herbicide control. **Weed Research**, v.58, n.5, p.389-396, 2018.

FAVARETTO, A.; CANTRELL, C. L.; FRONCZEK, F. R.; DUKE, S. O.; WEDGE, D. E.; ALI, A.; SCHEFFER-BASSO, S. M. New phytotoxic cassane-like diterpenoids from

Eragrostis plana. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.67, p.1973-1981, 2019.

FAVARETTO, A.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; PEREZ, N.B. Autotoxicity in tough lovegrass (*Eragrostis plana*). **Planta Daninha**. V; 35, p. e017164046, 2017.

FAVARETTO, A.; SANTOS, J.; CARNEIRO, C.M.; BASSO, S.M.S. The first anatomical and histochemical study of tough lovegrass (*Eragrostis plana* Nees, Poaceae). **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 2940-2947, 2015.

FENNER, M.; THOMPSON, K. The ecology of seeds. Cambridge University Press, 2005.

FERREIRA, M.A.R.; SUCHARD M.A. Bayesian analysis of elapsed times in continuous-time Markov chains. **Canadian Journal of Statistics**, v. 36, p. 355-368, 2008.

FERREIRA, N.R.; MEDEIROS, R.B.; SOARES, G.L.G. Potencial alelopático do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) na germinação de sementes de gramíneas perenes estivais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 43–50, 2008.

FIOR, S.; LI, M.; OXELMAN, B.; VIOLA, R.; HODGES, S.A.; OMETTO, L.; VAROTTO, C. Spatiotemporal reconstruction of the *Aquilegia* rapid radiation through next-generation sequencing of rapidly evolving cpDNA regions. **The New Phytologist**, v. 198, p. 579-592, 2013.

FISHER, R. A. The genetical theory of natural selection. Clarendon Press, Oxford, 1930.

FOCHT, T.; MEDEIROS, R.B.D. Prevention of natural grassland invasion by *Eragrostis plana* Nees using ecological management practices. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p.1816-1823, 2012.

FORCELLA F.; BENECH-ARNOLD R.L.; SANCHEZ R.A.; GHERSA C.M.; Modelling seedling emergence. **Field Crops Research**, v. 67, p. 123–139, 2000.

FOOTITT, S.; HUANG, Z.; CLAY, H.A.; MEAD, A.; FINCH-SAVAGE, W.E. Temperature, light and nitrate sensing coordinate *Arabidopsis* seed dormancy cycling, resulting in winter and summer annual phenotypes. **The Plant Journal**, v. 74, p. 1003-1015, 2013.

abich

FREITAS, Jéssica Mena Barreto de. **Diversidade genética, contagem cromossômica, medidas estomáticas e grãos de pólen de *Paspalum rawitscheri* (Parodi) Chase ex GH Rua & Valls (Poaceae)**. 2019. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019.

FU, Y.X. Statistical tests of neutrality of mutations against population growth, hitchhiking and background selection. **Genetics**, v. 147, p. 915-925, 1997.

GALBRAITH, D.W.; HARKINS, K.R.; MADDOX, J.M.; AYRES, N.M.; SHARMA, D.P.; FIROOZABADY, E. Rapid flow cytometric analysis of the cell cycle in intact plant tissues. **Science**, v. 220, p. 1049–1051, 1983.

GALVAN, J.; RIZZARDI, M.A.; PERUZZO, S.T.; OVEJERO, R.F. Evolution of Ryegrass Seed Banks Depending on Soil Tillage and Crops. **Planta Daninha**, v. 33, p. 183-191, 2015.

GERNHARD, T. The conditioned reconstructed process. **Journal of Theoretical Biology**, v. 253, p. 769-778, 2008.

GEORGE, S.; SHARMA, J.; YADON, V.L. Genetic diversity of the endangered and narrow endemic *Piperia yadonii* (Orchidaceae) assessed with ISSR polymorphisms. **American Journal of Botany**, v. 96, p. 2022-2030, 2009.

GUILLEMIN, J.P.; GARDARIN, A.; GRANGER, S.; REIBEL, C.; MUNIER-JOLAIN, N.; COLBACH, N. Assessing potential germination period of weeds with base temperatures and base water potentials. **Weed Research**, v. 53, p. 76-87, 2013.

GOULART, I.C.G.D.R.; NUNES, A.L.; KUPAS, V.; MEROTTO JUNIOR, A. Interações entre herbicidas e protetores para o controle de capim-annoni em pastagem natural. **Ciência Rural**, v.42, p.1722-1730, 2012.

GOULART, I.C.G.R.; MEROTTO JUNIOR, A.; PEREZ, N.B.; KALSING, A. Controle de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana*) com herbicidas pré-emergentes em associação com diferentes métodos de manejo do campo nativo. **Planta Daninha**, v.27, p.181-190, 2009.

GRANT, W.S.; BOWEN, B.W. Shallow population histories in deep evolutionary lineages of marine fishes: insights from sardines and anchovies and lesson for conservation. **Journal of Heredity**, v. 89, p. 415–426, 1998.

GREGORY, T.R. Coincidence, co-evolution or causation? DNA content, cell size and the C-value enigma. **Biological reviews**, v. 76, p. 65-101, 2001.

GIORIA, M.; PYŠEK, P.; MORAVCOVÁ, L. Soil seed banks in plant invasions: Promoting species invasiveness and long-term impact on plant community dynamics. **Preslia** v. 84, p. 327–350, 2012.

GONZAGA, S.S.; GONÇALVES, J.O.N. Avaliação da eficiência de herbicidas no controle de capimannoni (*Eragrostis plana* Nees). Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 1999. p.5-20. (Circular Técnico, 13).

GOULD, F. W.; LONARD, R. I. *Eragrostis plana* in South Carolina. **Rhodora**, v. 72, p. 188-188, 1970.

GUILLEMIN, J.P.; GARDARIN, A.; GRANGER, S.; REIBEL, C.; MUNIER-JOLAIN, N.; COLBACH, N. Assessing potential germination period of weed with base temperatures and base water potentials. **Weed Research**, v. 53, p.76-87, 2013

GUIMARÃES, S.C.; SOUZA, I.F.; PINHO, E.V.R.V. Efeito de temperaturas sobre a germinação de sementes de erva-de-touro (*Tridax procumbens*). **Planta Daninha**, v. 18, n. 3, p. 457-464, 2000.

HOSSEINI, P.; KARIMI, H.; BABAEI, S.; MASHHADI, H.R.; OVEISI, M. Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance. **Crop Protection**, v. 64, p.1-6, 2014.

HU, A.; ZHANG, J.; CHEN, X.J.; MILLNER, J.P.; CHANG, S.H.; BOWATTE, S.; HOU, F.J. The composition, richness, and evenness of seedlings from the soil seed bank of a semi-arid steppe in northern China are affected by long-term stocking rates of sheep and rainfall variation. **The Rangeland Journal**, v. 41, p. 23-32, 2019.

HUGHES, A.R.; INOUE, B.D.; JOHNSON, M.T.; UNDERWOOD, N.; VELLEND, M. Ecological consequences of genetic diversity. **Ecology Letters**, v.11, p.609-623, 2008.

HENDRICKS, S.B.; TAYLORSON, R.B. Variation in the germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, v.58, p.7-11, 1976.

HILHORST, H.W M. Seed development, dormancy and germination. In: BRADFORD, K.; NONOGAKI, H. (Ed.). **Definitions and hypotheses of seed dormancy**, Oxford, UK: Blackwell Publishing, v. 27, p. 50-71, 2007.

HITTORF, M.; CORTEZ, J.P. Dispersão de Sementes por herbívoros silvestres: estratégias em espécies simpátricas. **Silva Lusitana**, v. 21, p. 201-16, 2013.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual review of plant physiology**, v. 24, p. 519-570, 1973.

IKEDA, F.S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1545-1551, 2007.

JAVOID, M.M.; TANVEER, A. Germination ecology of *Emex spinosa* and *Emex australis*, invasive weeds of winter crops. **European Weed Research Society**, v. 54, p. 565 – 575, 2014.

JOHNSTON J.S.; BENNETT M.D.; RAYBURN A.L.; GALBRAITH D.W.; PRICE H.J. Reference standards for determination of DNA content of plant nuclei. **American Journal of Botany**, v. 86, p. 609–613, 1999.

JONES, STUART E.; JAY T. LENNON. Dormancy contributes to the maintenance of microbial diversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, p. 5881-5886, 2010.

KAWAHARA, Y.; BASTIDE, M. de la; HAMILTON, J.P.; KANAMORI, H.; MCCOMBIE, W.R.; OUYANG, S.; SCHWARTZ, D.C.; TANAKA, T.; WU, J.; ZHOU, S.; CHILDS, K.L.; DAVIDSON, R.M.; LIN, H.; QUESADA-OCAMPO, L.; VAILLANCOURT, B.;

SAKAI, H.; LEE, S.S.; KIM, J.; NUMA, H.; ITOH, T.; BUELL, C.R.; MATSUMOTO, T. Improvement of the *Oryza sativa* Nipponbare reference genome using next generation sequence and optical map data. **Rice**, v.6, p.4-14, 2013.

KASSAHUN, A.; SNYMAN, H.A; SMIT, G.N. Soil seed bank evaluation along a degradation gradient in arid rangelands of the Somali region, eastern Ethiopia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 129, p.428-436, 2009.

KISSMANN, K. G. *Eragrostis plana* Nees. In: Plantas infestantes e nocivas: Plantas Inferiores – Monocotiledôneas, Vol. 1 (ed. K. G. Kissmann) pp. 420–3. BASF, São Paulo, 1991.

KITA, Y.; ITO, M. Nuclear ribosomal ITS sequences and phylogeny in East Asian *Aconitum* subgenus *Aconitum* (Ranunculaceae), with special reference to extensive polymorphism in individual plants. **Plant Systematics and Evolution**, v. 225, p. 1-13, 2000.

KRAMER, P. J. Fifty years of progress in water relations research. **Plant Physiology**, v. 54, n. 4, p. 463-471, 1974.

KRON, P.; SUDA, J.; HUSBAND, B.C. Applications of flow cytometry to evolutionary and population biology. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 38, p. 847–876, 2007.

KUMAR, A.; BENNETZEN, J. Plant Retrotransposons. **Annual Review of Genetics**. v. 33, p. 479-532, 1999.

LEE, H.S.; AIM, S.N.; SASAKI, K.; CHUNG, N.J.; CHOI, K.S.; SATO, T. Identification of molecular markers for photoblastism in weedy rice. **Korean Journal of Breeding Science**, v. 42, p. 144-150, 2010.

LEITCH, I.J.; BENNETT, M.D. Genome size and its uses: the impact of flow cytometry. Flow cytometry with plant cells: analysis of genes, chromosomes and genomes, 153–176 (Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2007).

LENNON, J.T.; JONES, S.E. Microbial seed banks: the ecological and evolutionary implications of dormancy. **Nature reviews microbiology**, v. 9, p. 119-130, 2011.

LISBOA, C.A.V.; MEDEIROS, R.B.D.; AZEVEDO, E.B.D.; PATINO, H.O.; CARLOTTO, S.B. Poder germinativo de sementes de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Ness) recuperadas em fezes de bovinos. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 38, p. 405-410, 2009.

LOCKWOOD, J.L.; CASSEY, P.; BLACKBURN, T. The role of propagule pressure in explaining species invasions. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, p.223-228, 2005.

LOCEY, K.J.; FISK, M.C.; LENNON, J.T. Microscale insight into microbial seed banks. **Frontiers in microbiology**, v. 7, p. 1-14, 2017.

LUCARDI, R.D.; WALLACE, L.E.; ERVIN, G.N. Invasion success in Cogongrass (*Imperata cylindrica*): a population genetic approach exploring genetic diversity and historical introductions. **Invasive Plant Science and Management**, v. 7, p. 59-75, 2014.

LIBRADO, P.; ROZAS, J. DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. **Bioinformatics**, v.25, p. 1452- 1452, 2009.

MACDONALD, G.E. Cogongrass (*Imperata cylindrica*) - biology, ecology, and management. **Plant Science**, v. 23, p. 367 - 380, 2004.

MACHADO, A.F.L.; MEIRA, R.M.S.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SANTOS, L.D.T.; FIALHO, C.M.T.; MACHADO, M.S. Caracterização anatômica de folha colmo e rizoma de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, v. 26, , p. 1-8, 2008.

MAIA, F.C.; MAIA, M.D.S.; BEKKER, R.M.; BERTON, R.P.; CAETANO, L.S. *Lolium Multiflorum* seeds in the soil: II. Longevity under natural conditions. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p.123-128, 2009.

MALDANER, J.; STEFFEN, G.P.K.; MISSIO, E.L.; SALDANHA, C.W.; SILVEIRA, M.T.; CONTERATO, F.I.; FLORES, R.; DE MORAIS, R.M. Variations in luminosity, temperature and osmotic potential affect the *Eragrostis plana* germination. **Agrociencia Uruguay**, v.23, p. 1-7, 2019.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: ABRATES, Londrina, 659p, 2015.

MEDEIROS R.B.; PILLAR, V.P.; REIS, J.C.R. Expansão de *Eragrostis plana* Nees. (Capim-Annoni-2) no Rio Grande do Sul e indicativos de controle In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL – GRUPO CAMPOS, 30., 2004, Salto, Uruguai. **Memorias...** Salto: Universidad de la Republica, 2004b. p.211-212.

MEDEIROS, R. B.; SAIBROS, J. C.; FOCHT, T. Invasão de capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) no Bioma Pampa do Rio Grande do Sul. In: *Campos Sulinos – Conservação E Uso Sustentável Da Biodiversidade* (eds V. P. Pillar, S. C. Müller, Z. M. S. Castilhos & A. V. A. Jacques) pp. 319–30. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2009.

MEDEIROS, R.B.; FOCHT, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 13, p. 105–14, 2007.

MEDEIROS, R.B.D.; FOCHT, T.; MENEGON, L.L.; FREITAS, M.R. Seed longevity of *Eragrostis plana* Nees buried in natural grassland soil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.561-567, 2014.

MEDEIROS, R.B.; PILLAR, V.P.; REIS, J.C. L. Expansão de *Eragrostis plana* Nees (capim-annoni) no Rio Grande do Sul e indicativos de controle. Reunión del grupo

técnico regional del Cono Sul en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical. **Grupo Campos**, v. 20, p. 208–211, 2004.

MENALLED, F.D.; GROSS, K.L.; HAMMOND, M. Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. **Ecological Applications**, v. 11, p. 1586–1601, 2001

MICHEL, B.E.; KAUFMANN, M.R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v. 51, p. 914–916, 1983

NEI, M. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York. 1987.

NEI, M.; TAJIMA, F. DNA polymorphism detectable by restriction endonucleases. **Genetics**, v. 97, p. 45-163, 1981.

NONOGAKI, H.; BASSEL, G.W.; BEWLEY, J.D. Germination – still a mystery. **Plant Science**, v. 179, p.574-581, 2010.

NORRIS, J.L.; SHAW, D.R.; SNIPES, C.E. Weed control from herbicide combinations with three formulations of glyphosate. **Weed Technology**, v. 15, p. 552-558, 2001.

NOVAK, S.J.; MACK, R.N. Genetic variation in *Bromus tectorum* (Poaceae): Comparison between native and introduced populations. **Heredity**, v. 71, p. 167–176, 1993.

OGG, J.R., A. G.; SEEFELDT, S.S. Characterizing traits that enhance the competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum*) against jointed goat grass (*Aegilops cylindrica*). **Weed Science**, v. 47, p. 74-80, 1999.

OLIVEIRA, R. P.; NOVELLI, V. M.; MACHADO, M. A. Freqüência de híbridos em cruzamento entre tangerina ‘Cravo’ e laranja ‘Pêra’: análise de marcadores morfológicos e RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1895-1903, 2000.

OLIVEIRA, M.F.; SILVA, A.A.; NEVES, J.C.L. Influência do tamanho do agregado e do nível de umidade do solo na atividade do flumioxazin. **Revista Ceres**, v. 45, p. 81-87, 1998.

PATANÈ, C.; CARVALLARO, V.; CONSENTINO S.L. Germination and radicle growth in unprimed and primed seeds of sweet sorghum as affected by reduced water potential in NaCl at different temperatures. **Industrial Crops and Products**, v. 30, p. 1-8, 2009.

PATANÈ, C.; TRINGALI, S. Hydrotime analysis of Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun) seed germination under different temperatures. **Journal of agronomy and crop science**, v. 197, p. 94-102, 2011.

PICCININI, F.; PASTORI, T.; TEDESCO, S. B.; PEREZ, N. B. Determinação do número de cromossomos de *Eragrostis plana* Nees, invasora dos campos sulinos. In: Congresso brasileiro de genética, 55., 2009, Águas de Lindóia, SP. **Resumos...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2009.

PEREZ, N. B. Método integrado de recuperação das pastagens MIRAPASTO: foco capim-annoni. Embrapa, 24 p., 2015.

PEREZ, N.B.; MARTINS, L.A.; TRENTIN, G. Plantas indesejáveis em pastagem: eficiência do controle de *Eragrostis plana* Ness em pós florescimento, sob diferentes formas de aplicação do herbicida glifosate com a máquina Campo Limpo. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém, PA.

PEREZ, N. B. Controle de plantas indesejáveis em pastagens: uso da tecnologia campo limpo. **Comunicado Técnico**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2010.

PEREZ, N. B. Aplicador manual de herbicida por contato: enxada química. **Comunicado Técnico**. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2008.

PIVELLO, V.R.; SHIDA, C.N.; MEIRELLES, S.T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 8, p. 1281–94, 1999.

PLUE, J.; DE FRENNE, P.; ACHARYA, K.; BRUNET, J.; CHABRERIE, O.; DECOCQ, G.; DIEKMANN, M.; GRAAE, B.J.; HEINKEN, T.; HERMY, M.; KOLB, A.; LEMKE, I.; LIIRA, J.; NAAF, T.; VERHEYEN, K.; WULF, M.; COUSINS, S.A.O. Where does the community start, and where does it end? Including the seed bank to reassess forest herb layer responses to the environment. **Journal of Vegetation Science**, v. 28, p. 424–435, 2017.

PLUE, J.; DE FRENNE, P.; ACHARYA, K.; BRUNET, J.; CHABRERIE, O.; DECOCQ, G.; DIEKMANN, M.; GRAAE, B.J.; HEINKEN, T.; HERMY, M.; KOLB, A. Climatic control of forest herb seed banks along a latitudinal gradient. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, p. 1106-1117, 2013.

PROBERT, R.J.; DAWS, M.I.; HAY, F.R. Ecological correlates of ex situ seed longevity: a comparative study on 195 species. **Annals of Botany**, v.104, p.57-69, 2009.

RAMBAUT, A.; DRUMMOND, A.J.; XIE, D.; BAELE, G.; SUCHARD, M.A. Posterior summarisation in Bayesian phylogenetics using Tracer 1.7. **Systematic Biology**, v. 67, n. 5, p. 901-904, 2018.

RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. Caracterização morfológica: experiência do BAG de cucurbitáceas da Embrapa Semi-Árido, com acessos de abóbora e moranga. **Horticultura Brasileira**, v. 17, p. 9-12, 1999.

RAMOS-ONSINS, S. E.; ROZAS, J. Statistical properties of new neutrality tests against population growth. **Molecular Biology and Evolution**, v.19, p.2092-2100, 2002.

REID, C.; D.J. ROSEN, R.; CARTER, AND P.M. PETERSON. *Eragrostis plana* (Poaceae) new to Texas. **Phytoneuron** v. 5, p. 1–3. 2015

- REIS, F.C.D.; TORNISIELO, V.L.; CASON, J.B.; DIAS, A.C.R.; FREITAS, M.; SOTOMAYOR, J.F.; BARROSO, A.A.; FILHO, R.V. Uptake, translocation, and control of trumpet flower (*Tecoma stans*) with aminocyclopyrachlor. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 50, p. 727-733, 2015.
- REIS, J.C.L.; COELHO, R.W. Controle do capim-annoni-2 em campos naturais e pastagens. EMBRAPA Clima Temperado. **Circular Técnica**. Pelotas, 2000.
- REIS, J.C.L. Capimannoni-2: origem, morfologia, características, disseminação. In: Reunião regional de avaliação de pesquisa comannoni-2, 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 1993, p. 5-23.
- REISCH, C.; POSCHLOD, P.; WINGENDER, R. Genetic differentiation among populations of *Sesleria albicans* Kit. ex Schultes (Poaceae) from ecologically different habitats in central Europe. **Heredity**, v. 91, p. 519-527, 2003.
- RILEY, G.J.P. Effects of light temperature on protein synthesis during germination of maize (*Zea mays* L.). **Planta**, v. 151, p. 75-80, 1981.
- RIZZARDI, M.A.; LUIZ, A.R.; ROMAN, E.S.; VARGAS, L. Temperatura cardenal e potencial hídrico na germinação de sementes de corda-de-viola (*Ipomoea triloba*). **Planta Daninha**, v. 27, p. 13-21, 2009.
- RITZ, C.; PIPPER, C.B.; STREIBIG, J.C. Analysis of germination data from agricultural experiments. **European Journal of Agronomy**, v. 45, p. 1-6, 2013.
- RITZ, C.; STREIBIG, J.C. Biossays analysis using RJ Stat. **Softw.** v. 12, p. 1-22, 2005.
- RODGERSON, L. Mechanical defense in seeds adapted for ant dispersal. **Ecology**, v.79, p.1669-1677, 1998.
- ROMAN, E.S.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C. Simulation of *Chenopodium album* seedling emergence. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 217-224, 2000.
- ROSENTHAL, D.M.; RAMAKRISHNAN, A.P.; CRUZAN, M.B. Evidence for multiple sources of invasion and intraspecific hybridization in *Brachypodium sylvaticum* (Hudson) Beauv in North America. **Molecular Ecology**, v. 17, p. 4657-4669, 2008.
- RUCHEL, Q.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; FERNANDO, J.A.; LUEDTKE, R.; BOBROWSKI, V.L. Morphoanatomical Characterization, Chromosome Count and Pollen Viability of Glyphosate-Susceptible and Glyphosate-Resistant *Italian Ryegrass*. **Planta Daninha**, v. 33, p. 567-578, 2015.
- SARTORATO, I.; PIGNATA, G. Base temperature estimation of 21 weed and crop species. In: Proceedings 2008 of the 5th International Weed Science Congress (ed. International Weed Science Society), 274. Vancouver, Canada, 2008.
- SAKAI, W. S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain Technology**, v. 48, p. 247-249, 1973.

SANDERSON, M.A.; STOUT, R.; GOSLEE, S.; GONET, J.; SMITH, R.G. Soil seed bank community structure of pastures and hayfields on an organic farm. **Canadian Journal Of Plant Science**, v. 94, p. 621-631, 2014.

SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; PARENTE, H.N.; FERREIRA, D.J.; ALMEIDA, F.Q.; CECON, P.R. Comportamento ingestivo de eqüinos em pastagens de grama batatais (*Paspalum notatum*) e braquiariinha (*Brachiaria decumbens*) na região centro-oeste do Brasil. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1565 – 1569, 2006.

SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

SCHERNER, A.; MELANDER, B.; JENSEN, P. K.; KUDSK, P.; AVILA, L. A. Germination of winter annual grass weeds under a range of temperatures and water potentials. **Weed science**, v. 65, p. 468-478, 2017.

SCHAAL, B. A.; GASKIN, J. F.; CAICEDO, A. L. The Wilhelmine E. Key 2002 Invitational Lecture. Phylogeography, haplotype trees, and invasive plant species. **Journal of Heredity**, v. 94, p. 197-204, 2003.

SCHEFFER-BASSO, S.M.; CECCHIN, K.; FAVARETTO, A. Dynamic of dominance, growth and bromatology of *Eragrostis plana* Nees in secondary vegetation area. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, p. 582-588, 2016.

SCHEFFER-BASSO, S.M.; FAVARETTO, A.; FELINI, V.; CECCHIN, K. Growth and regrowth of tough lovegrass (*Eragrostis plana* Nees). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.286-291, 2012.

SHOEMAKER, W.R.; LENNON, J.T. Evolution with a seed bank: the population genetic consequences of microbial dormancy. **Evolutionary Applications**, v. 11, p. 60-75, 2018.

SCHUMACHER, L.L.; TEDESCO, S. B. ; ESSI, L.; PEREZ ,N. Avaliação da variabilidade genética de *Eragrostis plana* nees (poaceae) através de issrs. 69^a Reunião Anual da SBPC - 16 a 22 de julho de 2017 - UFMG - Belo Horizonte/MG - Zootecnia / Pastagens e Forragicultura, 2017.

SCHUSTER, M.Z.; PELISSARI, A.; DE MORAES, A.; HARRISON, S.K.; SULC, R.M.; LUSTOSA, S.B.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. Grazing intensities affect weed seedling emergence and the seed bank in an integrated crop–livestock system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 232, p.232-239, 2016.

SHAW, J.; LICKEY, E.B.; SCHILLING, E.E.; SMALL, R. L. Comparison of whole chloroplast genome sequences to choose noncoding regions for phylogenetic studies in angiosperms: The tortoise and the hare III. **American Journal of Botany**, v. 94, p.275-288, 2007.

SCHNABLE, P.S.; WARE, D.; FULTON, R.S.; STEIN, J.C., WEI, F.; PASTERNAK, S.; LIANG, C.; ZHANG, J.; FULTON, L.; GRAVES, T.A.; MINX, P. The B73 maize genome: complexity, diversity, and dynamics. **Science**, v. 326, p.1112-1115, 2009.

SILVA, F.M.L.; CAVALIERI, S.D.; ARALDI, R.; GIROTTO, M.; JASPER, S.P.; CORDEIRO, J.G.F.; VELINI, E.D. Eficiência fotossintética de *Brachiaria decumbens* após a aplicação de diferentes formulações de glyphosate. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE: Uso sustentável, 3., Botucatu. **Anais...** Botucatu: p. 20-22, 2011.

SMITH, R.G.; GROSS, K.L.; JANUCHOWSKI, S. Earthworms and weed seed distribution in annual crops. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 108, p.363-367, 2005.

SOARES, A.B.; PIN, E.A.; POSSENTI, J.C.; Valor nutritivo de plantas forrageiras de inverno em quatro épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, p.120-125, 2013.

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

STAKER, R.J.; OLIVER, L.R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr, and sulfentrazone. **Weed Science**, v. 46, p. 652-660, 1998.

STEINMAUS S.J.; PRATHER T.S.; HOLT J.S.; Estimation of base temperatures for nine weed species. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 275-286, 2000.

TAJIMA, F. Statistical method for testing the neutral mutation by DNA polymorphism. **Genetics**, v. 123, p. 585-595, 1989.

TAMURA, K.; STECHER, G.; PETERSON, D.; FILIPSKI, A.; KUMAR, S. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. **Molecular Biology and Evolution**, v. 30, p. 2725-2729, 2013.

TESSEMA, Z.K.; BOER, W.F.B.; BAARS, R.M.T.; PRINS, H.H.T. Influence of grazing on soil seed banks determines the restoration potential of aboveground vegetation in a semi-arid savanna of Ethiopia. **Biotropica**, v. 44, p. 211–219, 2012.

TIRYAKI, I.; KAPLAN, S.A. Enhanced germination performance of dormant seeds of *Eragrostis tef* in the presence of light. **Tropical Grasslands-Forrajés Tropicais**, v.7. p. 244-251, 2019.

TOYOMASU, T.; KAWAIDE, H.; MITSUHASHI, W.; INOUE, Y.; KAMIYA, Y. Phytochrome regulates gibberellin biosynthesis during germination of photoblastic lettuce seeds. **Plant Physiology**, v. 118, p. 1517-1523, 1998.

TSUTSUI, N.D.; SUAREZ, A.V.; HOLWAY, D.A.; CASE, T.J. Reduced genetic variation and the success of an invasive species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, p. 5948-5953, 2000.

VALLE, J.S.; FONSECA, B.K.D.; NAKAMURA, S.S.; LINDE, G.A.; MATTANA, R.S.; MING, L.C.; COLAUTO, N.B. Diversidade genética de populações naturais de pariparoba [*Pothomorphe umbellata* (L.) Miq.] por RAPD. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 47-53, 2013.

VAN LANGEVELDE, F.; TESSEMA, Z.K.; DE BOER, W.F.; PRINS, H.H.T. Soil seed bank dynamics under the influence of grazing as alternative explanation for herbaceous vegetation transitions in semiarid rangelands. **Ecological Modelling**, v. 337, p. 253–261, 2016.

VANDVIK, V.; KLANDERUD, K.; MEINER, E.; MÅREN, I.E.; TÖPPER, J. Seed banks are biodiversity reservoirs: species–area relationships above versus below ground. **Oikos**, v. 125, p. 218-228, 2016.

VARBANOVA, M.; YAMAGUCHI, S.; YANG, Y.; MCKELVEY, K.; HANADA, A.; BOROCHOV, R.; YU, F.; JIKUMARU, Y.; ROSS, J.; CORTES, D.; MA, C.J.; NOEL, J.P.; MANDER, L.; SHULAEV, V.; KAMIYA, Y.; RODERMEL, S.; WEISS, D.; PICHERSKY, E. Methylation of gibberellins by Arabidopsis GAMT1 and GAMT2. **The Plant Cell**, v. 19, p. 32–45, 2007.

VELDMAN, J.W.; MURRAY, K.G.; HULL, A.L.; GARCIA, J.M.; MUNGALL, W.S.; ROTMAN, G.B.; PLOSZ, M.P.; MCNAMARA, L.K. Chemical defense and the persistence of pioneer plant seeds in the soil of a tropical cloud forest. **Biotropica**, v.39, p.87-93, 2007.

VEGIS, A. Dormancy in higher plants. **Annual review of plant physiology**, v. 15, p. 185-224, 1964.

VIDAL, R.A.; KALSING, A.; GOULART, I.C.G.R.; LAMEGO, F.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.25, p.309-315, 2007.

VIEIRA, Jéssika Paula Silva. **Anatomia da lâmina foliar de acessos de *Paspalum stellatum* HUM. & BONPL. ex FLÜGGE (POACEAE), com diferentes tipos de ploidia**. 2014. 71 p. Dissertação (Mestrado em Botânica)–Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

VOEGELE, A.; LINKIES, A.; MÜLLER, K.; LEUBNER-METZGER, G. Members of the gibberellin receptor gene family *GID1* (Gibberellin Insensitive Dwarf1) play distinct roles during *Lepidium sativum* and *Arabidopsis thaliana* seed germination. **Journal of Experimental Botany**, v. 155, p. 1851–1870, 2011.

VOJTKÓ, A.E.; MESTERHÁZY, A.; SÜVEGES, K.; VALKÓ, O.; LUKÁCS, B.A. Changes in sediment seed-bank composition of invaded macrophyte communities in a thermal river. **Freshwater biology**, v. 62, p. 1024-1035, 2017.

WARD, S.M.; GASKIN, J.F.; WILSON, L.M. Ecological genetics of plant invasion: what do we know? **Invasive Plant Science and Management**, v. 1, p. 98-109, 2008.

WEN, B.; XUE, P.; ZHANG, N.; YAN, Q.; JI, M. Seed germination of the invasive species *Piper aduncum* as influenced by high temperature and water stress. **Weed research**, v. 55, p. 155-162, 2015.

WESTERMAN, P.R.; LIEBMAN, M.; HEGGENSTALLER, A.H.; FORCELLA, F. Integrating measurements of seed availability and removal to estimate weed seed losses due to predation. **Weed Science**, v.54, p.566-574, 2006.

WHITE, T.J.; BRUNS, T.; LEE, S.; TAYLOR, J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR Protocols: a guide to methods and applications. (Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ, eds). **Academic Press**...New York, USA: 315–322, 1990.

WU, H.; WALKER, S.; ROLLIN, M.J.; TAN, D.K.Y.; ROBINSON, G.; WERTH, J. Germination, persistence, and emergence of flaxleaf fleabane (*Conyza bonariensis* [L.] Cronquist). **Weed Biology and Management**, v.7, p.192-199, 2007.

YAMAGUCHI, H.; UTANO, A.Y.A.; YASUDA, K.; YANO, A.; SOEJIMA, A. A molecular phylogeny of wild and cultivated *Echinochloa* in East Asia inferred from non-coding region sequences of trnT-L-F. **Weed biology and management**, v. 5, p. 210-218, 2005.

YANG, J.; LOVETT-DOUST, J.; LOVETT-DOUST, L. Seed germination patterns in green dragon (*Arisaema dracontium*, Araceae). **American Journal of Botany**, v. 86, p. 1160-1167, 1999.

YAZLIK, A.; UREMIS, I. The studies on the biology of seeds and rhizomes of Johnsongrass [(*Sorghum halepense* (L.) Pers.]. **Derim**, v. 32, p.11–30, 2015.

YOSHIOKA, A.; KADOYA, T.; SUDA, S.; WASHITANI, I. Invasion of weeping lovegrass reduces native food and habitat resource of *Eusphingonotus japonicus* (Saussure). **Biological Invasions**, v. 12, p. 2789–2796, 2010.

ZENNI, R.D.; ZILLER, S.R. An overview of invasive plants in Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v.34, p.431-446, 2011.

ZHANG, Q.; YANG, R.; TANG, J.; YANG, H.; HU, S.; CHEN, X. Positive feedback between mycorrhizal fungi and plants influences plant invasion success and resistance to invasion. **PLoS one**, v. 5, p. e12380, 2010.

VITA

Fernanda Cassiane Caratti é filha de Lirio Caratti e Rosa de Abreu Caratti, nascida em 27 de dezembro de 1990, no Município de Palmitinho, Rio Grande do Sul. No ano de 2009 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus de Frederico Westphalen, onde recebeu o título de Engenheira Agrônoma em fevereiro de 2014. Mestre em Fitossanidade na área de concentração Herbologia (2015). Em 2015, iniciou o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPel.