



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - IB
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA - PPGBOT
LINHA DE PESQUISA: Germinação, Fenologia e Crescimento de Plantas do Cerrado

Cristiele dos Santos Souza

O Microclima da Campos secos e Campos úmidos e seus Impactos na Capacidade Germinativa de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientador: Dr. Fabian Borghetti

Coorientador: Dr. Eduardo R. M. Barbosa

Local: Auditório do Laboratório de Termobiologia

Data: 28 de Fevereiro de 2019

Horário: 14:00 h

Brasília, 28 de Fevereiro de 2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - IB
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA - PPGBOT

Cristiele dos Santos Souza

Matrícula: 17/0083225

**O Microclima da Campos secos e Campos úmidos e seus Impactos na
Capacidade Germinativa de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado**

Banca Examinadora:

Dr. Fabian Borghetti

Presidente da banca

Dra. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz

Membro da banca (BOT-UnB)

Dr. José Francisco Montenegro Valls

Membro da banca (Embrapa-Cenargen)

Dra. Sarah Christina Caldas Oliveira

Suplente (UnB)

Brasília, 28 de Fevereiro de 2019

Dedico primeiramente a Deus por despertar em mim o desejo de um sonho exequível e, posteriormente, aos meus pais por serem a força que me impulsiona.

“O desejo é a chave para a motivação, mas são a determinação e o comprometimento com uma perseguição implacável de seu objetivo que vão permitir que você alcance o sucesso que procura”.

Mario Andretti

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me fazer um ser sonhador e determinado que luta por seus objetivos sem pensar em desistir.

Aos meus pais, Pedro e Cida, que apesar de não terem tido oportunidades de estudo sempre me incentivaram e estiveram comigo diante de qualquer dificuldade. Obrigada por se orgulharem de cada pequena conquista em minha vida!

Aos meus professores do If goiano-Campus Ceres: Cleiton Mateus, Thiago Qualhato e Daniela. Obrigada pelo incentivo!

Ao meu querido orientador, Fabian Borghetti, por ser um profissional inspirador e humano que sempre me corrigiu de maneira tão sensata que jamais me fez sentir incapaz mas, pelo contrário, me instigou a querer ir além. Apesar da distância que passamos durante a maior parte da execução deste trabalho, sempre me ajudou e orientou.

Ao meu coorientador e amigo Eduardo. Obrigada pela ajuda na estatística e por cada conversa valiosa tanto pessoal quanto profissional.

À Desirée que me acolheu no laboratório e forneceu todo suporte profissional que eu precisava no início. Obrigada pela paciência e dedicação. Pode ter certeza que aprendi muito com você!

Agradeço aos professores que contribuíram para melhoria da versão prévia desta dissertação durante as bancas de defesa de projeto, qualificação e final: professor Valls, Cristiane e Cássia.

Agradeço também à professora Regina pelo auxílio na identificação das espécies estudadas.

Agradeço as minhas amigas de vida: Daianny e Dalila por sempre acreditarem no meu potencial e por me ouvirem sempre que precisei. A minha querida amiga Bianca, à qual devo esse título.

Agradeço ao Welton por toda a ajuda inicial, pela estadia, companherismo e amizade, me acalmando quando eu estava desesperada.

Aos profissionais e amigos do Laboratório: Dona Odete, Salete, Sr. Franciso, Sr. Manuel e Sr. Daniel. Muito obrigada pela convivência harmoniosa! À Anabele, muito mais que uma técnica, uma companheira de campo e de vida. Muita obrigada por toda ajuda pessoal e com meu trabalho!

Aos amigos que fiz nos bastidores do mestrado: Judith, Laísa, Adalgisa, Mayla, Fernanda, Edna, Tâmara, Karen, Daniela, Jéssica, Lorrane, Renan, Mônica, Wagner e Matheus. Obrigada

por cada momento compartilhado, por cada sorriso arrancado, por terem tornado essa caminhada mais leve.

Ao meu companheiro e amigo Diego, por compartilhar comigo momentos de estudo e dedicação.

Muito obrigada a todos! Sou muito grata por cada sementinha do bem que plantaram em mim... Esta etapa se encerra aqui, mas os levarei comigo na caixinha de boas lembranças dessa fase tão especial na minha vida, que me proporcionou tanto crescimento.

RESUMO

A savana brasileira, conhecida localmente como Cerrado, é caracterizada pela formação de um mosaico paisagístico composto por diversos tipos de formações campestres, savânicas e florestais que constituem o segundo maior bioma brasileiro. O Cerrado distribui-se predominantemente pela porção central do país, estando submetido à precipitação sazonal e queimadas, com intensidade e frequência distinta a depender da fisionomia. A sazonalidade pode se manifestar também no potencial hídrico do solo, distinguindo, por exemplo, entre campos sujos secos (*dry grasslands*) e campos sujos úmidos (*wet grasslands*). Devido a altura do lençol freático, os solos de campos sujos úmidos se mantêm úmidos até mesmo na estação seca, atingem temperaturas mais baixas e as queimadas são de menor intensidade quando comparado aos campos sujos secos. Visto que o ambiente de ocorrência das espécies pode exercer influência sobre as características germinativas de suas sementes, objetivou-se verificar em condições laboratoriais se a germinabilidade, viabilidade e o tempo médio de germinação de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e em campos sujos úmidos, comparando populações submetidas a passagem de fogo recente ou não, diferem quando submetidas a distintos tratamentos de potenciais osmóticos e de temperatura. Para tanto, coletou-se sementes de onze espécies de gramíneas nativas do Cerrado, sendo cinco delas oriundas de campos sujos úmidos e seis de campos sujos secos, das quais três espécies da primeira fisionomia e duas da segunda são advindas de populações submetidas à queimada no mesmo ano de coleta. Fez-se testes de germinabilidade, viabilidade e tempo médio de germinação das sementes submetidas a gradientes de potenciais osmóticos (-0.2, -0.4, -0.6, -0.8 e -1.0 MPa) associados a temperatura atual (17/27°C) e projetada para o futuro (23/33°C). As sementes de espécies de campos sujos secos apresentaram maior percentual de viabilidade com germinação espalhada ao longo do tempo sob os tratamentos de potenciais osmóticos associado ao regime térmico atual, enquanto sementes de espécies de campos sujos úmidos, mantidas nas mesmas condições, apresentaram redução acentuada no percentual de viabilidade à medida que os potenciais osmóticos se tornavam mais negativos, entretanto, os efeitos foram reduzidos quando as sementes foram oriundas de áreas queimadas. Em temperatura projetada para o futuro o tempo médio de germinação e a viabilidade de sementes de ambas as fisionomias reduziu. Os resultados mostraram que, em condições atuais, sementes de campos sujos secos apresentam maior tolerância ao déficit hídrico, demonstrando a influência das características do ambiente de origem das espécies na germinação de suas sementes, e que o déficit hídrico resultará em maior impacto na dinâmica populacional de espécies de campos sujos úmidos, mas aparentemente com menor influência sobre aquelas submetidas a evento de fogo anterior à produção das sementes. Contudo, o aumento de temperatura poderá influenciar a estratégia germinativa de sementes de campos sujos secos, devido à redução do tempo de germinação, podendo ocasionar o estabelecimento de plântulas fora do período de condições favoráveis em ambientes com sazonalidade acentuada. Assim, ressalta-se que o aumento de temperatura e diminuição da precipitação resultará em impactos para a dinâmica de espécies de ambas as fisionomias.

Palavras-chave: germinação; potencial osmótico; temperatura; gramíneas; mudanças climáticas.

ABSTRACT

The Brazilian savanna, locally known as Cerrado, is characterized by the presence of a landscape mosaic composed by grasslands, savanna and forest types. This biome spreads mostly over the central portion of the Brazilian territory, and it is subjected to seasonal precipitation and periodical fire events, which intensity and frequency depend on the physiognomy. Seasonality may also manifest in soil water availability, leading to differentiation between dry grasslands and wet due to the deepness of the grasslands. Due to the deepness of the water table, wet grassland soils remain moist have lower temperature during the dry intensity season. Besides, wet grassland present lower soil temperatures and fires have lower temperature intensity when compared to other physiognomies such as dry grasslands. Considering the differences in microclimate between physiognomies, and their direct impacts on seed banks, the objective of this study was to verify in laboratory conditions whether the germinability, viability and the average germination time of seeds of native grasses occurring in dry and wet grasslands, and subjected or not to a natural fire event, differ when submitted to different treatments of osmotic potentials and of temperature. Seeds of eleven grass species were collected, five of them from wet grasslands and six from dry grasslands, of which three species from the first physiognomy and two from the second were from populations subjected to fire event. Experimental subjected treatments were set up to test germinability, viability and average germination time subjected to different osmotic potentials (-0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa) associated with the current predicted under the current temperature regime, seeds of temperature (17/27°C) and designed for the future (23/33°C). Under the current temperature regime, seeds occurring in dry grasslands species showed greater viability and germination more spread over time than wet grasslands while seeds of wetland species maintained under the same conditions showed a marked reduction in viability as the osmotic potentials became more negative. These effects were reduced among seeds viability as the osmotic potentials became more negative, and the effects were minimized when predicted seeds collected in burned areas. At predicted future temperature the germination time and seed viability of both physiognomies were reduced. The results showed that, under current conditions, dry grasslands seeds present greater tolerance to water deficit, showing the influence of the environment on the germination of their seeds. Also, water deficit will likely result in a greater influence on the population dynamics of species of wet grasslands, but apparently with less impact on those subjected to fire prior to seed production. However, the increase in temperature may influence the germination strategy of dry reduction grasslands seeds, due to the reduction of the germination time, which may lead to the establishment of seedlings outside the period of favourable conditions in environments with marked seasonality. Thus, it is emphasized that the increase in temperature and decrease of precipitation will result in impacts to the dynamics of species of both physiognomies.

Keywords: germination; osmotic potential; temperature; grasses; climate changes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de espécies investigadas no presente estudo, fisionomia de ocorrência, histórico de passagem de fogo recente, local, mês e ano de coleta das sementes-----9

Tabela 2 - Média e desvio padrão em cada temperatura de incubação dos potenciais hídricos (MPa) mantidos em temperatura alternante de 17 e 27°C, e concentrações de soluto (PEG 6000) utilizadas para preparar as soluções-----12

Tabela 3 - Média e desvio padrão em cada temperatura de incubação dos potenciais hídricos (MPa) mantidos em temperatura alternante de 23 e 33°C, e concentrações de soluto (PEG 6000) utilizadas para preparar as soluções-----13

Tabela 4 - Percentual de germinação (G), de viabilidade (V) e tempo médio de germinação (Tm) em horas de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado mantidas em potenciais osmóticos acondicionados em temperatura atual (Present WP) e projetada para o futuro (Future WP)-----16

Tabela 5 - Resultado da análise de variância (ANOVA) sobre a influência dos fatores potencial hídrico, fogo, fisionomia e temperatura, e suas interações, na porcentagem de germinação de sementes de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e em campos sujos úmidos com registro de passagem de fogo recente ou não-----21

Tabela 6 - Resultado da análise de variância (ANOVA) sobre a influência dos fatores potencial hídrico, fogo, fisionomia e temperatura, e suas interações, no tempo médio de germinação de sementes de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e campos sujos úmidos com registro de passagem de fogo recente ou não-----24

Tabela 7 - Resultado da análise de variância (ANOVA) sobre a influência dos fatores potencial hídrico, fogo, fisionomia e temperatura, e suas interações, na viabilidade de sementes de

gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e campos sujos úmidos com registro de passagem de fogo recente ou não-----31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Efeito de diferentes potenciais hídricos e de regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) na porcentagem de germinação (%) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----22

Figura 2 - Efeito de diferentes potenciais hídricos e de regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----25

Figura 3 - Efeito da interação entre fogo e fisionomia no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, mantidas sob diferentes potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----26

Figura 4 - Efeito da interação entre fogo e fisionomia no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos:

Aristida recurvata, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, mantidas sob diferentes potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----27

Figura 5 - Efeito da interação dos regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) e fisionomia no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, mantidas sob diferentes potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----28

Figura 6 - Efeito da interação dos regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) e fisionomia no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, mantidas sob diferentes potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----29

Figura 7 - Viabilidade de sementes (%) de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, após o término dos tratamentos de potenciais hídricos e de regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----32

Figura 8 - Efeito da interação entre fogo e fisionomia na viabilidade (%) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida*

recurvata, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, após o término dos tratamentos de potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----33

Figura 9 - Efeito da interação entre fogo e fisionomia na viabilidade (%) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, após o término dos tratamentos de potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão)-----34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo Geral	7
2.2. Objetivos Específicos	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Áreas de Coleta	8
3.2. Espécies com Sementes Coletadas e Características Botânicas	8
3.3. Delineamento Experimental	10
3.3.1. Experimento de Germinação de Sementes sob Diferentes Potenciais Hídricos e em Regime Térmico Atual	13
3.3.2. Experimento de Germinação de Sementes sob Diferentes Potenciais Hídricos e em Regime Térmico Projetado para o Futuro	14
3.4. Medidas de Germinação	14
3.5. Análises Estatísticas	15
4. RESULTADOS	16
5. DISCUSSÃO	35
5.1. Efeitos do Déficit Hídrico na Germinação de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado	35
5.2. Efeitos de Regimes Térmicos na Germinação de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado	37
5.3. Efeitos da Passagem de Fogo nas Fisionomias na Germinação de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado	39
5.4. Mudanças do Clima e Possíveis Impactos nas Fisionomias Campos sujos secos e Campos sujos úmidos	41
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
7. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

As savanas são biomas caracterizados pela ocorrência de um mosaico paisagístico, em que observa-se um estrato herbáceo contínuo e uma vegetação arbórea esparsa (Scholes e Archer, 1997; Wiegand et al. 2005). Em algumas savanas pode ocorrer também fragmentos de formações florestais, onde há pouca ou nenhuma ocorrência de espécies herbáceas, podendo formar um dossel contínuo (Sarmiento, 1992). O clima em savanas é caracterizado pela ocorrência de um ciclo anual de estações chuvosa e seca (Sarmiento, 1984; Scholes e Archer, 1997).

Na porção central do Brasil (Eiten, 1972; Oliveira e Marquis, 2002; Ratter et al. 2003) ocorre um complexo neotropical de savanas abertas e fechadas (Oliveira Filho e Ratter, 2002), conhecido como Cerrado, que constitui o segundo maior bioma do país, cobrindo cerca de 25% do território nacional (Klink e Machado, 2005). O clima no Cerrado é sazonal e predominantemente classificado como tropical chuvoso no sistema de Köppen-Geiger (Peel et al. 2007). Ocorrem duas estações bem definidas, sendo invernos frios e secos, que vão, em geral, de abril a setembro e verões chuvosos e quentes que vão, normalmente, de outubro a março (Oliveira-Filho e Ratter, 2002; Ribeiro e Walter, 2008). As médias de temperaturas mínimas e máximas anuais ficam entre 18 e 28°C (Silva et al. 2008). Durante a estação úmida, considerada a estação de crescimento para espécies do Cerrado, inclusive gramíneas, foram verificadas médias mínimas e máximas de temperatura de 17/27°C em solos de campos sujos secos (“dados não publicados”). O padrão de distribuição do regime pluvial no Cerrado apresenta alta heterogeneidade com precipitação média anual em torno de 1500 mm, entretanto, variando de 750 a 2000 mm a depender da região (Adámoli et al. 1987; Assad, 1994).

O Cerrado apresenta, além de formações savânicas, diferentes tipos de vegetação que podem ser classificados em formações florestais e campestres (Ribeiro e Walter, 2008). Englobado nestas formações fitofisionomias são descritas e um complexo de vegetação forma um mosaico, que é determinado por fatores abióticos incluindo o clima, características do solo, regime de fogo, profundidade do lençol freático e topografia (Ribeiro e Walter, 2008; Assis et al. 2011; Rossatto et al. 2012).

Nas formações campestres, em particular, há o predomínio de vegetação rasteira, constituída por diversas herbáceas, em destaque a família Poaceae (Ribeiro e Walter, 2008). Englobado nas formações campestres, encontra-se o tipo fitofisionômico campo sujo, que é caracterizado pela ocorrência de uma vegetação arbustivo-herbáceo, constituída de gramíneas, subarbustos e arbustos esparsos (Goodland, 1971; Ribeiro e Walter, 2008).

O campo sujo pode ser subdividido em campos sujos secos e campos sujos úmidos. Os dois tipos de campos se distinguem quanto aos aspectos florísticos e as características microclimáticas (Quadro 1). Os dois tipos de campos apresentam número reduzido de espécies compartilhadas, sendo a maioria das espécies de ocorrência de um ou de outro campo (Tannus e Assis, 2004). Além disso, o primeiro ocorre em regiões mais elevadas e bem drenadas (Coutinho, 1978), em que os solos são caracterizados pela presença de um lençol freático profundo (Ribeiro e Walter, 1998) e o segundo ocorre nas porções mais baixas e propensas ao alagamento periódico (Coutinho, 1978), onde as camadas superficiais do solo, normalmente, permanecem úmidas ao longo do ano (Cianciaruso e Batalha, 2008; Fidelis et al. 2013), mesmo durante a estação seca (Sarmiento, 1984; Fidelis et al. 2013). Ramos^a et al. (2017) verificaram a distinção no potencial hídrico dos solos de campos sujos úmidos e campos sujos secos na profundidade de 2 a 3 cm durante dois meses do período seco. Os solos de campos sujos úmidos apresentaram potenciais hídricos de -0.5 MPa (junho) a -1.2 MPa (agosto), enquanto os solos de campos sujos secos apresentaram potenciais hídricos de -3.2 MPa (junho) a -5 MPa (agosto).

A água é um fator primordial para desencadear a germinação de sementes viáveis e não dormentes, devido a sua necessidade de reidratação e consequente embebição para reativar o metabolismo (Popinigis, 1985). A disponibilidade de água no solo é um fator limitante do estabelecimento e crescimento de plântulas em regiões tropicais com clima sazonal (Baskin e Baskin, 2014). Assim, a germinação de sementes em solos com potencial hídrico muito negativo dependerá em grande parte da habilidade e condições adaptativas das sementes de cada espécie (Perez et al. 2001).

O potencial hídrico pode interferir no tempo médio de germinação e na viabilidade das sementes. Ribeiro (2014) verificou perda da viabilidade de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth., *Curatella americana* L. e *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. quando submetidas a tratamentos crescentes de potenciais osmóticos de -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 e -1.0 MPa. Além disso, à medida que os potenciais hídricos se tornavam mais negativos o tempo médio de germinação aumentava. Ambientes em que as condições climáticas sofrem menos variações, sendo assim mais estáveis, propiciam uma germinação mais rápida das sementes ocorrentes nestes locais (Probert, 2000).

Os solos de campos sujos secos se apresentam com baixa umidade quando comparados aos de campos sujos úmidos (Ribeiro e Walter, 2008) e, conseqüentemente, tem potencial hídrico mais negativo, o que pode ter levado a uma pressão seletiva por espécies produzindo sementes mais aptas para germinar sob restrição hídrica, já que o ambiente de origem pode selecionar mecanismos de tolerância e estratégias de germinação espécie-específicas (Sales et

al. 2013). A distinção na disponibilidade hídrica entre solos de campos sujos secos e campos sujos úmidos pode ocasionar a diferenciação na temperatura dos solos nestes locais.

Além do potencial hídrico, a temperatura também tem grande influência na germinação das sementes (Labouriau, 1983). Sabe-se que todas as reações bioquímicas necessitam de uma temperatura adequada para seu acontecimento de maneira eficiente. Sendo a germinação resultado de uma sequência de reações bioquímicas, conseqüentemente, a temperatura gera impacto neste processo (Araújo Neto et al. 2003). A temperatura influencia tanto na porcentagem final como no tempo médio de germinação (Labouriau e Pacheco, 1978; Labouriau, 1983; Andrade e Pereira, 1994). Assim, e seguindo a mesma lógica em relação aos efeitos do déficit hídrico, esperamos que sementes de espécies ocorrentes em ambientes mais quentes tenham maior capacidade de tolerância e germinação em temperaturas mais altas que aquelas de ambientes mais frios (Labouriau, 1983).

Modelos climáticos projetam aumento da temperatura global (Hoffmann e Jackson, 2000). O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas 2014 (IPCC, 2014), dispõe de modelos que projetam para a América do Sul, um aquecimento médio até o final do século XXI, de 1 a 4°C em um cenário otimista (B1), e 2 a 6°C no mais pessimista (A2). Para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil é projetado aumento de 4 a 6°C no cenário A2, e 2 a 3°C no cenário B1. Para regiões de savanas neotropicais é projetado, além da elevação de temperatura, aumento de períodos secos dentro da estação chuvosa, extendendo os veranicos, e ocorrência de queimadas mais frequentes (Hoffmann e Jackson, 2000).

A vegetação do Cerrado está propensa a queimadas (Miranda et al. 2002) que tem ocorrência datada há mais de 30 mil anos (Salgado-Labouriau, 1997). Nos períodos mais recentes, as queimadas podem tanto ter origem natural como antrópica (Coutinho, 1990). Em geral, a primeira pode ser ocasionada por raios, durante a estação chuvosa, e a segunda, normalmente, conduzida durante o período seco (Miranda et al. 2009), com a finalidade de substituir a vegetação para fins de uso agropecuário, podendo ser também acidental (Ramos-Neto e Pivello, 2000; Pivello, 2011).

Em ecossistemas onde a ocorrência do fogo é comum, este fator pode atuar na determinação da estrutura, dinâmica e composição da vegetação (Hoffmann et al. 2012). O fogo pode influenciar no banco de sementes e gerar efeitos positivo, promovendo a germinação (Newton et al. 2006), e negativo, levando a morte das sementes (Auld e Denham, 2006). O fogo pode atuar ainda como importante filtro ambiental que exclui sementes, plântulas ou indivíduos sensíveis a temperaturas muito altas (Bond et al. 2005), que podem ocorrer desde a superfície do solo até alturas consideráveis acima desta (Miranda et al. 1993). As queimadas nos campos

sujos úmidos tendem a ser menos intensas (Schmidt et al. 2017) e as temperaturas máximas alcançadas em solos de campos sujos secos, durante uma queimada, são mais altas que em campos sujos úmidos, a 1 cm de altura do solo, com valores entre 288 a 350°C e 57 a 330°C, respectivamente (Miranda et al. 1993; Schmidt, 2011). Com isso, sugere-se que sementes de populações queimadas sejam mais tolerantes ao estresse hídrico e ao aumento de temperatura que aquelas de populações não queimadas.

Nas savanas, a família Poaceae é uma das mais representativas (Bourlière e Hadley, 1983) e, conseqüentemente, em campos sujos secos e campos sujos úmidos do Cerrado (Tannus e Assis, 2004; Munhoz e Felfili, 2006). As espécies da família Poaceae proporcionam benefícios ecológicos diversos (Filgueiras, 1986) como: promovem rápida cobertura do solo, sendo que a maioria delas são elementos naturais de vegetações primárias (Arrieta e Ortiz, 2009); possuem potencial para recuperar áreas degradadas (Aires, 2013); apresentam potencial para o forrageamento da vida silvestre e dos rebanhos de animais domésticos (Filgueiras, 1992); agem como biomassa combustível (Kauffman et al. 1994; Miranda et al. 2002), o que favorece a ocorrência de queimadas (Klink e Solbrig, 1996).

Segundo dados da Flora do Brasil, no país a família Poaceae engloba 1486 espécies que estão distribuídas em 226 gêneros, em que mais de 651 espécies ocorrem no Cerrado (Filgueiras et al. 2015), sendo cerca de 500 espécies nativas (Mendonça et al. 2008) com abundância nas formações campestres (Ribeiro e Walter, 2008). Tannus e Assis (2004) e Munhoz e Felfili (2006) destacaram, em um estudo florístico da composição de espécies vasculares em campos sujos úmidos e campos sujos secos do Cerrado, que a família Poaceae é uma das mais representativas nas duas áreas.

Apesar de sua importância e abundância, ainda faltam informações sobre a influência de fatores ambientais na germinação de sementes de gramíneas nativas do Cerrado (Zaidan e Carreira, 2008; Kolb et al. 2016). Com isso, há necessidade de obtenção de dados sobre a germinação de sementes de espécies dessa família nas condições climáticas e ambientais atuais e, buscando entender como o clima poderá modificar os padrões de vegetação, em cenários climáticos previstos para o futuro.

Assim, a capacidade de sementes germinarem sob condições de temperatura elevada e limitação hídrica é uma característica importante que auxiliará na resiliência e capacidade reprodutiva das espécies, visto que a temperatura e a disponibilidade hídrica são considerados fatores essenciais para a germinação de sementes (Bewley e Black, 1994; Baskin e Baskin, 2014). Conseqüentemente alterações nestes fatores poderão impactar a biodiversidade, tendo em vista que tal acontecimento poderá selecionar, excluir ou influenciar no recrutamento e na

subsequente dinâmica das espécies (Fay e Schultz, 2009; Ooi, 2009; Dalgleish et al. 2010). Desta maneira, estratégias de conservação devem ser desenvolvidas para responder às esperadas mudanças na distribuição, fisiologia e ecologia das espécies (Sampaio et al. 2008).

Informações sobre a regeneração de plantas em condições de mudanças climáticas previstas são urgentemente necessárias para modelar a dinâmica da vegetação e projetar como o clima poderá modificar as fitofisionomias vegetais no futuro (De Frenne et al. 2010). Desta forma, necessita-se aumentar a compreensão de como alterações climáticas futuras poderão interferir na germinação de sementes de espécies da família Poaceae, tendo em vista que a conservação da biodiversidade pode ser profundamente impactada devido a influência destas condições nas espécies e nos ecossistemas (Buckeridge, 2008).

Desta maneira, este estudo tem como objetivo verificar se a germinabilidade, viabilidade e o tempo médio de germinação de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e campos sujos úmidos, com registro de passagem de fogo recente ou não, diferem quando submetidas a distintos tratamentos de potenciais osmóticos e de temperatura. Assim, testamos as seguintes hipóteses:

- a) sementes de espécies ocorrentes em campos sujos secos apresentam maior germinabilidade quando submetidas a potenciais osmóticos mais negativos em comparação às sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos;
- b) sementes de espécies ocorrentes em campos sujos secos apresentam maior germinabilidade quando submetidas a temperaturas elevadas e prevista para o futuro em comparação às sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos;
- c) sementes de espécies ocorrentes em campos sujos secos apresentam maior viabilidade (se mantêm vivas), sendo portanto mais tolerantes a potenciais osmóticos mais negativos em comparação às sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos;
- d) sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos germinam mais rapidamente que aquelas de campos sujos secos quando submetidas a diferentes potenciais osmóticos;
- e) sementes de populações queimadas são mais tolerantes ao estresse hídrico e ao aumento de temperatura que aquelas de populações não queimadas.

A pergunta norteadora do trabalho foi a seguinte: a distinção microclimática ocorrente entre os campos sujos secos e campos sujos úmidos influencia nos parâmetros de germinação de sementes de gramíneas nativas do Cerrado, quando submetidas aos diferentes potenciais hídricos e temperaturas atual e projetada para o futuro?

Quadro 1 - Características microclimáticas de campos sujos secos e campos sujos úmidos naturais ocorrentes no Bioma Cerrado.

Características	Campos sujos úmidos	Campos sujos secos
Ocorrência	Nas porções baixas e propensas ao alagamento periódico (Coutinho, 1978).	Nas regiões elevadas e bem drenadas (Coutinho, 1978).
Lençol freático	Próximo a superfície do solo, normalmente entre 20 e 80 cm de profundidade (Cianciaruso e Batalha, 2008).	Lençol freático profundo (Ribeiro e Walter, 1998).
Potencial osmótico do solo na profundidade de 2 a 3 cm	-0.5 MPa (junho) e -1.2 MPa (agosto) (Ramos ^a et al. 2017).	-3.2 MPa (junho) e -5 MPa (agosto) (Ramos et al. 2017).
Temperatura máxima do solo durante passagem do fogo	57 a 330°C (Schmidt, 2011).	288 a 350°C (Miranda et al. 1993).
Características do solo	Solos hidromórficos e ricos em matéria orgânica (Cianciaruso e Batalha, 2008).	Solos pobres em nutrientes, ricos em alumínio e bem drenados (Fidelis et al. 2013).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Verificar em condições laboratoriais se a viabilidade, germinabilidade e o tempo médio de germinação de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e em campos sujos úmidos, comparando populações submetidas a passagem de fogo recente ou não, diferem quando submetidas a distintos tratamentos de potenciais osmóticos e de aumento de temperatura.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a viabilidade, germinabilidade e o tempo médio de germinação de sementes de espécies de gramíneas nativas ocorrentes em campos sujos secos e campos sujos úmidos sob diferentes potenciais osmóticos.
- Avaliar a germinabilidade, viabilidade e o tempo médio de germinação de sementes de gramíneas nativas ocorrentes em campos sujos secos e campos úmido sob condições de temperaturas presente e prevista para o futuro.
- Verificar se a passagem de fogo nas fisionomias, antes do período de coleta, influencia na germinabilidade, viabilidade e no tempo médio de germinação de sementes de espécies de gramíneas nativas sob diferentes potenciais osmóticos e temperaturas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Áreas de Coleta

O Bioma Cerrado, possui 2 milhões de quilômetros quadrados que estão distribuídos, principalmente, na porção central do país (Oliveira e Marquis, 2002).

As coletas de diásporos (descritos aqui como sementes) foram realizadas em duas fisionomias do Cerrado: campos sujos secos “dry grasslands” e campos sujos úmidos “wet grasslands”. Coletou-se sementes em seis áreas de campos sujos secos e cinco áreas de campos sujos úmidos, sendo duas da primeira fisionomia e três da segunda, com registro de passagem de fogo no mesmo ano de coleta.

As áreas onde foram realizadas as coletas ficam localizadas em duas áreas protegidas de Brasília: Parque Nacional de Brasília (PNB – 15°38'36.22"S e 48°00'19.75"W, 1.178m) e Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (FAL – 15°58'43.06"S e 47°56'21.41"W, 1.197m).

3.2. Espécies com Sementes Coletadas e Características Botânicas

As espécies da família Poaceae possuem caules do tipo colmo, contendo meristemas intercalares, que auxiliam na reprodução vegetativa; folhas alternas, formadas por bainha, lâmina e lígula; inflorescência do tipo espiguetas e raiz fasciculada (Longhi-Wagner et al. 2001). O fruto, denominado cariopse, é indeiscente e contém uma única semente que é dispersa, geralmente, com brácteas: lema e pálea (Filgueiras, 1986; Longhi-Wagner et al. 2001).

As coletas foram realizadas de forma aleatória, a partir de no mínimo trinta matrizes de diferentes espécies de gramíneas nativas do Cerrado, levando em consideração a disponibilidade de sementes em dispersão. Com o intuito de evitar coletas de sementes de plantas clones, delimitou-se o distanciamento entre as plantas de pelo menos 10 metros. A dispersão de sementes de espécies de gramíneas ocorre de maneira distribuída durante a estação chuvosa, no entanto pode ocorrer dispersão durante a estação seca (Almeida, 1995; Munhoz e Felfili, 2007; Ramos^b et al. 2017). Para tanto, as plantas foram monitoradas regularmente.

Coletou-se sementes de onze espécies de gramíneas nativas do Cerrado (Tabela 1), sendo cinco delas oriundas de campos sujos úmidos e seis de campos sujos secos, das quais três espécies da primeira fisionomia e duas da segunda são advindas de populações submetidas à queimada no mesmo ano de coleta. As coletas foram realizadas em diferentes meses dos anos de 2015, 2017 e 2018 (Tabela 1).

Tabela 1 - Lista de espécies investigadas no presente estudo, fisionomia de ocorrência, histórico de passagem de fogo recente, local, mês e ano de coleta das sementes.

Species	Physiognomy	Site	Fire	Collection	
				Month	Year
<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	Wet grassland	FAL		1	2017
<i>Anthenantia lanata</i> (Kunth) Benth.	Wet grassland	PNB	X	7	2017
<i>Aristida recurvata</i> Kunth	Open savanna	PNB	X	5	2017
<i>Aristida riparia</i> Trin.	Open savanna	FAL		5	2017
<i>Ctenium cirrosum</i> (Nees) Kunth	Open savanna	PNB		6	2015
<i>Gymnopogon doellii</i> Boechat & Valls	Open savanna	PNB		4/5	2015
<i>Paspalum pectinatum</i> Nees ex Trin.	Wet grassland	PNB	X	9/10	2017
<i>Paspalum polyphyllum</i> Nees ex Trin.	Wet grassland	PNB		8	2017
<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	Open savanna	FAL	X	5	2017
<i>Schizachyrium tenerum</i> Nees	Open savanna	PNB	X	5	2017
<i>Sporobolus aeneus</i> (Trin.) Kunth var. <i>angustifolius</i> (Döll) S. Denham & Aliscioni	Wet grassland	PNB		10	2017

FAL: Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília

PNB: Parque Nacional de Brasília

X: área com registro de passagem de fogo no mesmo ano da coleta

1: janeiro; 4/5: abril e maio; 5: maio; 6 junho; 7: julho; 8: agosto; 9/10: setembro e outubro

As sementes de espécies coletadas em 2015 ficaram armazenadas, devido à presença de dormência. Para as sementes de espécies coletadas nos anos de 2017 e 2018, os experimentos foram conduzidos imediatamente, quando as sementes não apresentavam dormência, e, quando as tinham, foram armazenadas a seco em sacos de papel mantidos no laboratório de termobiologia, em temperatura ambiente (18/28°C, mínima e máxima, respectivamente), com tempo de armazenamento distinto para cada espécie (Ver Aires et al. 2013 e Ramos^b et al. 2017).

Comumente as sementes de gramíneas apresentam dormência fisiológica, que pode ser quebrada com estratificação a frio ou com pós-amadurecimento a seco (Baskin e Baskin, 2014).

Por isso, antes do estabelecimento dos experimentos, foi verificado por meio da literatura a ocorrência de dormência ou não das sementes das espécies utilizadas nos experimentos e o tempo de armazenamento necessário para a quebra, caso a tivessem (Aires et al. 2013 e Ramos et al. 2016). Para aquelas espécies com ausência de informações, foram feitos testes prévios de germinação para selecionar apenas aquelas que apresentassem germinabilidade de 50% ou acima.

É frequente a ocorrência de espiguetas estéreis em gramíneas (Carmona et al. 1999). Por isso, após a coleta, os diásporos foram pressionados com pinça para separação daqueles que continham cariopses, exceto para a espécie *Sporobolus aeneus* var. *angustifolius* em que se fez a separação da semente, no momento do experimento, com a retirada do pericarpo. Nesta espécie o fruto apresenta o pericarpo mucilaginoso que, em contato com a água, libera a semente facilmente (Nicora e Rúgolo de Agrasar, 1987).

As espécies com sementes utilizadas no estudo foram coletadas e depositadas em herbário. Todos os exemplares das espécies foram depositados no Herbário da Universidade de Brasília (UB), exceto *Ctenium cirrosum* e *Gymnopogon doellii*, que foram depositados no Herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnológicos. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Termobiologia da Universidade de Brasília/ DF.

3.3. Delineamento Experimental

Neste trabalho foram realizados dois experimentos: o de germinação de sementes de gramíneas nativas do Cerrado, ocorrentes em campos sujos secos e campos sujos úmidos, sob diferentes potenciais hídricos e em temperatura atual (3.3.1.) e o de germinação em diferentes potenciais hídricos e em temperatura projetada para o futuro (3.3.2.).

Em laboratório, é possível simular potenciais osmóticos para se testar efeitos do déficit hídrico na germinação das sementes por meio de condições experimentais, utilizando soluções de Polietilenoglicol (PEG) (Santos et al. 1992). O sucesso na utilização do PEG tem sido associado à capacidade de não ser degradado, não causar toxicidade e, devido a seu tamanho molecular, não penetrar nas células (Hasegawa et al. 1984).

Nos dois experimentos, as sementes foram mantidas em placas de Petri forradas com uma folha de papel filtro umedecida com as soluções aquosas de PEG 6000 (5ml/placa) formando um gradiente de potenciais osmóticos de -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 e -1.0 MPa. Esses potenciais representam os valores observados em áreas de campos sujos secos nos meses de novembro e dezembro (Ramos^a et al. 2017), sendo comumente ocorrentes em solos do Cerrado, mesmo na estação chuvosa (Nardoto et al. 1998, Franco, 2002). O controle experimental foi

feito a partir da avaliação da germinação de sementes em água destilada. Com o intuito de manter os potenciais hídricos dos tratamentos os mais estáveis possíveis e evitar a evaporação, as placas foram envolvidas com parafilme e as soluções foram trocadas três vezes durante um total de trinta dias de experimento.

Os tratamentos, em ambos os experimentos, foram realizados com cinco repetições e vinte réplicas, totalizando cem sementes por tratamento, exceto para sementes da espécie *Schizachyrium sanguineum*, no experimento especificado no item 3.3.1. e de *Ctenium cirrosum*, *Schizachyrium tenerum* e *S. sanguineum* no experimento especificado no item 3.3.2., em que utilizou-se cinco repetições com dez réplicas, devido ao número limitado de sementes.

Os experimentos foram monitorados a cada 48 horas, durante 30 dias, usando a emergência e curvatura da radícula ou emergência do coleóptilo como critério de germinação. Após o término de cada experimento, foi realizado o teste de viabilidade das sementes não germinadas usando a solução de cloreto de tetrazólio a 1%. As sementes foram expostas a solução de tetrazólio durante 24 horas e mantidas em câmara de germinação regulada a 30°C no escuro. Considerou-se viáveis as sementes em que os embriões foram corados de vermelho ou rosa escuro (Peters, 2000), indicando estarem vivas.

Experimentos utilizando potenciais hídricos, geralmente, são feitos em temperatura constante, devido ao fato de o potencial osmótico depender não apenas da concentração do soluto, mas inclusive da temperatura (Villela et al. 1991). Entretanto, nestes ensaios, utilizou-se temperatura alternante para tentar simular o mais próximo possível o ambiente natural. No experimento especificado no item 3.3.1. utilizou-se a temperatura alternante de 17 e 27°C, no ciclo noite e dia (12 horas cada), respectivamente, e no experimento 3.3.2. utilizou-se a temperatura de 23 e 33°C, com o mesmo intervalo de tempo.

Com base nisso, fez-se a média de três verificações (Tabela 2) dos potenciais osmóticos das soluções ao fim do período em que a câmara de germinação havia permanecido na temperatura de 17°C e ao fim do período em que a câmara havia permanecido na temperatura de 27°C, para o experimento 3.3.1. Para o experimento 3.3.2. fez-se a média de três verificações (Tabela 3) dos potenciais hídricos das soluções ao fim do período em que a câmara de germinação havia permanecido na temperatura de 23°C e ao fim do período em que a câmara havia permanecido na temperatura de 33°C.

Tal procedimento foi feito para detectar oscilações do potencial hídrico das soluções em função da alternância de temperatura. Para tanto, utilizou-se o aparelho WP4C Dew point Potentiometer (Version June 20, 2014, Decagon Devices).

Tabela 2 - Média e desvio padrão em cada temperatura de incubação dos potenciais hídricos (MPa) mantidos em temperatura alternante de 17 e 27°C, e concentrações de soluto (PEG 6000) utilizadas para preparar as soluções.

Temperature	Initial water potential (MPa)	Average of water potential	SD	Concentration of solute (g/L)
27°C	-0.2	-0.20	0.02	115.072
17°C	-0.2	-0.26	0.03	115.072
27°C	-0.4	-0.41	0.06	172.891
17°C	-0.4	-0.48	0.07	172.891
27°C	-0.6	-0.65	0.08	217.543
17°C	-0.6	-0.62	0.04	217.543
27°C	-0.8	-0.84	0.07	255.285
17°C	-0.8	-0.80	0.11	255.285
27°C	-1.0	-1.36	0.29	288.583
17°C	-1.0	-1.36	0.21	288.583

Initial water potential: MPa (Mega Pascal)

SD: desvio padrão

Concentration of solute: g/L (gramas por litro)

Tabela 3 – Média e desvio padrão em cada temperatura de incubação dos potenciais hídricos (MPa) mantidos em temperatura alternante de 23 e 33°C, e concentrações de soluto (PEG 6000) utilizadas para preparar as soluções.

Temperature	Initial water potential (MPa)	Average of water potential	SD	Concentration of solute (g/L)
33°C	-0.2	-0.27	0.02	124.384
23°C	-0.2	-0.24	0.02	124.384
33°C	-0.4	-0.43	0.04	184.122
23°C	-0.4	-0.48	0.05	184.122
33°C	-0.6	-0.65	0.04	230.126
23°C	-0.6	-0.67	0.04	230.126
33°C	-0.8	-0.81	0.04	268.966
23°C	-0.8	-0.80	0.01	268.966
33°C	-1.0	-1.2	0.12	303.213
23°C	-1.0	-1.1	0.05	303.213

Initial water potential: MPa (Mega Pascal)

SD: desvio padrão

Concentration of solute: g/L (gramas por litro)

3.3.1. Experimento de Germinação de Sementes sob Diferentes Potenciais Hídricos e em Regime Térmico Atual

Para avaliar a capacidade germinativa das sementes de espécies de gramíneas nativas ocorrentes em campos sujos secos e em campos sujos úmidos, sob os diferentes potenciais hídricos e em temperatura atual, foram utilizadas soluções aquosas de Polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), em diferentes potenciais osmóticos (citados no item 3.3.), preparadas de acordo com as concentrações de soluto (Tabela 2) indicadas por Villela et al. (1991) para a temperatura média de 22°C.

As placas foram mantidas em câmaras de germinação (Eletrolab EL202/3LED) reguladas para o regime térmico simulado de 17/27°C, no ciclo noite e dia, respectivamente, sob fotoperíodo de 12 horas de luz branca (2500 lumens). Tais temperaturas representam experimentalmente as médias de temperatura mínima e máxima observadas em campos sujos

secos durante a estação úmida (“dados não publicados”), considerada a estação de crescimento para muitas espécies do Cerrado, inclusive gramíneas (Ramos ^a et al. 2017; Escobar, 2018).

3.3.2. Experimento de Germinação de Sementes sob Diferentes Potenciais Hídricos e em Regime Térmico Projetado para o Futuro

Para avaliar a capacidade germinativa das sementes de espécies de gramíneas nativas ocorrentes em campos sujos secos e em campos sujos úmidos, submetidas a temperatura projetada para o futuro (+ 6°C - cenário A2) associada a diferentes potenciais hídricos, foram utilizadas soluções aquosas de Polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) em diferentes potenciais osmóticos, preparadas de acordo com as concentrações de soluto (Tabela 3) para a temperatura média de 28°C, conforme mencionado no item 3.3.1.

As placas foram mantidas em câmaras de germinação (Marconi MA 402/1) com fotoperíodo de 12 horas de luz branca (3500 lumens). Neste ensaio as sementes foram mantidas em temperatura de 23/33°C, no ciclo noite e dia, respectivamente. Tais temperaturas simulam o aumento de 6°C, em relação a temperatura atual, previsto pelo painel IPCC 2014 para a região Centro-Oeste, em um cenário mais pessimista.

3.4. Medidas de Germinação

Após a realização dos experimentos foram calculadas a porcentagem de germinação (G) e o tempo médio de germinação (T_m), em horas, conforme Labouriau (1983):

$$G = (\sum n_i \cdot N^{-1}) \cdot 100 (\%)$$

$$T_m = (\sum n_i \cdot t_i) \cdot (\sum n_i)^{-1}$$

$\sum n_i$ = número total de sementes germinadas

N = número de sementes colocadas para germinar

n_i = número de sementes germinadas dentro de determinado intervalo de tempo

t_i = tempo de incubação

A porcentagem de germinação é resultante do total de sementes germinadas em relação à quantidade de sementes dispostas para germinar, enquanto o tempo médio de germinação corresponde a média do tempo necessário para determinado conjunto de sementes germinar (Borghetti e Ferreira, 2004).

3.5. Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas no *software* R versão 3.3 (R Core Team 2015).

Para os dois experimentos citados nos itens 3.3.1. e 3.3.2. utilizou-se a análise de variância (ANOVA) para verificar a influência das fisionomias, da passagem de fogo recente, do potencial hídrico e da temperatura nas variáveis de resposta: porcentagem de germinação (G), tempo médio de germinação (Tm) e viabilidade (V). Utilizou-se o teste Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Os dados de tempo médio não apresentaram distribuição normal e por isso utilizou-se a transformação logarítmica (log natural) antes da análise.

Foi feito o teste de correlação para verificar a vinculação da germinabilidade, tempo médio de germinação e viabilidade com os potenciais hídricos. Para tanto, desconsiderou-se os dados da espécie *Paspalum polyphyllum*, que apresentou baixo percentual germinativo até mesmo no controle (Tabela 4) e utilizou-se, nesta análise, somente espécies que apresentaram no mínimo 25% de germinação. Embora acima foi dito que selecionou-se espécies com sementes germinando igual ou acima de 50%, no momento do estabelecimento dos experimentos as sementes desta e de algumas outras espécies não atingiram este percentual (Tabela 4).

Utilizou-se o *software* SPSS (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp) para a elaboração dos gráficos.

4. RESULTADOS

As sementes de espécies que apresentaram maior germinabilidade foram: *Andropogon leucostachyus*, *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum*, sendo que as três primeiras apresentaram também maior percentual de viabilidade. A menor germinabilidade foi verificada para sementes das seguintes espécies: *Ctenium cirrosum*, *Paspalum pectinatum* e *P. polyphyllum*, sendo que esta última apresentou sementes com baixo percentual de viabilidade (Tabela 4).

As sementes de *Paspalum polyphyllum* não germinaram quando mantidas no potencial de -0.2 MPa; As sementes de *Aristida riparia* não germinaram em -0.6 MPa. As sementes das espécies *Anthenantia lanata*, *Aristida recurvata* e *Schizachyrium sanguineum* não apresentaram germinação no potencial osmótico de -0.8 MPa; As sementes de *Ctenium cirrosum* não germinaram em -1.0 MPa. Maior tempo de germinação foi verificado para sementes de *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Paspalum polyphyllum* e *Schizachyrium sanguineum* e menor tempo de germinação foi observado para sementes de *Andropogon leucostachyus* (Tabela 4).

Tabela 4 - Percentual de germinação (G), de viabilidade (V) e tempo médio de germinação (Tm) em horas de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado mantidas em potenciais osmóticos acondicionados em temperatura atual (Present WP) e projetada para o futuro (Future WP).

Species	Present WP (MPa)	G (%)	Tm (h)	V (%)	Future WP (MPa)	G (%)	Tm (h)	V (%)
	0	26	131	27	0	24	94	26
	0.23	27	176	27	0.26	24	118	24
<i>Anthenantia lanata</i>	0.45	26	251	26	0.46	22	192	22
	0.64	22	288	26	0.66	24	172	25
	0.82	0	-	0	0.81	2	480	2
	1.36	-	-	-	1.15	0	-	4
	0	90	58	90	0	61	84	61
	0.23	88	69	88	0.26	34	83	34

<i>Andropogon leucostachyus</i>	0.45	88	73	88	0.46	47	102	47
	0.64	73	95	73	0.66	35	163	37
	0.82	57	366	71	0.81	11	144	37
	1.36	27	448	38	1.15	1	384	14
	0	93	404	93	0	27	261	55
	0.23	69	524	82	0.26	0	-	12
<i>Aristida recurvata</i>	0.45	18	533	48	0.46	-	-	-
	0.64	6	656	57	0.66	-	-	-
	0.82	0	-	82	0.82	-	-	-
	1.36	-	-	-	1.15	-	-	-
	0	34	275	86	0	82	234	97
	0.23	11	463	72	0.26	7	261	57
<i>Aristida riparia</i>	0.45	1	336	81	0.46	9	427	77
	0.64	0	-	84	0.66	0	-	80
	0.82	-	-	-	0.82	-	-	-
	1.36	-	-	-	1.15	-	-	-
	0	46	191	46	0	38	121	56
	0.23	54	225	54	0.26	18	107	18
	0.45	26	369	27	0.46	20	187	24
<i>Ctenium cirrosum</i>	0.64	31	409	36	0.66	26	207	36
	0.82	7	610	14	0.82	0	-	34
	1.36	0	-	18	1.15	-	-	-
	0	67	245	67	0	60	118	62
	0.23	61	280	62	0.26	57	115	60

<i>Gymnopogon doellii</i>	0.45	42	357	49	0.46	63	203	66
	0.64	24	474	47	0.66	58	202	81
	0.82	2	528	47	0.82	14	192	64
	1.36	1	528	51	1.15	1	432	63
	0	54	78	54	0	57	55	57
	0.23	51	85	52	0.26	31	76	31
<i>Paspalum pectinatum</i>	0.45	12	80	12	0.46	52	88	52
	0.64	37	90	37	0.66	44	123	44
	0.82	23	165	23	0.82	15	74	15
	1.36	26	216	34	1.15	12	112	23
	0	3	224	3	0	2	192	2
	0.23	0	-	0	0.26	1	192	1
<i>Paspalum polyphyllum</i>	0.45	-	-	-	0.46	0	-	0
	0.64	-	-	-	0.66	-	-	-
	0.82	-	-	-	0.82	-	-	-
	1.36	-	-	-	1.15	-	-	-
	0	80	269	80	0	60	78	60
	0.23	58	328	62	0.26	36	69	36
<i>Schizachyrium sanguineum</i>	0.45	52	450	54	0.46	38	212	40
	0.64	44	456	56	0.66	26	244	30
	0.82	0	-	8	0.82	12	184	40
	1.36	-	-	-	1.15	0	-	22
	0	84	218	84	0	74	105	74

	0.23	78	246	82	0.26	52	109	52
	0.45	51	379	55	0.46	60	134	60
<i>Schizachyrium tenerum</i>	0.64	58	419	69	0.66	42	242	42
	0.82	14	521	32	0.82	14	171	38
	1.36	6	560	33	1.15	8	240	36
<hr/>								
	0	69	161	69	0	56	120	58
	0.23	65	227	65	0.26	53	104	54
<i>Sporobolus aeneus var. angustifolius</i>	0.45	43	275	44	0.46	37	223	38
	0.64	51	344	55	0.66	29	257	31
	0.82	7	309	27	0.82	1	144	32
	1.36	14	494	45	1.15	1	384	31

Present WP: média dos potenciais osmóticos mantidos em temperatura alternante atual (17/27°C)

Future WP: média dos potenciais osmóticos mantidos em temperatura alternante futura (23/33°C)

MPa: Mega Pascal

- : teste de germinação não realizado, visto que a germinabilidade foi igual a 0 no tratamento anterior

A porcentagem de germinação das sementes não apresentou diferenças estatísticas quando comparou-se a germinabilidade de sementes de espécies das fisionomias campos sujos úmidos e campos sujos secos ($p=0,085$ Tabela 5).

As sementes de espécies de ambos os campos apresentaram decréscimo na germinabilidade quando expostas a um gradiente crescente de déficit hídrico (Figura 1). Sendo portanto o potencial hídrico um fator de influência ($p<0,001$ Tabela 5), com correlação inversa entre germinabilidade e potenciais hídricos atuais ($r=-0.63$) e entre potenciais hídricos futuros ($r=-0.68$).

As sementes de espécies de populações submetidas a queimadas ($p < 0,001$ Tabela 5) atingiram maiores percentuais germinativos quando comparado às aquelas de áreas não queimadas (Figura 1). Tal comportamento foi observado para ambas as fisionomias. Não ocorreu germinação de sementes de espécies de campos sujos úmidos sem registro de passagem de fogo recente, quando mantidas em temperatura atual e nos potenciais de $-0,8$ e $-1,0$ MPa (Figura 1).

A temperatura influenciou significativamente o percentual germinativo ($p < 0,05$ Tabela 5). De modo geral, as sementes mantidas em temperatura de $17/27^{\circ}\text{C}$ (temperatura atual) apresentaram germinabilidade maior quando comparadas às aquelas mantidas em temperatura de $23/33^{\circ}\text{C}$ (temperatura futura) (Figura 1).

Interações entre potenciais hídricos, fisionomia, fogo e temperatura não foram detectadas pelas análises estatísticas (Tabela 5).

Tabela 5 - Resultado da análise de variância (ANOVA) sobre a influência dos fatores potencial hídrico, fogo, fisionomia e temperatura, e suas interações, na porcentagem de germinação de sementes de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e em campos sujos úmidos com registro de passagem de fogo recente ou não.

Factors	sum-sq	df	f-value	p-values
Physiognomy	1114.0	1	3.0572	0.08596
Fire	6502.2	1	17.8444	< 0.001
Water Potential	27793.8	5	15.2552	< 0.001
Temperature	1710.2	1	4.6935	0.03463
Physiognomy x Fire	1391.2	1	3.8179	0.05580
Physiognomy x Water Potential	1313.0	5	0.7206	0.61075
Fire x Water Potential	1110.0	5	0.6092	0.69314
Physiognomy x Temperature	338.1	1	0.9279	0.33963
Fire x Temperature	220.2	1	0.6044	0.44025
Water Potential x Temperature	1618.5	5	0.8884	0.49526
Physiognomy x Fire x Water Potential	615.0	4	0.4819	0.79214
Physiognomy x Fire x Temperature	1.0	1	0.0027	0.95893
Physiognomy x Water Potential x Temperature	469.9	5	0.2579	0.93401
Fire x Water Potential x Temperature	754.3	5	0.4140	0.83701
Physiognomy x Fire x Water Potential x Temperature	722.9	3	0.6613	0.57937

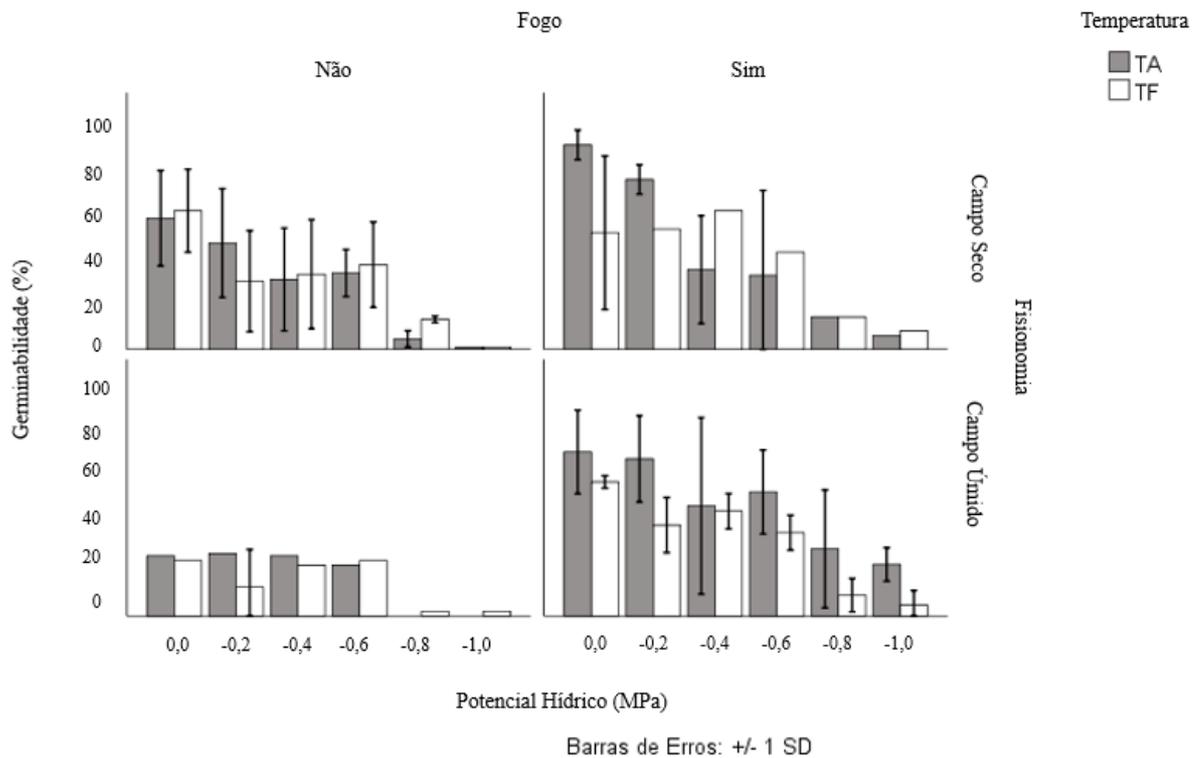


Figura 1 - Efeito de diferentes potenciais hídricos e de regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) na porcentagem de germinação (%) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujeitos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujeitos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus* var. *angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

A fisionomia de coleta das sementes apresentou diferença significativa no tempo médio de germinação ($p < 0,001$ Tabela 6). As sementes de espécies de campos sujeitos secos germinaram mais lentamente que as daquelas de campos sujeitos úmidos (Figura 2).

O potencial hídrico influenciou significativamente o tempo médio de germinação ($p < 0,001$ Tabela 6). O tempo médio de germinação aumentou juntamente com os potenciais osmóticos (Figura 2), com correlação positiva entre o tempo médio de germinação e os potenciais hídricos atuais ($r = 0,49$) e potenciais hídricos futuros ($r = 0,52$).

O tempo médio de germinação também foi influenciado significativamente pelo fogo ($p < 0,05$ Tabela 6). As sementes de espécies de campos sujeitos úmidos oriundas de populações submetidas à queimada, no geral, apresentaram germinação mais sincrônica que as oriundas

daquelas não queimadas, enquanto que para as sementes de campos sujos secos o tempo médio de germinação não sofreu grandes alterações quando oriundas ou não de áreas queimadas (Figura 3 e 4). Houve interação entre este fator e a fisionomia ($p < 0,05$ Tabela 6), em que as sementes de espécies ocorrentes em campos sujos secos, com registro de passagem de fogo recente ou não, apresentaram germinação mais lenta, ao contrário das sementes de espécies de campos sujos úmidos que germinaram de maneira mais sincrônica (Figura 3 e 4).

A temperatura também influenciou significativamente o tempo médio de germinação ($p < 0,001$ Tabela 6). As sementes incubadas em regime térmico simulando temperatura prevista para o futuro germinaram mais rapidamente quando comparado àquelas mantidas em regime térmico simulando temperatura atual (Figura 5 e 6). Houve interação significativa ($p < 0,05$ Tabela 6) entre fisionomia e temperatura, em que sementes de espécies de campos sujos úmidos germinaram mais rápido em ambos regimes térmicos (Figura 5 e 6). Entretanto, em regime térmico futuro, as sementes de campos sujos úmidos mantiveram padrão de germinação semelhante, enquanto as de campos sujos secos germinaram mais rapidamente (Figura 5 e 6).

Tabela 6 - Resultado da análise de variância (ANOVA) sobre a influência dos fatores potencial hídrico, fogo, fisionomia e temperatura, e suas interações, no tempo médio de germinação de sementes de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e campos sujos úmidos com registro de passagem de fogo recente ou não.

Factors	sum-sq	df	f-value	p-values
Physiognomy	4.5947	1	23.6717	<0.001
Fire	0.8416	1	4.3360	0.041978
Water Potential	10.4496	5	10.7672	<0.001
Temperature	6.2885	1	32.3977	<0.001
Physiognomy x Fire	1.5850	1	8.1660	0.006015
Physiognomy x Water Potential	0.9782	5	1.0079	0.481893
Fire x Water Potential	0.6572	5	0.6771	0.648557
Physiognomy x Temperature	1.9131	1	9.8561	0.002722
Fire x Temperature	0.0281	1	0.1447	0.705160
Water Potential x Temperature	1.0955	5	1.1288	0.356136
Physiognomy x Fire x Water Potential	0.3299	4	0.4849	0.789966
Physiognomy x Fire x Temperature	0.1612	1	0.8305	0.366099
Physiognomy x Water Potential x Temperature	0.2129	5	0.2193	0.952759
Fire x Water Potential x Temperature	0.2231	5	0.2299	0.947899
Physiognomy x Fire x Water Potential x Temperature	0.2379	3	0.4086	0.747439

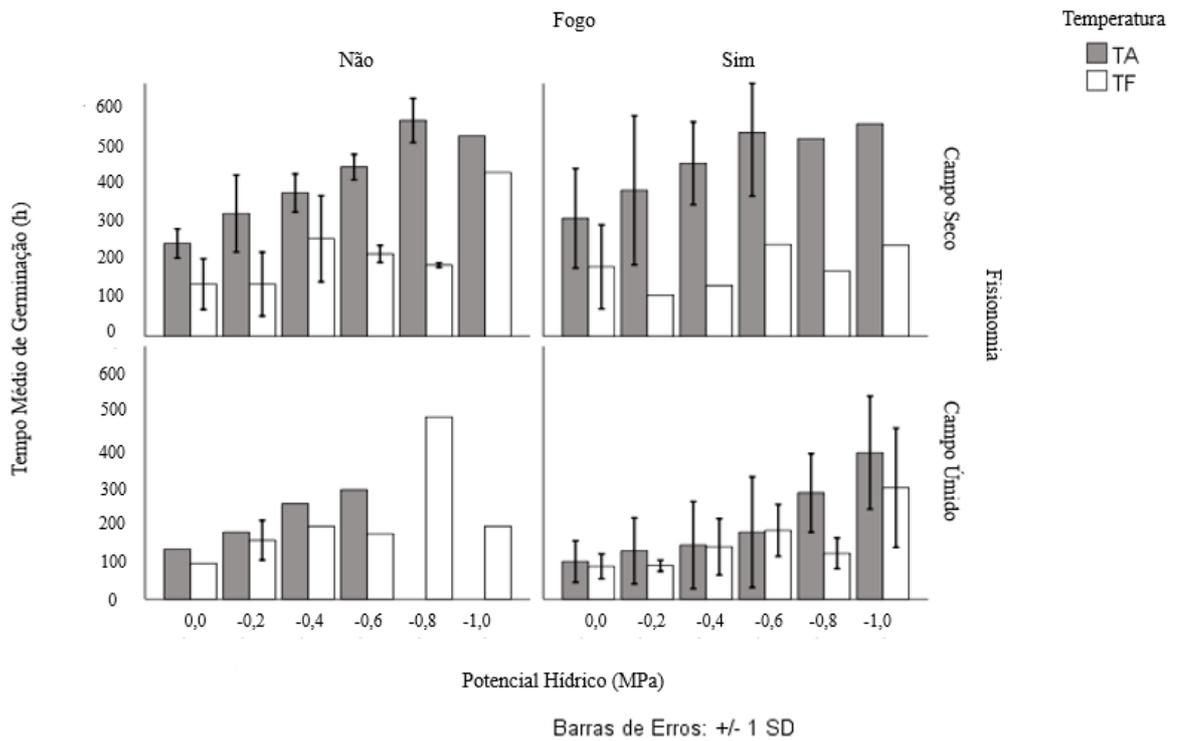


Figura 2 - Efeito de diferentes potenciais hídricos e de regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus* var. *angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

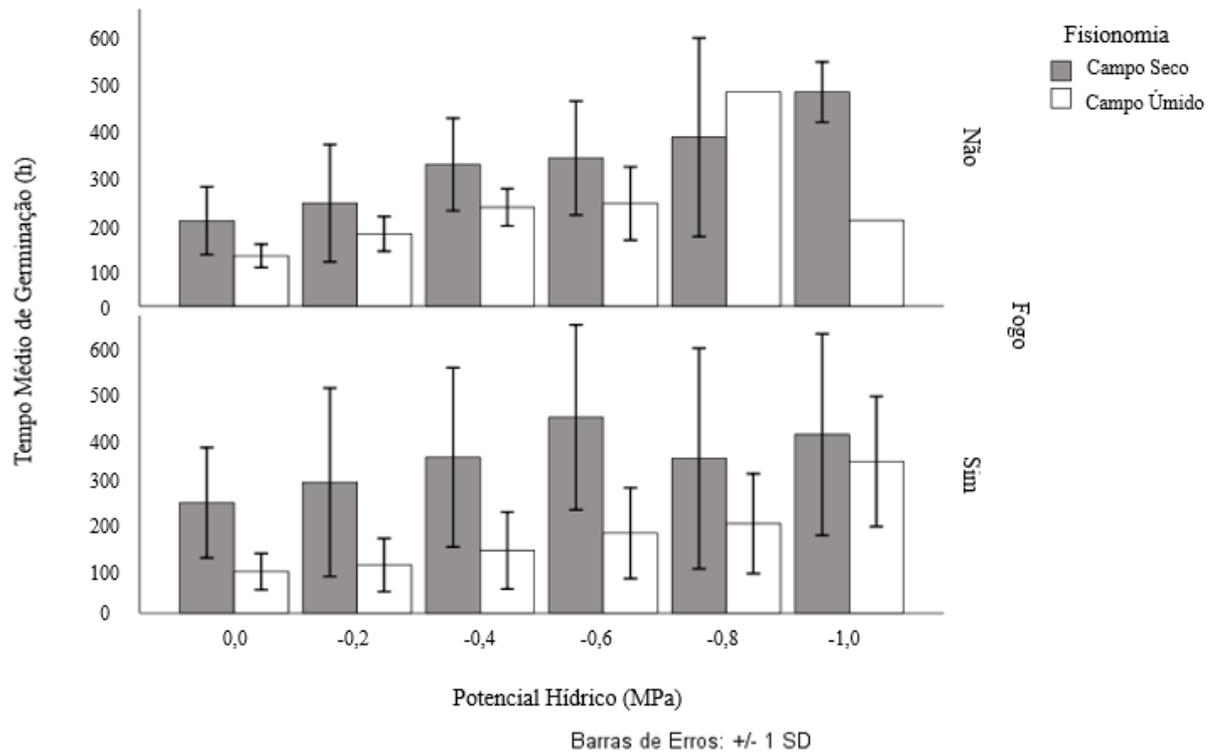


Figura 3 – Efeito da interação entre fogo e fisionomia no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus* var. *angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, mantidas sob diferentes potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

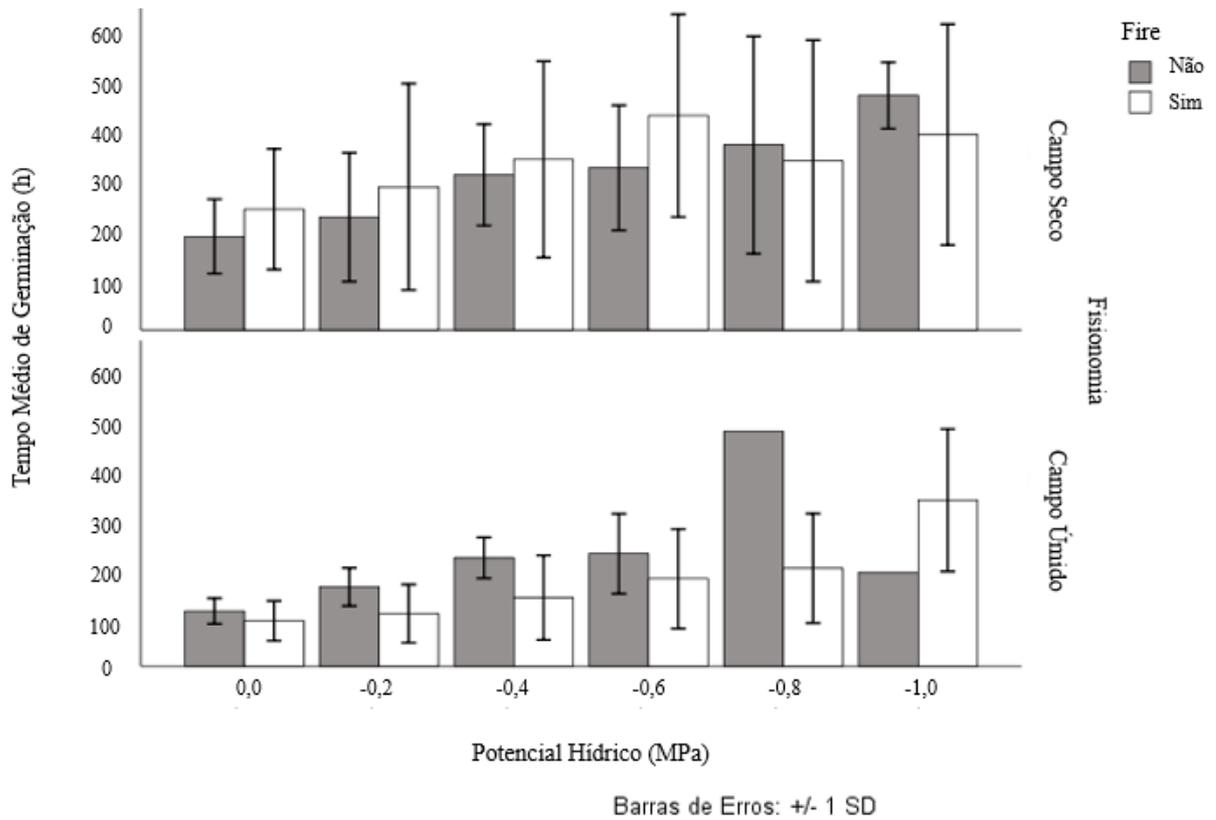


Figura 4 – Efeito da interação entre fogo e fisionomia no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus* var. *angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, mantidas sob diferentes potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

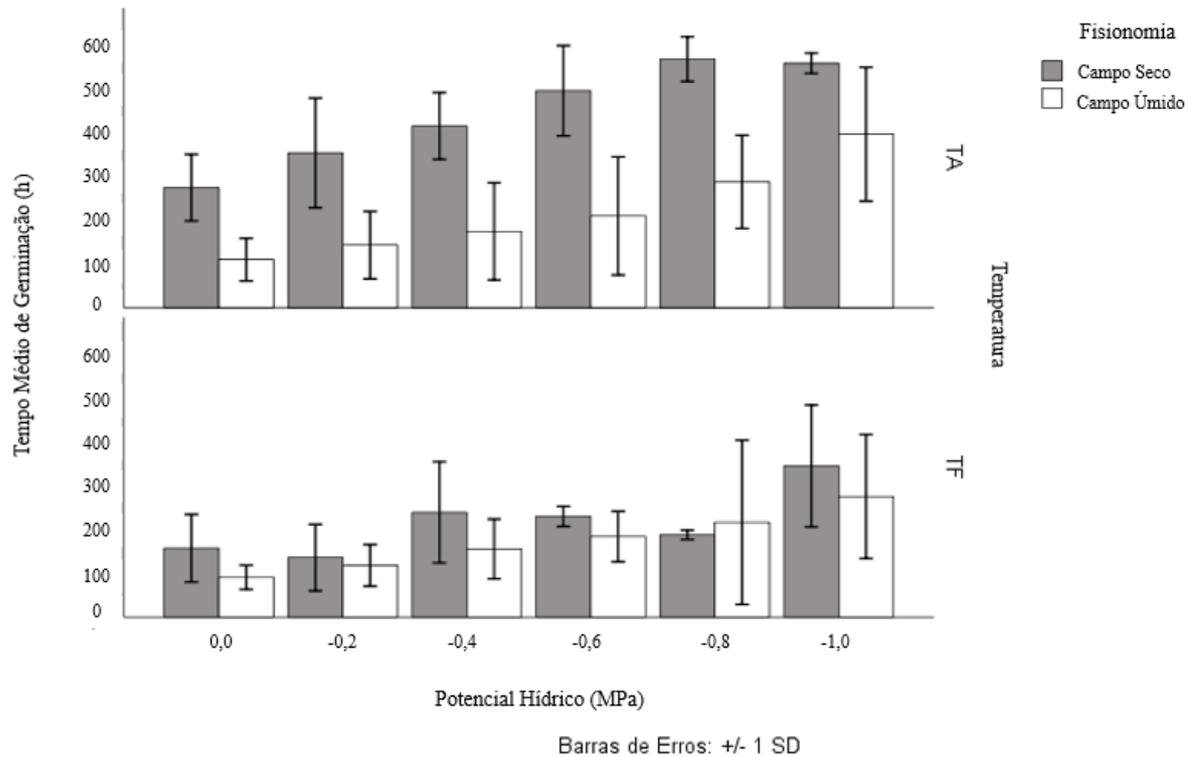


Figura 5 - Efeito da interação dos regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) e fisionomia no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, mantidas sob diferentes potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

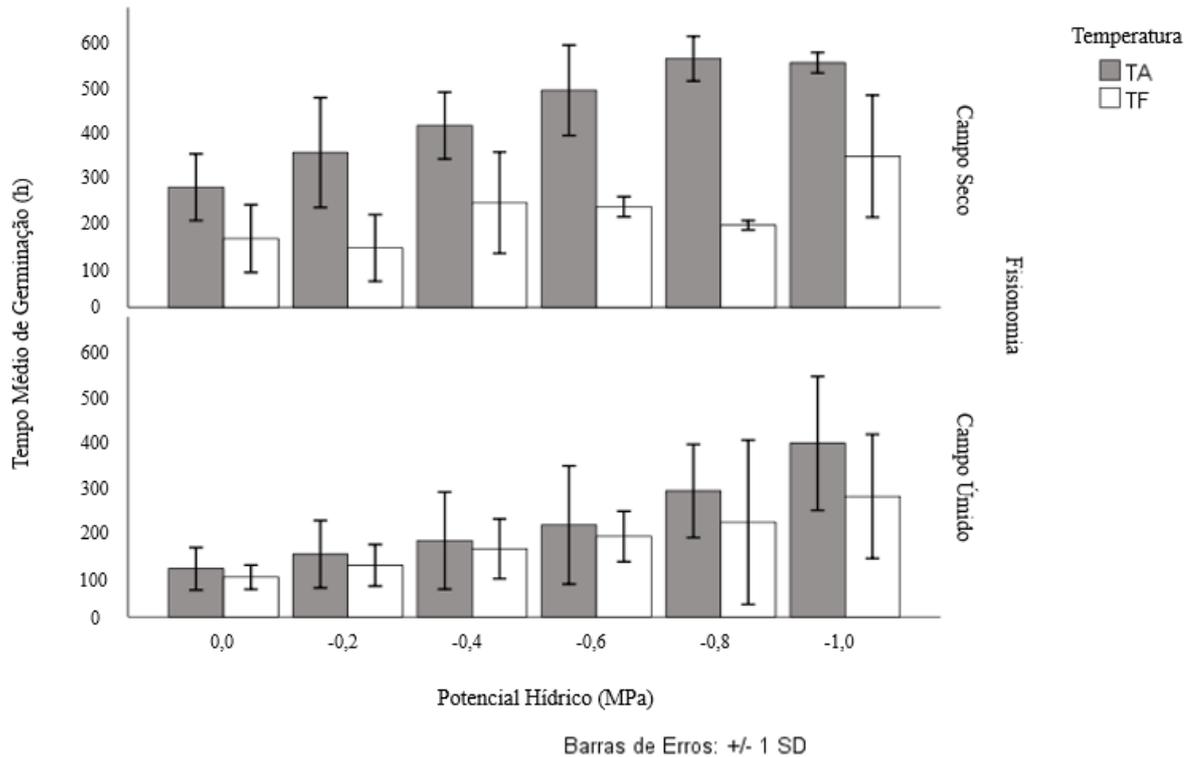


Figura 6 - Efeito da interação os regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) e fisionomia no tempo médio de germinação (h) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus var. angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, mantidas sob diferentes potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

Ao final dos tratamentos, observou-se que o potencial hídrico teve efeito significativo nos percentuais de viabilidade das sementes ($p < 0,01$ Tabela 7). De modo geral, o percentual de viabilidade decresceu à medida que os potenciais osmóticos tornaram-se mais negativos (Figura 7), com correlação inversa entre viabilidade e potenciais hídricos atuais ($r = -0.48$) e entre potenciais hídricos futuros ($r = -0.43$).

Observou-se, também, que os tratamentos térmicos se mostraram significativamente influentes na viabilidade ($p < 0,05$ Tabela 7). Ao término dos tratamentos, as sementes mantidas em regimes térmicos atuais apresentaram menor diminuição do percentual de viabilidade que aquelas mantidas em regimes térmicos futuros (Figura 7).

A fisionomia de coleta das sementes e o fato das plantas terem sido submetidas a uma queimada natural foram também determinantes da viabilidade das sementes após os tratamentos em laboratório ($p < 0,001$ Tabela 7). As sementes de espécies de campos sujos secos apresentaram maior percentual de viabilidade que aquelas de campos sujos úmidos após os tratamentos aplicados (Figura 8 e 9). Além disso, sementes coletadas em áreas submetidas a queimada natural apresentaram maior percentual de inviabilidade após os tratamentos em laboratório que aquelas coletadas em áreas sem registro de queimada recente, comportamento mais evidenciado para sementes de campos sujos úmidos (Figura 7 e 8), demonstrando uma interação entre os fatores fogo e fisionomia ($p < 0,05$ Tabela 7).

Outras interações significativas entre os fatores não foram detectadas pelas análises estatísticas (Tabela 7).

Tabela 7 - Resultado da análise de variância (ANOVA) sobre a influência dos fatores potencial hídrico, fogo, fisionomia e temperatura, e suas interações, na viabilidade de sementes de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos e campos sujos úmidos com registro de passagem de fogo recente ou não.

Factors	sum-sq	df	f-value	p-values
Physiognomy	7338.0	1	23.3228	<0.001
Fire	4053.2	1	12.8825	<0.001
Water Potential	9445.2	5	6.0040	<0.001
Temperature	1902.6	1	6.0471	0.0171031
Physiognomy x Fire	2736.3	1	8.6970	0.0046724
Physiognomy x Water Potential	545.5	5	0.3468	0.8821444
Fire x Water Potential	1394.1	5	0.8862	0.4966802
Physiognomy x Temperature	56.2	1	0.1787	0.6741811
Fire x Temperature	480.6	1	1.5275	0.2217475
Water Potential x Temperature	127.4	5	1.2252	0.3097755
Physiognomy x Fire x Water Potential	352.5	4	0.2801	0.8896214
Physiognomy x Fire x Temperature	29.9	1	0.0950	0.7590412
Physiognomy x Water Potential x Temperature	296.3	5	0.1883	0.9658130
Fire x Water Potential x Temperature	345.8	5	0.2198	0.9525265
Physiognomy x Fire x Water Potential x Temperature	149.8	3	0.1587	0.9236048

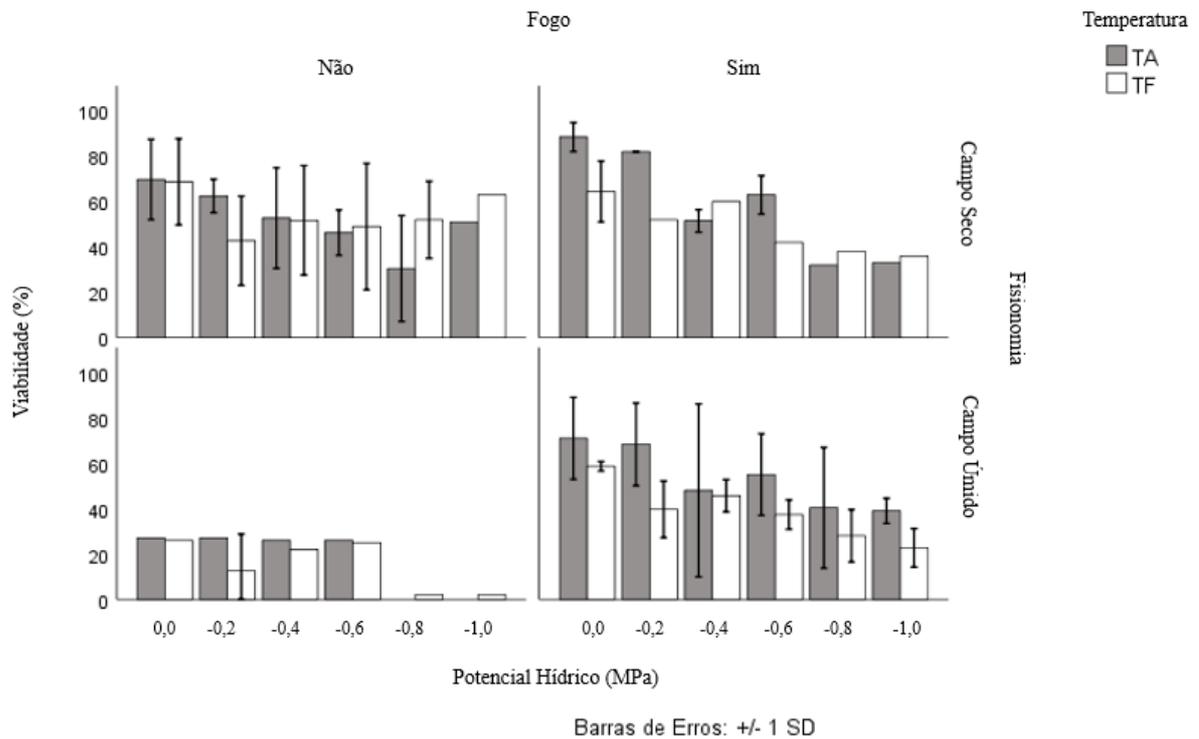


Figura 7 - Viabilidade de sementes (%) de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus* var. *angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, após o término dos tratamentos de potenciais hídricos e de regimes térmicos (temperatura atual = 17/27°C, temperatura futura = 23/33°C) (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

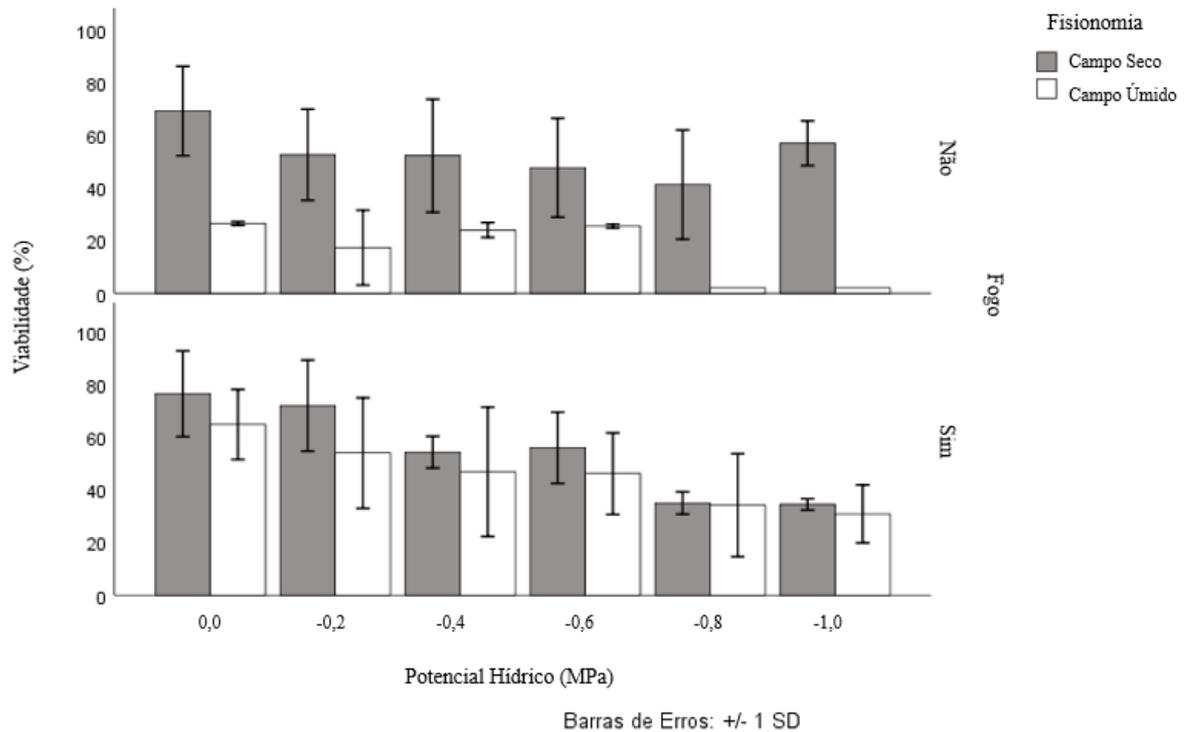


Figura 8 - Efeito da interação entre fogo e fisionomia na viabilidade (%) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus* var. *angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, após o término dos tratamentos de potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

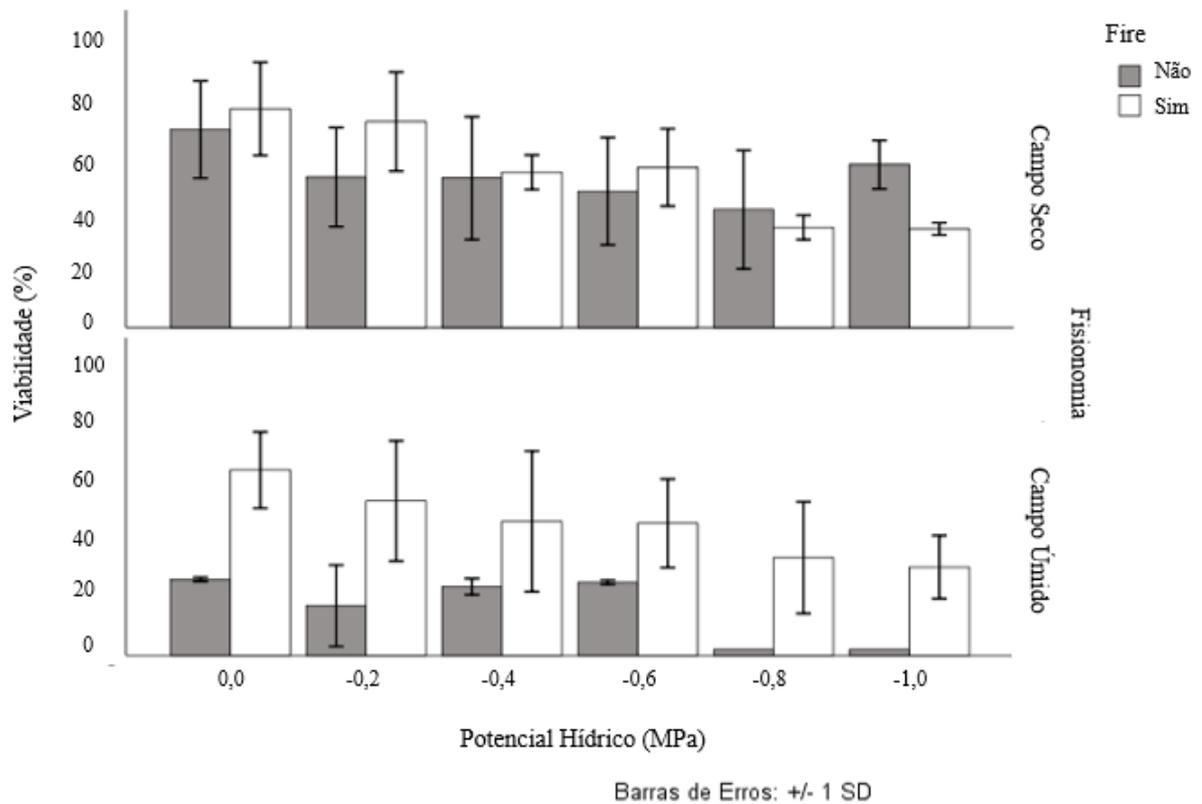


Figura 9 - Efeito da interação entre fogo e fisionomia na viabilidade (%) de sementes de espécies de gramíneas nativas do Cerrado ocorrentes em campos sujos secos: *Aristida recurvata*, *A. riparia*, *Ctenium cirrosum*, *Gymnopogon doellii*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum* e campos sujos úmidos: *Andropogon leucostachyus*, *Anthenantia lanata*, *Paspalum pectinatum*, *P. polyphyllum* e *Sporobolus aeneus* var. *angustifolius*, coletadas em áreas submetidas ou não a uma queimada natural, após o término dos tratamentos de potenciais hídricos (Barras de erro representam média \pm desvio padrão).

5. DISCUSSÃO

De maneira geral, ocorre um decréscimo na germinabilidade e viabilidade, e aumento do tempo médio de germinação de sementes de gramíneas nativas do Cerrado quando expostas a gradientes crescentes de déficit hídrico. Populações submetidas à queimada aparentemente produzem sementes mais tolerantes ao déficit hídrico, sendo este comportamento mais evidente para sementes de campos sujos úmidos. As sementes mantidas em temperatura atual apresentam germinabilidade, viabilidade e tempo médio de germinação maior quando comparadas àquelas mantidas em temperatura projetada para o futuro. Sementes de espécies de campos sujos úmidos germinam mais rápido em ambos os regimes térmicos, entretanto, em temperatura futura, as sementes de campos sujos úmidos mantêm padrão de germinação semelhante, enquanto as de campos sujos secos germinam de forma mais sincrônica.

5.1. Efeitos do Déficit Hídrico na Germinação de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado

Sob condições de déficit hídrico as sementes de espécies de campos sujos secos e de campos sujos úmidos do Cerrado apresentaram comportamento germinativo semelhante. Para as sementes de espécies de ambas as fisionomias houve redução no percentual de germinabilidade e de viabilidade em potenciais osmóticos mais negativos, além de incremento no tempo médio de germinação. Este comportamento foi observado em sementes de espécies arbóreas do Cerrado de Roraima e do Brasil Central (Ribeiro et al. 2014) e para sementes da espécie *Salsola imbricata* Forssk. mantidas em potenciais osmóticos crescentes (Zaman et al. 2010). A limitação hídrica interfere na reativação do metabolismo de sementes, através do impedimento da absorção de água influenciando na sequência de acontecimentos fisiológicos que acarretariam na germinação de sementes e posterior estabelecimento da plântula (Castro et al. 2004; Verslues et al. 2006). Isto torna a disponibilidade hídrica do solo um fator determinante da germinação (Kos e Poschlod, 2008).

A resposta germinativa das sementes mantidas em condições de déficit hídrico fornece informações sobre a adaptação das espécies (Walck et al. 2011), de maneira que aquelas ocorrentes em ambientes caracterizados pela sazonalidade hídrica, que torna os solos limitantes quanto as exigências de umidade necessárias para o recrutamento de sementes, são menos afetadas por esta condição (Kos e Poschlod, 2008), pois sementes de espécies ocorrentes em ambientes cujo solo é caracterizado pela recorrência de déficit hídrico tendem a ter maior

vantagem no recrutamento, quando comparado àquelas ocorrentes onde o déficit hídrico do solo é menor (Orsenigo et al. 2016).

A nível microclimático, a sazonalidade hídrica é mais intensa em campos sujos secos (Cianciaruso e Batalha, 2008; Fidelis et al. 2013), contudo, não foi verificada distinção na germinabilidade entre sementes de espécies de campos sujos secos e campos sujos úmidos, o que impossibilita a confirmação da hipótese formulada de que sementes de espécies ocorrentes em campos sujos secos apresentam maior capacidade germinativa quando submetidas a potenciais osmóticos mais negativos em comparação às sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos. Isto leva a sugerir que a distinção microclimática entre as fisionomias estudadas não são capazes de modular as respostas destas espécies levando a modificações relevantes à capacidade de germinação de espécies de campos mais secos sob potenciais osmóticos do solo mais negativos típicos desta fisionomia.

Em relação ao tempo médio de germinação, sementes de espécies de campos sujos secos e campos sujos úmidos apresentaram comportamento distinto. Sementes de espécies de campos sujos secos germinaram mais lentamente que daquelas de campos sujos úmidos em todos os potenciais osmóticos mantidos. Este comportamento é reportado na literatura para sementes de espécies ocorrentes em ambientes com clima imprevisível e sazonalidade hídrica (Venable, 2007; Silveira et al. 2012). Tal fato explica a germinação mais lenta de sementes de campos sujos secos, que possuem sazonalidade hídrica, a nível de microclima, mais acentuada que campos sujos úmidos (Cianciaruso e Batalha, 2008; Fidelis et al. 2013). Contudo, sementes de ambas as fisionomias aumentaram o tempo necessário para germinar quando submetidas a gradientes crescentes de déficit hídrico. Ribeiro (2014) verificaram este comportamento em sementes de espécies arbóreas do Cerrado de Roraima e do Brasil Central mantidas sob potenciais osmóticos crescentes. Este comportamento aumenta as chances de estabelecimento da plântula em período favorável (Venable, 2007; Kagaya et al. 2010). Com base nisto se comprova a hipótese de que sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos germinam mais rapidamente que daquelas de campos sujos secos quando submetidas a diferentes potenciais osmóticos.

Em potenciais osmóticos mais negativos, as sementes de espécies de ambas as fisionomias apresentaram também decréscimo no percentual de viabilidade. Venable (2007) corrobora essa ideia ao afirmar que a disponibilidade hídrica é um fator ambiental que pode impactar no banco de sementes no solo, influenciado em comportamentos das sementes incluindo a diminuição da viabilidade. Esta redução na viabilidade ocorreu de maneira distinta

entre sementes de campos sujos secos e campos sujos úmidos. A diminuição do percentual de viabilidade foi mais acentuada em sementes de campos sujos úmidos.

As sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos são predominantemente recalcitrantes, não apresentam dormência e são dispersas, geralmente, no início da estação chuvosa (Ramos ^b et al. 2017). As sementes ditas recalcitrantes apresentam longevidade curta, pois ao entrarem em contato com ambiente sujeito a déficit hídrico sazonal tendem a perder seu conteúdo de água para o meio externo (Hong e Ellis, 1996; Tweddle et al. 2003). Por outro lado, sementes de espécies de habitats mais secos, são, em maioria, dispersas com baixo conteúdo de água, e por isso apresentam alta longevidade e tolerância à dessecação (Pritchard et al. 2004). Estas sementes, ditas ortodoxas, são dispersas com baixa quantidade de água e por isso não sofrem essa perda para o ambiente (Hong e Ellis, 1996). As sementes recalcitrantes, após a dispersão em um solo seco, podem não germinar imediatamente e perder a viabilidade (Turner et al. 2006), enquanto que as sementes ortodoxas podem se manter viáveis e formar bancos de sementes permanentes (Farnsworth, 2000; Daws et al. 2005). As espécies com capacidade de manter sementes viáveis no banco por mais tempo serão mais propensas a mudar suas faixas geográficas sob condições de mudança climática (Estrada et al. 2015).

Isto leva a sugerir que solos secos são mais prejudiciais as sementes de espécies de campos sujos úmidos do que as sementes de espécies de campos sujos secos, e que ao se depararem com solo sob déficit hídrico poderão não germinar e, devido à característica recalcitrante, em predominância, perder a viabilidade e logo morrer. Tal fato evidencia a estratégia das espécies de campos sujos úmidos dispersarem suas sementes no período chuvoso a fim de aumentar o sucesso de estabelecimento em ambiente de sazonalidade acentuada (Ramos ^b et al. 2017), visto que isto evita a perda de viabilidade, por dessecação (Berjak e Pammenter, 2008). Portanto, corrobora-se a hipótese de que sementes de espécies ocorrentes em campos sujos secos apresentam maior viabilidade quando submetidas a potenciais osmóticos mais negativos em comparação às sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos.

5.2. Efeitos de Regimes Térmicos na Germinação de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado

As sementes de espécies de ambas as fisionomias mantidas em temperatura atual apresentaram maiores percentuais germinativos e viabilidade, após os tratamentos térmicos associados aos distintos potenciais osmóticos, e germinação mais lenta em relação àquelas mantidas em temperatura futura. Estes parâmetros germinativos são mencionados na literatura

como fatores influenciados pela temperatura (Roberts, 1988; Andrade e Pereira, 1994). A temperatura altera a germinação de sementes, principalmente, por determinar a velocidade de embebição de água (Popinigis, 1985) e das reações metabólicas de mobilização de reservas (Bewley e Black, 1994). Temperaturas elevadas aceleram o metabolismo e propiciam a germinação mais rápida (Baskin e Baskin, 2014). Isto evidencia o comportamento distinto das sementes mantidas nas duas condições de temperaturas estudadas.

O comportamento germinativo das sementes em função dos diferentes regimes térmicos também sofreu distinção entre sementes de espécies de campos sujos secos e campos sujos úmidos. As sementes de espécies de campos sujos úmidos germinaram mais rápido em ambas as temperaturas, quando comparadas às sementes de espécies de campos sujos secos. Ribeiro e Borghetti (2013) mostraram que sementes de espécies ocorrentes em ambientes de florestas germinam mais rápido que aquelas ocorrentes em savanas, que são ambientes mais secos e com sazonalidade acentuada. Da mesma forma, Sales et al. (2013) verificaram distinção nas características germinativas de sementes de *Miconia albicans* (Sw.) Triana ocorrentes em diferentes fitofisionomias do Cerrado. A germinação mais sincrônica foi observada em sementes de plantas de *Miconia albicans* ocorrentes em florestas, quando comparada às áreas mais abertas. Isto evidencia que os distintos microhabitats do Cerrado resultantes do mosaico paisagístico possibilitam condições distintas para o estabelecimento de plântulas (Salazar et al. 2012) e que o ambiente de origem pode selecionar estratégias germinativas específicas (Sales et al. 2013; Orsenigo, 2016).

O modo como a temperatura influencia nos parâmetros germinativos sofre variação entre as diferentes espécies e indivíduos (Probert, 2000), visto que a faixa de temperatura adequada para a germinação das sementes está correlacionada com a temperatura do ambiente em que a planta se desenvolve (Teketay, 1998; Nicotra et al. 2010; Orsenigo et al. 2016). As sementes podem apresentar estratégias de germinação lenta ou rápida, as quais estão relacionadas com as características de imprevisibilidade do clima no ambiente de ocorrência (Venable, 2007). A germinação lenta e escalonada ao longo do tempo aumenta a possibilidade das plântulas se estabelecerem quando as condições ambientais forem mais favoráveis (Larcher, 2006), enquanto que a germinação rápida é considerada uma aposta de sucesso no estabelecimento da plântula (Venable, 2007; Ooi et al. 2009). Ambientes em que as condições climáticas sofrem menos variações e são mais estáveis propiciam a germinação mais sincrônica das sementes ocorrentes nestes locais (Teketay, 1998; Probert, 2000; Nicotra et al. 2010; Orsenigo et al. 2016). Com base nisto, sugere-se estratégia germinativa lenta para sementes de espécies de gramíneas de campos sujos secos e rápida para as daquelas de campos sujos úmidos.

Isto explica a germinação mais rápida de sementes de espécies de campos sujos úmidos, nos quais o microclima sofre menos variações, o que torna as condições microclimáticas mais estáveis ao longo do ano.

A estratégia germinativa de sementes de espécies de campos sujos secos apresentou distinção quando mantidas sob regime térmico projetado para o futuro. Ocorreu uma diminuição do tempo médio de germinação de sementes de espécies de campos sujos secos mantidas nesta condição. Sendo os campos sujos secos ambientes de sazonalidade mais intensa, no que refere ao microclima e, portanto, mais imprevisíveis que os campos sujos úmidos (Cianciaruso e Batalha, 2008; Fidelis et al. 2013), consequentemente, a germinação mais rápida promovida pelo aumento de temperatura pode influenciar a estratégia germinativa de sementes de ambientes mais secos (germinação lenta e esparsa) (Labouriau, 1983; Venable, 2007; Kos e Poschlod, 2010, Ooi et al. 2009), devido a alteração do tempo de germinação promovido pelo clima poder interferir na sincronia de ciclos de vida de algumas espécies de plantas (Walck et al. 2011). Isto evidencia que o aumento de temperatura projetado pode gerar maior impacto para as sementes de espécies de campos sujos secos.

Sob esta mesma condição de regime térmico as sementes de ambas as fisionomias apresentaram redução na viabilidade. A viabilidade de sementes pode ser influenciada pela temperatura (Hahn e Orrock, 2014), pois o aumento da temperatura no solo pode gerar impactos nas sementes do banco, podendo reduzir o número de sementes viáveis e a consequente germinação, afetando a persistência e coexistência de muitas espécies (Ooi, 2009). Diante desta situação, sementes de espécies de campos sujos secos podem ser mais afetadas pelo aumento de temperatura, visto que podem formar bancos de sementes permanentes, por serem classificadas predominantemente como ortodoxas (Farnsworth, 2000; Daws et al. 2005). Com isto a hipótese de que sementes de espécies ocorrentes em campos sujos secos apresentam maior capacidade germinativa quando submetidas a temperatura elevada e prevista para o futuro em comparação às sementes de espécies ocorrentes em campos sujos úmidos não pôde ser comprovada.

5.3. Efeitos da Passagem de Fogo nas Fisionomias na Germinação de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado

As sementes de ambas as fisionomias apresentaram características germinativas beneficiadas quando oriundas de áreas com registro de passagem de fogo recente antes do período de coleta. Bernareggi et al. (2015) observaram que as sementes de espécies alpinas, ocorrentes em áreas com histórico de queimada recente, apresentaram maior germinabilidade e

viabilidade, porém precisaram de mais tempo para germinarem; Brys et al. (2005) observaram maior percentual de germinabilidade de sementes de plantas de *Molinia caerulea* (L.) Moench ocorrentes em áreas queimadas; Le Stradic et al. (2014) verificaram efeito positivo na germinação, regeneração e estimulação de frutificação pós fogo em algumas espécies pertencente as famílias Poaceae e Cyperaceae.

As respostas das plantas e sementes ao fogo são variáveis e dependem da intensidade, frequência e duração das queimadas (Wright e Bailey, 1982; Auld e Denhan, 2006; Stark et al. 2008). Para muitas espécies herbáceas, a passagem de fogo pode induzir a floração (Freitas, 1998; Munhoz e Felfili, 2005), reprodução e dispersão de diásporos (Hoffmann, 1999), propiciar a quebra de dormência (Auld e Bradstock, 1996) e ainda promover a germinação (Newton et al. 2006; Daibes et al. 2017). Neste caso, sugere-se que a passagem de fogo nas populações tenha promovido a produção de sementes mais tolerantes ao déficit hídrico e aumento de temperatura e com isso propiciado maior germinabilidade.

Ao comparar áreas queimadas e não queimadas, observou-se que sementes de espécies oriundas de campos sujos úmidos submetidos à queimada apresentaram germinação mais rápida. Já as sementes de espécies de campos sujos secos apresentaram padrão de tempo médio de germinação semelhante, sendo oriundas ou não de áreas queimadas. Bernareggi et al. (2015) observaram que as sementes de espécies alpinas, ocorrentes em áreas com histórico de queimada recente, apresentaram germinação mais rápida e sincrônica. A germinação mais rápida de sementes de campos sujos úmidos pode estar relacionada com uma estratégia para tentar propagar a espécie diante de uma condição desfavorável, enquanto as daquelas de campos sujos secos mantêm seu padrão de germinabilidade lento, por apresentarem características (sementes geralmente ortodoxas e dormentes) que as possibilitam “esperar” o período favorável para a germinação.

As sementes coletadas de espécies ocorrentes em áreas submetidas à queimada natural apresentaram também maior percentual de viabilidade quando comparado àquelas coletadas em áreas sem registro de queimada recente. Este comportamento foi mais evidenciado para sementes de campos sujos úmidos. A passagem de fogo propicia a diminuição da cobertura vegetal e flutuações de temperaturas relativamente altas na vegetação pós-fogo devido ao aumento da irradiância solar. Tal situação resulta em um solo com potenciais mais negativos e com isso as sementes precisam tolerar essa condição no ambiente ocorrente (Santana et al. 2013). Por exemplo, a tolerância de sementes a choques térmicos está relacionado positivamente com a exposição ao fogo (Ribeiro et al. 2013; Ribeiro e Borghetti, 2013). Isto evidencia a influência do histórico de vida experimentado pela planta mãe nos aspectos

germinativos (Luzuriaga et al. 2006; Nicotra et al. 2010; Bernareggi et al. 2015; Orsenigo et al. 2016) e que a sobrevivência da semente mantida sob determinado estresse pode estar relacionada com o ambiente em que foi produzida (Orsenigo et al. 2016), o que é resultado da seleção de estratégias germinativas específicas (Sales et al. 2013). Com base nisto, evidencia-se que a passagem do fogo nas populações pode levar a produção de sementes mais tolerantes ao déficit hídrico e aumento de temperatura, visto que mantêm maior viabilidade após os tratamentos. Assim, corrobora-se a hipótese de que sementes de populações queimadas são mais tolerantes ao estresse hídrico e ao aumento de temperatura que aquelas de populações não queimadas.

5.4. Mudanças do Clima e Possíveis Impactos nas Fisionomias Campos sujos secos e Campos sujos úmidos

Os modelos projetados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas preveem a ocorrência de alterações no regime térmico, com aumento de temperatura, e irregularidades na pluviosidade, com extensão do período seco dentro da estação chuvosa e, conseqüentemente, aumento dos veranicos (IPCC, 2014). Além dos aspectos já levantados em relação as mudanças no clima previstas pelo IPCC, ressalta-se que o aumento de temperatura poderá interferir também no regime de fogo no Cerrado, promovendo o aumento da frequência de queimadas (Hoffmann e Jackson, 2000), o que poderá ocasionar alterações em ambientes como savanas em que a vegetação está suscetível a ocorrência deste evento (Miranda et al. 2002; Simon et al. 2009), visto que é um dos principais fatores ecológicos envolvidos na dinâmica de ecossistemas (Staver et al. 2011).

De acordo com os resultados que obtivemos no presente estudo, podemos considerar que o aumento do período seco dentro da estação chuvosa e a elevação da temperatura do solo poderão oferecer condições limitantes para o recrutamento de espécies pertencentes à família Poaceae ocorrentes em campos sujos úmidos e campos sujos secos do Cerrado, visto a influência destes fatores nas características germinativas de sementes de ambas as fisionomias. Mudanças climáticas poderão impactar e modificar a dinâmica populacional das espécies, devido a influência refletida nas condições térmicas e hídricas do solo, com impacto direto sobre o banco de sementes em ecossistemas tropicais (Ooi et al. 2009; Walck et al. 2011), podendo modificar traços funcionais relevantes da germinação das sementes, como o tempo médio de germinação (Durr et al. 2014) e a viabilidade de sementes (Venable, 2007; Ooi et al. 2009), o que poderá influir diretamente no recrutamento das espécies. Os resultados deste

estudo sugere que as consequências das modificações ambientais relacionadas com mudanças climáticas futuras poderão mudar a dinâmica populacional por meio da seleção ou eliminação de espécies de acordo com a capacidade de tolerância aos estresses ambientais, impactando ecossistemas como um todo, sendo as consequências minimizadas para sementes de plantas ocorrentes em áreas com histórico de passagem de fogo recente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Projeta-se que alterações climáticas propiciarão reflexos diretos no regime hídrico e térmico do solo impactando também na frequência de queimadas, resultando em prejuízos para o recrutamento de sementes de gramíneas de campos sujos úmidos e campos sujos secos do Cerrado. Apesar dessas alterações resultarem em prejuízos para sementes de espécies de ambas as fisionomias, ressalta-se que diferentes impactos serão gerados de acordo com as características microclimáticas dos ambientes de origem. A diminuição nos índices pluviométricos poderão impactar negativamente e de maneira mais intensa sementes de campos sujos úmidos, já que promove a perda de viabilidade acentuada. Entretanto, os impactos poderão ser amenizados se a planta-mãe tiver sido submetida a queimada antes da produção das sementes.

Quanto ao aumento de temperatura, as sementes de campos sujos secos poderão ser mais afetadas em relação à viabilidade e ao tempo médio de germinação o que poderá impactar o recrutamento de espécies através do banco de sementes e o estabelecimento de plântulas em um momento favorável, devido a aceleração do processo germinativo influenciando na estratégia germinativa de sementes ocorrentes em ambientes com sazonalidade acentuada.

7. REFERÊNCIAS

Adámoli, J.; Macêdo, J.; Azevedo, L.G.; Netto, J.M. Caracterização da Região dos Cerrados. In: Goedert, W. (ed.). 1987. *Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo*. Planaltina: Embrapa Cerrados. pp. 33-98.

Aires, S.S. 2013. *Seleção de Gramíneas Nativas do Cerrado para Uso no Manejo de Melinis minutiflora: competição entre Melinis minutiflora e Paspalum stellatum*. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, DF, 100 pp.

Aires, S.S.; Sato, M.N.; Miranda, H.S. 2013. Seed Characterization and Direct Sowing of Native Grass Species as a Management Tool. *Grass and Forage Science*, 69(3): 470-478.

Almeida, S.P. 1995. Grupos Fenológicos da Comunidade de Gramíneas Perenes de um Campo Cerrado no Distrito Federal, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(8): 1067-1073.

Andrade, A.C.S.; Pereira, T.S. 1994. Efeito do Substrato e da Temperatura na Germinação e no Vigor de Sementes de Cedro - *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, 16(1): 34-40.

Araújo Neto, J.C.; Aguiar, I.B.; Ferreira, V.M. 2003. Efeito da Temperatura e da Luz na Germinação de Sementes de *Acacia polyphylla* DC. *Revista Brasileira de Botânica*, 26(2): 249-256.

Arrieta, Y.H.; Ortiz, A.C. 2009. Diversity of the Grasses from Durango, México. *Polibotánica*, 28(1): 49-68.

Assad, E.D. 1994. *Chuvas nos Cerrados: análise e espacialização*. Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Serviço de Produção de Informação. 483p.

Assis, A.C.C.; Coelho, R.M.; Pinheiro, E.S.; Durigan, G. 2011. Water Availability Determines Physiognomic Gradient in an Area of Low-fertility Soils under Cerrado Vegetation. *Plant Ecology*, 212(7): 1135-1147.

Auld, T.D.; Bradstock, R.A. 1996. Soil temperatures after the passage of a fire: Do they Influence the Germination of buried seeds? *Australian Journal of Ecology*, 21(1):106-109.

Auld, T.D.; Denhan, A.J. 2006. How Much Seed Remains in the Soil After a Fire? *Plant Ecology*, 187(1): 15-24.

Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 2014. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. New York: Academic Press. 1600p.

Berjak, P.; Pammenter, N.W. 2008. From *Avicennia* to *Zizania*: seed recalcitrance in perspective. *Annals of Botany*, 101(2): 213-228.

Bernareggi, G.; Carbognani, M.; Petraglia, A.; Mondoni, A. 2015. Climate Warming Could Increase Seed Longevity of Alpine Snowbed Plants. *Alpine Botany*, 125(2): 69-78.

Bewley, J.D.; Black, M. 1994. *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum Press. 460p.

Borghetti, F.; Ferreira, A.G. 2004. *Germinação do Básico ao Aplicado*. Porto Alegre: Artmed. 323p.

Bourlière, F.; Hadley, M. Present-Day Savannas: an overview. In: Bourlière, F. (ed.). 1983. *Ecosystems of the World 13: tropical savannas*. Amsterdam: Elsevier Scientific. pp. 1-17.

Bond, W.J.; Woodward, F.I.; Midgley, G.F. 2005. The Global Distribution of Ecosystems in a World without Fire. *New Phytologist*. 165(2): 525-538.

Brys, B.; Jacquemyn, H.; Blust, G. 2005. Fire Increases Aboveground Biomass, Seed Production and Recruitment Success of *Molinia caerulea* in Dry Heathland. *Acta Oecologica*, 28(3): 299-305.

Buckeridge, M.S. 2008. *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: Rima. 316p.

- Carmona, R.; Martins, C.R.; Fávero, A.P. 1999. Características de Sementes de Gramíneas Nativas do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(6): 1067-1074.
- Castro, R.D.; Bradford, K.J.; Hilhorst, H.W.M. Desenvolvimento de Sementes e Conteúdo de Água. In: Ferreira, A.G.; Borghetti, F. (eds.). 2004. *Germinação do Básico ao Aplicado*. Porto Alegre: Artmed. pp. 51-67.
- Cianciaruso, M.V.; Batalha, M.A. 2008. A Year in a Cerrado Wet Grassland: a non-seasonal island in a seasonal savanna environment. *Brazilian Journal of Biology*, 68(3): 495-501.
- Coutinho, L.M. 1978. O Conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, 7(1): 17-23.
- Coutinho, L.M. Fire in the Ecology of the Brazilian Cerrado. In: Goldammer, G.J. (ed.). 1990. *Fire in the Tropical Biota*. Berlin: Springer. pp. 82-105.
- Daibes, F.L.; Zupo, T.; Silveira, F.A.O.; Fidelis, A. 2017. A Field Perspective on Effects of Fire and Temperature Fluctuation on Cerrado Legume Seeds. *Seed Ecology*, 27(2): 74-83.
- Dalgleish, H.J.; Koons, D.N.; Adler, P.B. 2010. Can Life-history Traits Predict the Response of Forb Populations to Changes in Climate Variability? *Journal of Ecology*, 98(1): 209-217.
- Daws, M.I.; Garwood, N.C.; Pritchard, H.W. 2005. Traits of Recalcitrant Seeds in a Semideciduous Tropical Forest in Panama: some ecological implications. *Journal of Ecology*, 19(5): 874-885.
- De Frenne, P.; Graae, B.J.; Kolb, A.; Brunet, J.; Chabrierie, O.; Cousins, S.A.O.; Decocq, G.; Dhondt, R.; Diekmann, M.; Eriksson, O.; Heinken, T.; Hermy, M.; Jøgar, Ü.; Saguez, R.; Shevtsova, A.; Stanton, S.; Zindel, R.; Zobel, M.; Verheyen, K. 2010. Significant Effects of Temperature on the Reproductive output of the Forest Herb *Anemone nemorosa* L. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 809-817.
- Durr, C.; Dickie, J.B.; Yang, X.Y.; Pritchard, H.W. 2014. Ranges of Critical Temperature and Water Potential Values for the Germination of Species Worldwide: contribution to a seed trait database. *Agricultural and Forest Meteorology*, 200(1): 222-232.

Eiten, G. 1972. The Cerrado Vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, 38(2): 201-341.

Escobar, D.F.E.; Silveira, F.A.O.; Morellato, L.P.C. 2018. Timing of Seed Dispersal and Seed Dormancy in Brazilian Savanna: two solutions to face seasonality. *Annals of Botany*, 121(6): 1197-1209.

Estrada, A.; Meireles, C.; Morale-Castilla, I.; Poschlod, P.; Vieites, D.; Araújo, M.B.; Early, R. 2015. Species Intrinsic Traits Inform their Range Limitations and Vulnerability under Environmental Change. *Global Ecology and Biogeography*, 24(7): 849-858.

Farnsworth, E. 2000. The Ecology and Physiology of Viviparous and Recalcitrant Seeds. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 31(1): 107-138.

Fay, P.A.; Schultz, M.J. 2009. Germination, Survival, and Growth of Grass and Forb Seedlings: effects of soil moisture variability. *Acta Oecologica*, 35(5): 67-684.

Fidelis, A.; Lyra, M.F.S.; Pivello, V.R. 2013. Above and Below-ground Biomass and Carbon Dynamics in Brazilian Cerrado Wet Grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 24(2): 356-364.

Filgueiras, T.S. 1986. O Conceito de Fruto em Gramíneas e seu Uso na Taxonomia da Família. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 21(2): 93-100.

Filgueiras, T.S. 1992. Gramíneas Forrageiras Nativas no Distrito Federal, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27(8): 1103-1111.

Filgueiras, T. Herbaceous Plant Communities. In: Oliveira, O.S.; Marquis, R.J. (eds.). 2002. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press. pp. 121-139.

Filgueiras, T.S.; Canto-Dorow, T.S.; Carvalho, M.L.S.; Dórea, M.C.; Ferreira, F.M.; Mota, A.C.; Oliveira, R.C.; Oliveira, R.P.; Reis, P.A.; Rodrigues, R.S.; Santos-Gonçalves, A.P.; Shirasuna, R.T.; Silva, A.S.; Silva, C.; Valls, J.F.M.; Viana, P.L.; Welker, C.A.D.; Zanin, A.; Longhi-Wagner, H.M. 2015. *Poaceae. Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Jardim Botânico

do Rio de Janeiro. Disponível em:
 <<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB193>>>.

Franco, A.C. Ecophysiology of Woody Plants. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (eds.). 2002. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press. pp. 178-197.

Freitas, R.I.P. 1998. *Abelhas Silvestres (Hymenoptera: Apoidea) e a Floração de Plantas em Áreas de Cerrado Recém Queimadas no Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 76 pp.

Goodland, R.A. 1971. Physiognomic Analysis of the 'Cerrado' Vegetation of Central Brasil. *Journal of Ecology*, 59(2): 411-419.

Hahn, P.G.; Orrock, J. L. 2014. Effects of Temperature on Seed Viability of Six Ozark Glade Herb Species and Eastern Redcedar (*Juniperus virginiana*). *The American Midland Naturalist*, 171(1): 147-152.

Hasegawa, P.M.; Bressan, R.A.; Handa, A.K. 1984. Cellular Mechanisms of Tolerance to Water Stress. *Hortscience*, 19(3): 371-377.

Hoffmann, W.A. 1999. Fire and Population Dynamics of Woody Plants in a Neotropical Savanna: matrix model projections. *Ecology*, 80(4): 1354-1369.

Hoffmann, W.A.; Jackson, R.B. 2000. Vegetation-Climate Feedbacks in the Conversion of Tropical Savanna to Grassland. *Journal of Climate*, 13(9): 1593-1601.

Hoffmann, W.A.; Jaconis, A.Y.; McKinley, K.L.; Geiger, E.L.; Gotsch, S.G.; Franco, A.C. 2012. Fuels or microclimate? Understanding the drivers of fire feedbacks at savanna-forest boundaries. *Austral Ecology*, 37(6): 634-643.

Hong, T.D.; Ellis, R.H. 1996. *A Protocol to Determine Seed Storage Behaviour*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute. 55p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C.B.V.R.; Barros, D.J.; Dokken, K.J.; Mach, M.D.; Mastrandrea, T.E.; Bilir, M.; Chatterjee, K.L.; Ebi, Y.O.; Estrada, R.C.; Genova, B.; Girma, E.S.; Kissel, A.N.; Levy, S.; MacCracken, P.R.; Mastrandrea, L.L.W. (eds.). New York: Cambridge University Press. 1132p.

Kagaya, M.; Tani, T.; Kachi, N. 2010. Maternal and Paternal Effects on the Germination Time of Non-dormant Seeds of a Monocarpic Perennial Species, *Aster kantoensis* (Compositae). *Plant Species Biology*, 26(1): 66-72.

Kauffman, J.B.; Cummings, D.L.; Ward, D.E. 1994. Relationships of Fire, Biomass and Nutrient Dynamics along a Vegetation Gradient in the Brazilian Cerrado. *Journal of Ecology*, 82(3): 519-531.

Klink, C.A.; Machado, R.B. 2005. A Conservação do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade*, 1(1): 147-155.

Klink, C.A.; Solbrig, O.T. Efeito do Fogo na Biodiversidade de Plantas do Cerrado. In: Sarmiento, G.; Cabido, M. (eds.). 1996. *Biodiversidad y Funcionamiento de Pastizales y Sabanas en América Latina*. Venezuela: CYTED y CIELAT. pp. 231-244.

Kolb, R.M.; Pilon, N.A.L.; Durigan, G. 2016. Factors Influencing Seed Germination in Cerrado Grasses. *Acta Botanica Brasilica*, 30(1): 87-92.

Kos, M.; Poschlod, P. 2008. Correlates of Inter-specific Variation in Germination Response to Water Stress in a Semi-arid Savannah. *Basic and Applied Ecology*, 9(6): 645-652.

Kos, M.; Poschlod, P. 2010. Why Wait? Trait and Habitat Correlates of Variation in Germination among Kalahari Annuals. *Oecologia*, 162(3): 549-59.

Labouriau, L.G.; Pacheco, A. 1978. On the Frequency of Isothermal Germination in Seeds of *Dolichos biflorus* L. *Plant and Cell Physiology*, 19(3): 507-512.

Labouriau, L.G. 1983. *A Germinação das Sementes*. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos. 270p.

Larcher, W. 2006. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima. 550p.

Le Stradic, S.; Silveira, F.A.O.; Buisson, E.; Cazelles, K.; Carvalho, V.; Fernandes, G.W. 2014. Diversity of Germination Strategies and Seed Dormancy in Herbaceous Species of Campo Rupestre Grasslands. *Austral Ecology*, 40(5): 537-546.

Longhi-Wagner, H.M.; Wanderley, M.G.L.; Shepherd, G.J.; Giuliatti, A.M. Poaceae. In: Wanderley, M.G.L.; Shepherd, G.J.; Giuliatti, A.M.; Melhem, T.A.; Kameyama, C.; Bitrich, V. (eds.). 2001. *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica. pp. 1-281.

Luzuriaga, A.L.; Escuderi, A.; Pérez-García, F. 2006. Environmental Maternal Effects on Seed Morphology and Germination in *Sinaois arvensis* (Cruciferae). *Weed Research*, 46(2): 163-174.

Meirelles, M.L.; Guimarães, A.J.M.; Oliveira, R.C.; Araújo, G.M.; Ribeiro, J.F. Impactos Sobre o Estrato Herbáceo de Áreas Úmidas do Cerrado. In: Aguiar, L.M.S.; Camargo, A.J.A. (eds.). 2004. *Cerrado: ecologia e caracterização*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. pp. 41-68.

Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva-Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S.; Nogueira, P.E.; Fagg, C.W. Flora Vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). 2008. *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. pp. 482-448.

Miranda, A.C.; Miranda, H.S.; Dias, I.F.O.; Dias, B.F.S.D. 1993. Soil and Air Temperaturas During Prescribed Cerrado Fires in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 9(3): 313-320.

Miranda, H.S.; Bustamante, M.C.; Miranda, A.C. The Fire Factor. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (eds.). 2002. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press. pp. 51-68.

Miranda, H.S.; Sato, M.N.; Neto, W.N.; Aires, F.S. Fire in the Cerrado, the Brazilian Savanna. In: Cocharane, M.A. (ed.). 2009. *Tropical Fire Ecology: Climate change, Land Use and Ecosystem Dynamics*. Berlin: Springer-Praxis. pp. 427-450.

Munhoz, C.B.R.; Felfili, J.M. 2005. Fenologia do Estrato Herbáceo-Subarbustivo de uma Comunidade de Campo Sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 19(4): 979-988.

Munhoz, C.B.R.; Felfili, J.M. 2006. Fitossociologia do Estrato Herbáceo-Subarbustivo de uma Área de Campo Sujo no Distrito Federal, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 20(3): 671-685.

Munhoz, C.B.R.; Felfili, J.M. 2007. Reproductive Phenology of an Herbaceous-Subshrub Layer of a Savannah (Campo Sujo) in the Cerrado Biosphere Reserve I, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 67(2): 299-308.

Nardoto, G.B.; Souza, M.P.; Franco, A.C. 1998. Estabelecimento e Padrões Sazonais de Produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. nos Cerrados do Planalto Central: efeitos do estresse hídrico e sombreamento. *Revista Brasileira de Botânica*, 21(3): 313-319.

Newton, R.J.; Bond, W.J.; Farrant, J.M. 2006. Effects of Seed Storage and Fire on Germination in the Nut-fruited Restionaceae Species, *Cannomois virgate*. *South African Journal of Botany*, 72(1): 177-180.

Nicora, E.G.; Rúgolo de Agrasar, Z.E. 1987. *Los Géneros de Gramíneas de América Austral: Argentina, Chile, Uruguay y áreas limítrofes de Bolivia, Paraguay y Brasil*. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur.

Nicotra, A.B.; Atkin, O.K.; Bonser, S.P.; Davidson, A.M.; Finnegan, E.J.; Mathesius, U.; Poot, P.; Purugganan, M.D.; Richards, C.L.; Valladares, F.; van Kleunen, M. 2010. Plant Phenotypic Plasticity in a Changing Climate. *Trends in Plant Science*, 15(12): 684-92.

Oliveira, P.E.; Marquis, R.J. Development of Research in the Cerrados. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (eds.). 2002. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press. pp. 1-9.

Oliveira-Filho, A.T.; Ratter, J.A. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (eds.). 2002. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press. pp. 121-140.

Ooi, M.K.J.; Auld, T.D.; Denham, A.J. 2009. Climate Change and Bet-Hedging: interactions between increased soil temperatures and seed bank persistence. *Global Change Biology*, 15(10): 2375-2386.

Orsenigo, S.; Guzzon, F.; Abeli, T.; Rossi, G.; Vagge, I.; Balestrazzi, A.; Mondoni, A.; Müller, J.V. 2016. Comparative Germination Responses to Water Potential Across Different Populations of *Aegilops geniculata* and Cultivar Varieties of *Triticum durum* and *Triticum aestivum*. *Plant Biology*, 19(2):165-171.

Peel, M.C.; Finlayson, B.L.; McMhon, T.A. 2007. Updated World Map of Köppen-Geiger Climate Classification. *Hydrology and Earth System Science*, 11(5): 1633-1644.

Perez, S.C.J.G.A.; Fanti, S.C.; Casali, C.A. 2001. Influência da Luz na Germinação de Sementes de Canafístula Submetidas ao Estresse Hídrico. *Bragantia*, 60(3): 155-166.

Peters, J. 2000. *Tetrazolium Testing Handbook*. Contribution No. 29 to the Handbook on Seed Testing. Lincoln: Association of Official Seed Analysts. 32p.

Pivello, V.R. 2011. The Use of Fire in Brazil: past and present. *Fire Ecology*, 7(1): 24-39.

Popinigis, F. 1985. *Fisiologia da Semente*. Brasília: Sília. 299p.

Pritchard, H.W. Classification of Seed Storage “types” for ex situ Conservation in Relation to Temperature and moisture. In: Guerrant Jr., E.O.; Havens, K.; Maunder, M. (eds). 2004. *Ex Situ Plant Conservation: supporting species survival in the wild*. Washington: Island Press. pp. 139-161.

Probert, R.J. The Role of Temperature in the Regulation of Seed Dormancy and Germination. In: Fenner, M. (ed.). 2000. *Seeds - The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Wallingford: CABI Publishing. pp. 261-92.

R Core Team 2015. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <<<https://www.R-project.org/>>>. Acesso em: 08/06/2017 às 14:30 h.

Ramos^a, D.M.; Liaffa, A.B.S.; Gomes, A.S.; Chaib, A.M.; Barbosa, E.M.; Valls, J.F.M.; Borghetti, F. 2017. *Does Fire Influence Seedling Recruitment in Brazilian Savannas?* Itália: The 60th International Association for Vegetation Science (IAVS) Annual Symposium Palermo.

Ramos^b, D.M.; Diniz, P.; Ooi, M.K.J.; Borghetti, F.; Valls, J.F.M. 2017. Avoiding the Dry Season: dispersal time and syndrome mediate seed dormancy in grasses in neotropical savanna and wet grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 28(4): 798-807.

Ramos, D.M.; Liaffa, A.B.S.; Diniz, P.; Munhoz, C.B.R.; Ooi, M.K.J.; Borghetti, F.; Valls, J.F.M. 2016. Seed Tolerance to Heating is Better Predicted by Seed Dormancy than by Habitat Type in Neotropical Savanna Grasses. *International Journal of Wildland Fire*, 25(12): 1273-1280.

Ramos-Neto, M.B.; Pivello, V.R. 2000. Lightning Fires in a Brazilian Savanna National Park: rethinking management strategies. *Environmental Management*, 26(6): 675-684.

Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the Floristic Composition of the Brazilian Cerrado Vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany*, 60(1): 57-109.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. (eds.). 1998. *Cerrado: ambiente e flora*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. pp. 89-166.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). 2008. *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica. pp. 151-199.

Ribeiro, L.C. 2014. *Fatores Ambientais e a Germinação de Espécies Arbóreas do Brasil Central e de Áreas Disjuntas da Amazônia no Bioma Cerrado*. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 111 pp.

Ribeiro, L.C.; Pedrosa, M.; Borghetti, F. 2013. Heat Shock Effects on Seed Germination of Five Brazilian Savanna Species. *Plant Biology*, 15(1): 152-7.

Ribeiro, L.C.; Borghetti, F. 2013. Comparative Effects of Desiccation, Heat Shock and High Temperatures on Seed Germination of Savanna and Forest Tree Species. *Austral Ecology*, 39(3): 267-278.

Roberts, E.H. Temperature and Seed Germination. In: Long, S.P.; Woodward, F.I. (eds.). 1988. *Plants and Temperature*. Cambridge: Symposia of the Society of Experimental Biology, Company of Biologists. pp 109-132.

Rossatto, D.R.; Silva, L.C.R.; Villalobos-Vega, R.; Stenberg, L.S.L.; Franco, A.C. 2012. Depth of Water Uptake in Woody Plants Relates to Groundwater Level and Vegetation Structure along a Topographic Gradient in a Neotropical Savanna. *Environmental and Experimental Botany*, 77(2012): 259-266.

Salazar, A.; Goldstein, G.; Franco, A.C.; Miralles-Wilhelm, F. 2012. Differential Seedling Establishment of Woody Plants along a Tree Density Gradient in Neotropical Savannas. *Journal of Ecology*, 100(6): 1411-1421.

Sales, N.M.; Péres-García, F.; Silveira, F.A.O. 2013. Consistent Variation in Seed Germination across an Environmental Gradient in a Neotropical Savanna. *South African Journal of Botany*, 87(2013): 129-133.

Salgado-Labouriau, M.L. 1997. Late Quaternary palaeoclimate in the savannas of South America. *Journal of Quaternary Science* 12(5): 371-379.

- Sampaio, G.; Marengo, J.; Nobre, C. A Atmosfera e as Mudanças Climáticas. In: Buckeridge, M.S. (ed.). 2008. *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: Rima. pp. 5-28.
- Santana, V.M.; Baeza, M.J.; Blanes, M.C. 2013. Clarifying the Role of Fire Heat and Daily Temperature Fluctuations as Germination cues for Mediterranean Basin Obligate Seeders. *Annals of Botany*, 111(1): 127-134.
- Santos, V.L.M.; Calil, A.C.; Ruiz, H.A.; Alvarenga, E.M.; Santos, C.M. 1992. Efeito do Estresse Salino e Hídrico na Germinação e Vigor de Sementes de Soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 14(2): 189-194.
- Sarmiento, G. 1984. *The Ecology of Neotropical Savannas*. Cambridge: Havard University Press. 256p.
- Sarmiento, G.A. Conceptual Model Relating Environmental Factors and Vegetation Formations in the Lowlands of Tropical South America. In: Furley, P.A.; Proctor, J.; Ratter, J.A. (eds.). 1992. *Nature and Dinamycs of forest-savanna boundaries*. UK: London. pp. 583-603.
- Schmidt, I.B. 2011. *Effects of Local Ecological knowledge, Harvest and Fire on Golden-Grass (Syngonanthus nitens, Euriocaulaceae), a Non-Timber Forest Product (NTFP) from the Brazilian Savanna*. Tese de Pós Doutorado, University of Hawaii at Manoa, US, 225 pp.
- Schmidt, I.B.; Fidelis, A.; Miranda, H.S.; Ticktin, T. 2017. How do the Wets Burn? Fire Behavior and Intensity in Wet Grasslands in the Brazilian Savanna. *Brazilian Journal of Botany*, 40(1): 167-175.
- Scholes, R.J.; Archer, S.R. 1997. Tree-Grass Interactions in Savannas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28(1): 517-44.

Silva, A.M.; Assad, E.D.; Evangelista, B.A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.). 2008. *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. pp. 69-88.

Silveira, F.A.O.; Ribeiro, R.C.; Oliveira, D.M.T.; Fernandes, G.W.; Lemos-Filho, J.P. 2012. Evolution of Physiological Dormancy Multiple Times in Melastomataceae from Neotropical Montane Vegetation. *Seed Science Research*, 22(1): 37-44.

Simon, M.F.; Grether, R.; Queiroz, L.P.; Skema, C.; Pennington, T.R.; Hughes, C.E. 2009. Recent Assembly of the Cerrado, a Neotropical Plant Diversity Hotspot, by in situ Evolution of Adaptations to Fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(48): 20359-20364.

Stark, K.E.; Arsenault, A.; Bradfield, G.E. 2008. Variation in Soil Seed Bank Species Composition of a Dry Coniferous Forest: spatial scale and sampling considerations. *Plant Ecology*, 197(2): 173-181.

Staver, A.C.; Archibald, S.; Levin, S.A. 2011. Tree Cover in Sub-Saharan Africa: rainfall and fire constrain forest and savanna as alternative stable states. *Ecology*, 92(5): 1063-1072.

Tannus, J.L.S.; Assis, M.A. 2004. Composição de Espécies Vasculares de Campos Sujos e Campos sujos úmidos em Área de Cerrado, Itirapina - SP, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 27(3): 489-506.

Teketay, D. 1998. Germination of *Acacia origena*, *A. pilispina* and *Pterolobium stellatum* in Response to Different Pre-sowing Seed Treatments, Temperature and Light. *Journal of Arid Environments*, 38(4): 551-560.

Turner, S.R.; Merritt, D.J.; Ridley, E.C.; Commander, L.E.; Baskin, J.M.; Baskin, C.C.; Dixon, K.W. 2006. Ecophysiology of Seed Dormancy in the Australian Endemic Species *Acanthocarpus preisii* (Dasypogonaceae). *Annals of Botany*, 98(6): 1137-1144.

Tweddle, J.C.; Dickie, J.B.; Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 2003. Ecological Aspects of Seed Desiccation Sensitivity. *Journal of Ecology*, 91(2): 294-304.

Venable, D.L. 2007. Bet Hedging in a Guild of Desert Annuals. *Ecology*, 88(5): 1086-1090.

Verslues, P.E.; Agarwal, M.; Katiyar-Agarwal, S.; Zhu, J.; Zhu, J.K. 2006. Methods and Concepts in Quantifying Resistance to Drought, Salt and Freezing, Abiotic Stresses that Affect Plant Water Status. *The Plant Journal*, 45(4): 523-539.

Villela, F.A.; Doni Filho, L.; Sequeira, E.L. 1991. Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietilenoglicol 6000 e da Temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 26(11/12): 1957-1968.

Walck, J.L.; Hidayati, S.N.; Dixon, K.W.; Thompson, K.; Poschlod, P. 2011. Climate Change and Plant Regeneration from Seed. *Global Change Biology*, 17(6): 2145-2161.

Wiegand, K.; Ward, D.; Saltz, D. 2005. Multi-Scale Patterns and Bush Encroachment in an Arid Savanna with a Shallow Soil Layer. *Journal of Vegetation Science*, 16(3): 311-320.

Wright, S.J.; Bailey, A.W. 1982. *Fire Ecology: United States and Canada*. New York: John Wiley e Sons. 501p.

Zaidan, L.B.; Carreira, R.C. 2008. Seed Germination in Cerrado Species. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(3): 167-181.

Zaman, S.; Padmesh, S.; Tawfiq, H. 2010. Seed Germination and Viability of *Salsola imbricata* Forssk. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 2(12): 388-394.