

---

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGIA VEGETAL)

---

TEMPERATURA E OSMOCONDICIONAMENTO NA GERMINAÇÃO DE  
SEMENTES DE *Urochloa brizantha* (STAPF) Webster CV. BASILISK

EVANDRO AFONSO NAKAO

Dissertação/tese apresentada ao Instituto de Biociências do *Câmpus* de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Evandro Afonso Nakao

**Temperatura e osmocondicionamento na germinação de sementes  
de *Urochloa brizantha* (STAPF) Webster cv. Basilisk**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Victor José Mendes Cardoso

Rio Claro  
2012

582.0467 Nakao, Evandro Afonso  
N163t        Temperatura e osmocondicionamento na germinação de  
sementes de Urochloa brizantha (STAPF) Webster cv.  
Basilisk / Evandro Afonso Nakao. - Rio Claro : [s.n.], 2012  
59 f. : il., gráfs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Victor José Mendes Cardoso

1. Sementes. 2. Braquiária. 3. Thermal time. I. Título.

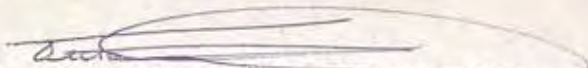
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** EFEITO DA TEMPERATURA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA GERMINAÇÃO DE UNIDADES DE DISPERSÃO DE *Brachiaria decumbens* STAPF CV. BASILISK


**AUTOR:** EVANDRO AFONSO NAKAO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. VICTOR JOSÉ MENDES CARDOSO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. VICTOR JOSÉ MENDES CARDOSO  
Departamento de Botânica / Instituto de Biotecnologia de Rio Claro-UNESP

  
Prof. Dr. NELSON BARBOSA MACHADO NETO  
Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade do Oeste Paulista/UNOESTE

  
Prof. Dr. MASSANORI TAKAKI  
Departamento de Botânica / Instituto de Biotecnologia de Rio Claro-UNESP

Data da realização: 27 de fevereiro de 2012.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP) e ao Departamento de Botânica da UNESP, *campus* Rio Claro, pelo apoio e infraestrutura disponibilizados.

Ao Professor Doutor Victor José Mendes Cardoso, pela atenção, paciência e dedicação em orientar-me desde os tempos de graduação. Além de orientador, um grande amigo que muito admiro.

Ao Professor Doutor Gustavo Habermann, pela atenção e ajuda durante o mestrado.

Aos funcionários e técnicos, sempre dispostos a ajudar nos experimentos.

Aos membros da banca avaliadora da dissertação, pela solicitude em avaliar este trabalho.

Aos amigos Maria Alice, Ivo, Arley e Rodrigo, pela valorosa convivência e ajuda, durante esta etapa da minha vida.

A minha família, cuja importância para mim é inestimável e fonte geradora de forças.

À CAPES, pela bolsa concedida.

## RESUMO

Este trabalho objetivou determinar o efeito da temperatura e osmocondicionamento na germinação de *U. brizantha*, visando entender o processo de estabelecimento das plântulas. Na primeira parte do trabalho, utilizou-se o modelo *thermal time* como descritor da germinação em condições térmicas constantes e variáveis. *U. brizantha* apresentou temperaturas cardeais de germinação típicas de espécies de clima tropical, com temperaturas mínima ( $T_b$ ) e máxima ( $T_c$ ) iguais a  $7,5 \pm 0,5$  °C e  $41,5 \pm 0,5$  °C, respectivamente. A temperatura ótima de germinação situou-se em 31,5 °C. Os dados sugerem que *U. brizantha* apresenta o padrão mais comum de distribuição dos parâmetros térmicos, com  $T_b$  fixa e graus.dia ( $\theta T$ ) variável para as subpopulações de sementes na faixa infraótima, e graus.dia fixo e  $T_c$  variável para a faixa supraótima. O método probítico, baseado no conceito *thermal time*, foi eficiente em estimar  $T_b$  e  $T_c$  em condições controladas, porém superestimou os tempos de germinação de *U. brizantha* em temperaturas variáveis (campo). Esta superestimativa, provavelmente, ocorreu devido à utilização da temperatura média do período como parâmetro de predição, e alterações nos valores de  $T_b$ ,  $T_c$  e  $\theta T$  devido às oscilações da temperatura no campo. Na segunda parte, objetivou-se verificar o efeito do osmocondicionamento na germinação de sementes de *U. brizantha*, determinando-se a porcentagem de germinação ( $G$ ), velocidade ( $V_m$ ) e índice de sincronização ( $U$ ) da germinação, e estimando-se  $T_b$ ,  $T_c$  e  $\theta T$  para a germinação de 50% das sementes. Sementes de *U. brizantha* foram pré-embebidas a 8 °C, 32 °C e 39,5 °C, em potencial hídrico 0 e -0,5 MPa, com posterior secagem. As sementes pré-embebidas foram então colocadas para germinar nas temperaturas ótima (32 °C) e próximo às temperaturas cardeais (8 °C e 39,5 °C). Posteriormente, sementes foram pré-embebidas a 20 e 30 °C, em potencial hídrico 0 e -0,5 MPa, com posterior secagem; sendo então colocadas para germinar a 13 °C, 20 °C, 30 °C, 33 °C, 35 °C e 38 °C. Para o ensaio em temperaturas ótima e cardeais, a pré-embebição controlada a 32 °C resultou em aumento de  $G$ ,  $V_m$  e  $U$  para as temperaturas extremas; sendo que para a temperatura ótima de germinação, apenas a pré-embebição em potencial hídrico alto (água), a 8 e 32 °C, resultou em incremento em  $V_m$ . No ensaio conduzido em seis temperaturas variando de 13 a 38 °C, o osmocondicionamento a 20 °C, em potencial hídrico = 0,0 MPa, proporcionou maior velocidade de germinação e sincronização, embora não tenha alterado a porcentagem da germinação. O osmocondicionamento não ocasionou modificação significativa na estimativa de  $T_b$  e  $T_c$ , e em  $\theta T$ , em relação a sementes não osmocondicionadas.

**Palavras-chave:** Braquiária, *thermal time*, graus.dia, osmocondicionamento.

## ABSTRACT

This work aimed to determine the effect of temperature and osmoconditioning on the germination of *Urochloa brizantha*, in order to understand the process of seedling establishment. In the first part of the study, the *thermal time* model was used as a descriptor of germination in constant and variable thermal conditions. *U. brizantha* presented typical cardinal temperatures germination of tropical species, with minimum (T<sub>b</sub>) and maximum (T<sub>c</sub>) temperatures of germination equal to 7.5±0.5 °C and 41.5±0.5 °C, respectively. The optimum temperature for germination was 31.5 °C. The data suggest that *U. brizantha* presents the most common pattern of thermal parameters distribution, with unique T<sub>b</sub> and variable degree-days (θT) for sub-optimal range of subpopulations seeds, and T<sub>c</sub> variable and unique θT in supra-optimal range. The probit method, based on *thermal time* concept, was effective in estimate T<sub>b</sub> and T<sub>c</sub> under controlled conditions, but overestimated the germination time of *U. brizantha* under variable temperatures (field conditions). This overestimating probably has occurred by the utilization of mean period temperature as a prediction parameter, and alterations on T<sub>b</sub>, T<sub>c</sub> and θT by the oscillations of field temperature. The second part of the study aimed to verify the effect of osmoconditioning on the germination of *U. brizantha* seeds, determining the percentage (G), speed (V<sub>m</sub>) and synchronization index (U) of germination, T<sub>b</sub>, T<sub>c</sub> and θT to 50% of seeds germinated. *U. brizantha* seeds were pre-imbibed at 8 °C, 32 °C and 39.5 °C, in 0,0 Mpa (water potential) and -0.5 Mpa (PEG), with subsequent drying. The pre-soaked seeds were then germinated in optimal temperatures (32 °C) and close to the cardinals temperatures (8 °C and 39.5 °C). Subsequently, seeds were pre-soaked at 20 and 30 °C, in 0,0 MPa and -0.5 MPa, with subsequent drying. The seeds were then germinated at 13 °C, 20 °C, 30 °C, 33 °C, 35°C and 38 °C. To the optimal and cardinals temperatures test, pre-soak controlled to 32 °C resulted in an increase of G, V<sub>m</sub> and U to extreme temperatures, and pre-soaking in high water potential (destilated water), at 8 and 32 °C, resulted in an increase in V<sub>m</sub> to the optimum temperature germination. In the experiment conducted at six temperatures ranging from 13 to 38 °C, osmoconditioning at 20 °C, in water, provided an increase in V<sub>m</sub> and U, but did not alter G. In relation to non-osmocontioned seeds, the osmoconditioning did not cause significant change in the estimate of T<sub>b</sub>, T<sub>c</sub>, and θT.

**Keywords:** Braquiária, thermal time, degree-days, osmoconditioning.

## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Urochloa brizantha</i> .....	3
2.2. O efeito da temperatura na germinação.....	4
2.3. Efeito do osmocondicionamento na germinação.....	6
2.4. Referências.....	7
<b>3. DEPENDÊNCIA TÉRMICA DA GERMINAÇÃO DE <i>Urochloa brizantha</i> (STAPF) Webster CV. BASILISK, UTILIZANDO O MODELO <i>THERMAL TIME</i>.....</b>	<b>11</b>
3.1. Resumo.....	12
3.2. Introdução.....	13
3.3. Materiais e Métodos.....	14
3.4. Resultados e Discussão.....	16
3.5. Conclusão.....	31
3.6. Referências.....	31
<b>4. OSMOCONDICIONAMENTO E RESPOSTA À TEMPERATURA POR SEMENTES DE <i>Urochloa brizantha</i> (STAPF) Webster CV. BASILISK.....</b>	<b>34</b>
4.1. Resumo.....	35
4.2. Introdução.....	36
4.3. Materiais e Métodos.....	37
4.4. Resultados e Discussão.....	39
4.5. Conclusão.....	55
4.6. Referências.....	55
<b>5. CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>58</b>
5.1. Referências.....	59

## 1. INTRODUÇÃO

Gramíneas do gênero *Urochloa* predominam nas pastagens brasileiras e estima-se que ocupem aproximadamente 85% dos 120 milhões de hectares destinado à pecuária (BARBOSA, 2006). Originária de Uganda, África, *Urochloa brizantha* (Poaceae) foi introduzida no Brasil na década de 1960 como forragem para bovinos, adaptando-se muito bem a regiões de Cerrado, onde se tornou invasora. É uma espécie típica de clima tropical e altamente eficiente em invasão biológica, alterando a paisagem, interações e composição de espécies (BARBOSA, et al., 2008). Segundo Begon et al. (2007), a melhor maneira de evitar o estabelecimento de espécies invasoras é determinar quais possuem as maiores probabilidades de estabelecimento, concentrando os esforços nestas espécies. Para tanto, estudos sobre biologia reprodutiva, dispersão, recrutamento e auto-ecologia são fundamentais. Para gramíneas, o manejo é geralmente baseado no controle da germinação das sementes e estabelecimento das plântulas. Assim, ferramentas que possam estimar estes parâmetros, como o modelo de *thermal time*, são importantes no controle dessas invasoras em campo, já que permitem determinar as melhores épocas para amostragens e aplicação de métodos de controle (BRADFORD, 2002).

O modelo *thermal time* permite estimar o tempo necessário para determinada porcentagem de sementes germinar, em função da temperatura. Baseia-se na existência de uma quantidade de calor necessária para a germinação, e assim o tempo necessário para que tal processo seja completado pode ser estimado através da quantidade de calor acumulada – graus.dia. O parâmetro graus.dia é obtido pelo produto do tempo acumulado para a germinação, em dias, pela quantidade de calor acumulado, em graus Celsius (TRUDGILL et al., 2005). Em espécies pecilotérmicas como plantas, a temperatura interfere na velocidade das atividades metabólicas, e por consequência, no desenvolvimento. A diminuição da temperatura retarda a taxa das atividades metabólicas, até o ponto (temperatura mínima) que inviabilizam fases de desenvolvimento, como a germinação, se completarem. Com o aumento da temperatura, a velocidade metabólica aumenta até uma temperatura ótima, a partir da qual reduz-se até cessar novamente numa temperatura máxima (TRUDGILL et al., 2005).

Vários pesquisadores (IZQUIERDO et al. 2009, QIU et al., 2006; HARDEGREE, 2006b; HARDEGREE & VAN VACTOR, 1999) têm obtido estimativas acuradas dos tempos de germinação de sementes e emergência de plântulas em campo, utilizando o modelo *thermal time*. Uma revisão de literatura sobre a utilização do modelo *thermal time* em germinação de sementes e emergência de plântulas, indicou 49 trabalhos com espécies de

clima temperado ou subtropicais de altitude (CHANTRE et al., 2009; IZQUIERDO et al., 2009; LONATI et al., 2009 ), e apenas seis trabalhos com espécies de clima tropical (McDONALD, 2002a; McDONALD, 2002b; KURTAR, 2010).

Considerando a importância da modelagem, não só para a compreensão da fisiologia da espécie, mas principalmente para estudos de manejo e controle da espécie no ambiente natural, e considerando-se que praticamente inexistem trabalhos no Brasil, sobre o uso de modelos empíricos cujos parâmetros tenham significado biológico e que possibilitem a descrição e a previsão do comportamento germinativo de espécies tropicais em resposta a fatores ambientais, particularmente a temperatura, este trabalho tem como objetivo geral utilizar o modelo “*thermal time*” (“soma térmica”, “tempo térmico” ou “graus.dia”) como descritor da germinação de *Urochloa brizantha* em condições térmicas constantes e variáveis. A partir desse objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- determinação dos intervalos térmicos infraótimo, ótimo e supraótimo, com base na velocidade média de germinação;
- estimativa da temperatura base ( $T_b$ ), para diferentes frações da população de sementes na faixa infraótima;
- estimativa da distribuição das temperaturas teto ( $T_c$ ), com a respectiva média ( $\mu_{T_c}$ ) e desvio ( $\sigma_{T_c}$ ), para diferentes frações da população de sementes na faixa supraótima;
- estimativa da distribuição da constante “graus.dia” ( $\theta_T$ ), com a respectiva média ( $\mu_{\theta_T}$ ) e desvio ( $\sigma_{\theta_T}$ ), para as diferentes frações da população, na faixa infraótima;
- ajuste das curvas de germinação em condições isotérmicas, a partir dos parâmetros  $T_b$ ,  $\mu_{\theta_T}$ ,  $\sigma_{\theta_T}$ ,  $\theta_T$ ,  $\mu_{T_c}$  e  $\sigma_{T_c}$ ;
- ajuste das curvas de germinação em condições térmicas flutuantes em Casa de Vegetação, a partir dos parâmetros  $T_b$ ,  $\mu_T$  e  $\sigma_{\theta_T}$ ;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. *Urochloa brizantha*

*Urochloa brizantha* cv. Basilisk é gramínea perene originária da savana africana (Uganda) e muito utilizada como forragem para ruminantes. De hábito ereto ou decumbente e com aproximadamente 0,9m de altura (MILES et al., 1998), distribui-se amplamente pela América Latina, Índia e Austrália (NAUMOVA et al., 1999). Propaga-se de forma vegetativa e através de sementes (SKERMAN & RIVEROS, 1990). A floração em *U. brizantha* cv. Basilisk ocorre durante os dias mais longos do ano em regiões tropicais, sendo que no Brasil compreende o mês de Dezembro, produzindo as sementes em Março e Abril. Entretanto a decapitação dos perfilhos ou a disponibilização de nitrogênio no solo estimula a produção de inflorescências, ocasionando produção de sementes em períodos atípicos. As sementes são apomíticas (MILES et al., 1998) e geralmente apresentam dormência física e/ou fisiológica (LIMA & CARDOSO, 1996), resultado das condições edafo-climáticas a que a planta-mãe esteve sujeita durante o período de desenvolvimento e maturação da semente. A dormência física ocorre devido à impermeabilidade do tegumento. Já a dormência morfofisiológica decorre da dispersão das sementes com o embrião ainda imaturo, ocasionando baixa porcentagem final de germinação (HOPKINSON et al., 1998). Como em sementes imaturas o embrião não completou sua formação, o grau de maturidade pode ser determinado pela massa da semente. Para *U. brizantha* cv. Basilisk, um lote possui alta porcentagem de sementes maduras quando 100 desses possuem massa superior a 500 mg (MILES et al., 1998). A dormência pode ser quebrada após as sementes permanecerem alguns meses no solo, ou por um período maior quando armazenadas (HOPKINSON et al., 1998). LIMA & CARDOSO (1996) encontraram 8% de germinação para sementes de *U. brizantha* armazenadas por 2 meses, enquanto que sementes armazenadas por 24 meses apresentaram 57% de germinação. Segundo Castro et al. (1996), a dormência física pode ser superada com tratamento químico (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1M por 10 horas), mecânico (escarificador elétrico de impacto por 10 segundos) e térmico (água à 70°C por 40 segundos). De forma geral, a germinação de sementes do gênero *Urochloa* parece não responder diferenciadamente a diferentes intensidades, períodos e comprimentos de onda de luz (KLEIN & FELIPPE, 1991; LIMA & CARDOSO, 1996). *U. brizantha* STAPF cv. Basilisk é altamente eficiente em invasão biológica e adaptou-se muito bem a regiões de Cerrado, onde se tornou invasora (BARBOSA, et al., 2008).

## 2.2. O efeito da temperatura na germinação

O estabelecimento da plântula é a fase mais crítica do desenvolvimento vegetal, sendo a temperatura uma das condicionantes ambientais que mais interferem neste processo. A temperatura influencia na velocidade das reações metabólicas e, conseqüentemente, no desenvolvimento do indivíduo. Quanto mais rápido for o desenvolvimento das estruturas primárias como radícula e folíolos, maior a probabilidade de sucesso no estabelecimento da plântula (LONATI, 2009). Dessa forma, o entendimento do efeito da temperatura no desenvolvimento vegetal, como a germinação de sementes, permite a aplicação de modelos matemáticos que quantifiquem o processo germinativo. Tais modelos podem ter várias aplicações como a predição da melhor época de aplicação de métodos de controle de espécies indesejadas ou o melhor entendimento de processos ecológicos como competição e sucessão (BRADFORD, 2002).

Arnold & Monteith (1974), estudando o efeito da temperatura na germinação e desenvolvimento de *Festuca ovina*, *Sesleria albicans* e *Kobresia simpliciuscula*, verificaram relação direta entre a taxa de desenvolvimento vegetal e temperatura, propondo o modelo “*thermal time*” para quantificar esta relação. Esse modelo objetiva determinar o calor necessário para a planta completar estádios de desenvolvimento, como o processo germinativo, sendo sua unidade o graus.dia “°C.dia”. Garcia-Huidobro et al. (1982) analisaram o efeito da temperatura na germinação de sementes de *Pennisetum typhoides* e identificaram uma relação linear entre a temperatura e a taxa de germinação. Neste estudo, os dados de germinação foram analisados de forma que as sementes foram divididas em subpopulações com velocidades específicas, já que no processo germinativo as sementes germinam de forma espalhada ao longo de um determinado intervalo de tempo (WASHITANI, 1985). A velocidade de germinação de *P. typhoides* aumentou a partir de uma temperatura mínima ( $T_b$ ) assumida como única para todas as subpopulações, até uma temperatura ótima de germinação ( $T_o$ ), onde a velocidade foi máxima. A partir de  $T_o$ , a velocidade de germinação declinou até uma temperatura máxima ( $T_c$ ) única para ambas as subpopulações, quando novamente tornou-se nula. A linearidade da velocidade de germinação de *P. typhoides* acima e abaixo de  $T_o$  para todas as subpopulações, permitiu utilizar as variáveis tempo e temperatura no modelo *thermal time*:

$$\theta Tg = (T - T_b).tg \text{ para a faixa infraótima (entre } T_b \text{ e } T_o); \quad (\text{equação 1})$$

$$\theta Tg = (T_c - T).tg \text{ para a faixa supraótima (entre } T_o \text{ e } T_c); \quad (\text{equação 2})$$

sendo  $\theta Tg$  a quantidade de graus.dia acumulada para a germinação da fração  $g$ ;  $T$  a temperatura experimental de germinação e  $tg$  o tempo necessário para a fração  $g$  das sementes

germinar.

As equações 1 e 2 mostram que a quantidade de graus.dia acumulada ( $\theta$ ) para determinada fração  $g$  de sementes de *P. typhoides* germinar é constante, tanto para a faixa infra e supraótima. Dessa forma, como exemplo, a fração  $g = 10\%$  das sementes de *P. typhoides* colocadas para germinar em duas temperaturas experimentais diferentes dentro da faixa infraótima, apresentarão tempos diferentes de germinação, já que requerem o mesmo  $\theta$ . Nessa faixa, portanto, as sementes colocadas em temperatura mais alta levarão menos tempo para germinar do que as sementes colocadas em temperatura mais baixa, já que a diferença entre  $T$  e  $T_b$  será maior, conseqüentemente diminuindo  $t_g$ . Por outro lado, na faixa supraótima, quanto maior a temperatura menor a diferença entre  $T_c$  e  $T$ , causando assim um aumento de  $t_g$ .

A maioria das espécies estudadas apresenta  $T_b$  única para todas subpopulações de sementes e  $T_c$  variável conforme a subpopulação (COVEL et al., 1986; ELLIS et al., 1986; FINCH-SAVAGE et al., 1998; KEBREAB & MURDOCH, 1999), embora haja exceções para esta generalização (GARCIA-HIDOBRO et al., 1982; LABOURIAU & OSBOURN, 1984; FYFIELD & GREGORY, 1989). Os valores de  $T_b$  e  $T_c$  para cada subpopulação de sementes podem ser obtidos através das retas do gráfico da velocidade contra temperatura de germinação, ao interceptarem o eixo  $T$  (COVELL et al., 1986). Já o parâmetro  $\theta$  de cada subpopulação pode ser obtido pelo inverso da inclinação das retas correspondentes, já que o rearranjo das equações 1 e 2 podem ser descritas por (GARCIA-HIDOBRO et al., 1982):

$$V_f = 1/t_g = b.(T-T_b) = 1/\theta T_g.(T-T_b) \text{ para a faixa infraótima;} \quad (\text{equação 3})$$

$$V_f = 1/t_g = b.(T_c-T) = 1/\theta T_g.(T_c-T) \text{ para a faixa supraótima;} \quad (\text{equação 4})$$

sendo  $V_f$  a velocidade de germinação fracionária e  $b$  o coeficiente de inclinação da reta (gráfico  $V_f$  vs.  $T$ ) das frações de sementes  $g$ .

A velocidade de germinação ( $1/t_g$ ) de cada subpopulação de sementes pode ser obtida plotando-se a germinação acumulada vs. tempo, e traçar uma curva que descreva da melhor maneira a distribuição dos pontos da germinação acumulada. Outra forma de determinação de  $V_f$  é através da interpolação dos tempos de germinação para determinado valor de  $G$ , utilizando-se o gráfico da germinação acumulada vs. tempo (CARDOSO, 2011).

Gummerson (1986) propôs uma forma diferente de determinação dos parâmetros  $T_b$  e  $\theta$ , utilizando o método da regressão probítica. A análise probítica utiliza a germinação acumulada de todas as temperaturas para gerar uma regressão simples e determinar  $T_b$ , quando as subpopulações apresentam  $T_b$  única. Para a faixa supraótima, o modelo de regressão probítica permite determinar  $\theta g$ , quando esta é igual para todas as subpopulações

(BRADFORD, 2002). A equação utilizada para gerar as germinações acumuladas é descrita por:

$$\text{probit}(g) = a + (\log \theta) / \sigma_{\theta}; \quad (\text{equação 5})$$

sendo  $\sigma_{\theta}$  o desvio padrão da distribuição dos valores de  $\theta$  requeridos pelas várias subpopulações;  $T$  a temperatura experimental e  $a$  o intercepto.

O modelo *thermal time* pode ainda ser utilizado em estudos de germinação com variação ou alternância de temperaturas, já que a soma do calor acumulado em cada temperatura a que as sementes foram expostas resultará na quantidade de graus.dia acumulada (ELLIS & BARRET, 1994). Vários trabalhos indicam que a utilização do modelo *thermal time* em temperaturas infraótimas tem sido bem-sucedido (GARCIA-HUIDOBRO et al. 1982; COVELL et al. 1986; DAHAL et al. 1990; DAHAL & BRADFORD, 1994). A utilização do modelo *thermal-time* é adequada quando não há restrição de água durante o processo de germinação ou emergência, sendo que neste caso o modelo *hydrothermal time* mais apropriado (ALVARADO & BRADFORD, 2002).

### 2.3. Efeito osmocondicionamento na germinação

Sementes de algumas espécies ao serem hidratadas de forma controlada, de forma a prevenir-se a protusão radicular, e posteriormente secas (osmocondicionamento) aumentam a germinação mais rápida e uniforme (BRADFORD & HAIGH, 1994; HARDEGREE & VAN VACTOR, 2000; BRADFORD, 2002; HARDEGREE et al., 2002; ZEHTAB-SALMASI, 2006). Dessa forma, o osmocondicionamento tem sido muito utilizado comercialmente para espécies cultivadas (BRADFORD, 1986). O entendimento dos efeitos dos ciclos de embebição e secagem na germinação de sementes também torna-se importante para estudos bio-ecológicos (ALLEN et al, 1993). O osmocondicionamento pode ser realizado utilizando-se água ou soluções que possuam potencial hídrico inferior ao necessário para a germinação. Algumas atividades fisiológicas e bioquímicas necessárias para a germinação não são iniciadas em potenciais hídricos abaixo de certos limites, que são variáveis para cada espécie ou mesmo lotes da mesma espécie (CHEN & BRADFORD, 2000). Vários são os solutos utilizados para reduzir o potencial hídrico da água: polietilenoglicol (PEG), manitol, glicerol entre outros. Bradford & Haigh (1994) sugerem que durante o osmocondicionamento a semente acumula graus.dia, já que as atividades metabólicas para a germinação são iniciadas; e os retêm mesmo após ciclos de embebição e secagem. Assim, as sementes que passaram pelo osmocondicionamento necessitarão de menor tempo para germinarem que as sementes controle, na mesma temperatura. Dessa forma, é de se esperar que temperaturas de

osmocondicionamento superiores resultem em velocidades de germinação maiores em relação a temperaturas menores. Entretanto, há um certo limite para a acumulação de graus.dia durante o osmocondicionamento, a partir do qual não ocorre aumento na velocidade de germinação ou até sua diminuição (BRADFORD, 2002). Segundo trabalho de Zehtab-Salmasi (2006), sementes de *Cucurbita pepo* osmocondicionadas a 25°C apresentaram Tb estimada e quantidade de graus.dia menor do que sementes condicionadas a 20°C.

Segundo Bradford (2002), além do potencial hídrico, temperaturas inferiores às mínimas necessárias para a germinação são suficientes para causar o osmocondicionamento.

## 2.4. Referências

- ALLEN, P.S., WHITE, D.B. & MARKHART, A.H. Germination of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and annual bluegrass (*Poa annua*) seeds subjected to hydration-dehydration cycles. **Crop Science**, v.33, p.1020–1025, 1993.
- ALVARADO, V. & BRADFORD, K. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.1061-1069, 2002.
- ARNOLD, S.M. & MONTEITH, J.L. Plant development and mean temperature in a Teesdale habitat. **Journal of Ecology**, v.62, p.711-720, 1974
- BARBOSA, E.G.; PIVELLO, V.R. & MEIRELLES, S.T. Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian Cerrados. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.4, p.825-831, 2008.
- BARBOSA, R.A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. **Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas**. 4 Edição. Artmed Editora S/A. Porto Alegre, 2007.
- BRADFORD, K.J. & HAIGH, A.M. Relationship between accumulated hydrothermal time during seed priming and subsequent seed germination rates. **Seed Science Research**, v.4, p.63-69, 1994.
- BRADFORD, K.J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**, v. 50, p. 248-260, 2002.
- BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relation via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, v.21, p.1105–1112, 1986.

- CARDOSO, V.J.M. Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus.dia. **Oecologia australis**, v.15, n.2, p.236-248, 2011.
- CASTRO, C.R.T.; CARVALHO, W.L.; REIS, F.P. & BRAGA FILHO, J.M. Superação da dormência tegumentar em sementes de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Revista Ceres**, Viçosa, v.43, n.245, p.67-75, 1996.
- CHANTRE, G.R.; BATLLA, D.; SABBATINI, M.R. & ORIOLI, G. Germination parameterization and development of an after-ripening thermal-time model for primary dormancy release of *Lithospermum arvense* seeds. **Annals of Botany**, v.103, p.1291–1301, 2009.
- CHEN, F. & BRADFORD, K.J. Expression of an expansin is associated with endosperm weakening during tomato seed germination. **Plant Physiology**, v.124, p.1265–1274, 2000.
- COVELL, S., ELLIS, R.H., ROBERTS, E.H., & SUMMERFIELD, R.J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. **Journal of Experimental Botany**, v.37, p.705-715, 1986.
- DAHAL, P. & BRADFORD, K.J. Hydrothermal time analysis of tomato seed germination at suboptimal temperature and reduced water potential. **Seed Science Research**, v.4, p.71-80, 1994.
- DAHAL, P.; BRADFORD, K.J. & JONES, R.A. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. I. Germination at suboptimal temperature. **Journal of Experimental Botany**, v.41, p.1431–1439, 1990.
- ELLIS, R.H. & BARRETT, S. Alternating temperatures and the rate of seed germination in lentil. **Annals of Botany**, v.74, p.519–524, 1994.
- ELLIS, R.H., COVELL, S., ROBERTS, E.H. & SUMMERFIELD, R.J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Interspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at temperature. **Journal of Experimental Botany**, v.37, p.1503-1515, 1986.
- FINCH-SAVAGE, W.E.; STECKEL, J.R.A. & PHELPS, K. Germination and post-germination growth to carrot seedling emergence: predictive threshold models and sources of variation between sowing occasions. **New Phytologist**, v.139, p.505-516, 1998.
- FYFIELD, T.P. & GREGORY, P.J. Effects of temperature and water potential on germination, radicle elongation and emergence of mungbean. **Journal of Experimental Botany**, v.40, p.67–674, 1989.

- GARCIA-HUIDOBRO, J., MONTEITH, J.L. & SQUIRE, G.R. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). I. Constant temperature. **Journal of Experimental Botany**, v.33, p.288-296, 1982.
- GUMMERSON, R.J. The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v.37, p.719-741, 1986.
- HARDEGREE, S.P. & VAN VACTOR, S.S. Germination and Emergence of Primed Grass Seeds Under Field and Simulated-field Temperature Regimes. **Annals of Botany**, v.85, p.379-390, 2000.
- HARDEGREE, S.P. & VAN VACTOR, S.S. Predicting germination response of four cool-season range grasses to field-variable temperature regimes. **Environmental Experimental Botany**, v.41, p.209-217, 1999.
- HARDEGREE, S.P. Predicting germination response to temperature. I. cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. **Annals of Botany**, v.97, p.1115–1125, 2006a.
- HARDEGREE, S.P. Predicting germination response to temperature. III. Model validation under field-variable temperature conditions. **Annals of Botany**, v.98, p.827–834, 2006b.
- HARDEGREE, S.P.; JONES, T.A. & VAN VACTOR, S.S. Variability in thermal response of primed and non-primed seeds of squirreltail [*Elymus elymoides* (Raf) Swezey and *Elymus multisetus* (J. G. Smith) M. E. Jones]. **Annals of Botany**, v.89, p.311-319, 2002.
- HOPKINSON, J.M.; SOUZA, F.H.D.; DIULGHEROFF, S.; ORTIZ, A. & SÂNCHEZ, M. Fisiología reproductiva, producción de semilla y calidad de la semilla em el Género *Brachiaria*. In. MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B.; KUMBLE, V. (Ed). **Brachiaria: biología, agronomía e mejoramiento**. 1. ed. Cali: CIAT, 1998.
- IZQUIERDO, J.; GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J.L.; BASTIDA, F.; LEZAÚN, J.A. & DEL ARCO, M.J.S. A Thermal Time Model to Predict Corn Poppy (*Papaver rhoeas*) Emergence in Cereal Fields. **Weed Science**, v.57, p.660–664, 2009.
- KEBREAB, E. & MURDOCH, A.J. Modelling the effects of water stress and temperature on germination rate of *Orobanche aegyptiaca* seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.50, n.334, pp.655–664, 1999.
- KLEIN, A.; FELIPPE, G.M. Efeito da Luz na Germinação de Ervas Invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.955-966, 1991.
- KURTAR, E.S. Modelling the effect of temperature on seed germination in some cucurbits. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.9, p.1343-1353, 2010.
- LABOURIAU, L.G. & OSBORN, J.H. Temperature dependence on germination of tomato

- seeds. **Journal of Thermal Biology**, v.9, n.4, p.285-294, 1984.
- LIMA, V.L.D. & CARDOSO, V.J.M. On the germination and dormancy of dispersal units of *Brachiaria decumbens* Stapf. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.39, n.3, p.595-606, 1996.
- LONATI, M; MOOT, D.J.; ACETO, P.; CAVALLERO, A. & LUCAS, R. J. Thermal time requirements for germination, emergence and seedling development of adventive legume and grass species. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.52, p.17-29, 2009.
- McDONALD, C.K. Germination response to temperature in tropical and subtropical pasture legumes. 1. Constant temperatures. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.42, p.407-419, 2002a.
- McDONALD, C.K. Germination response to temperature in tropical and subtropical pasture legumes. III. Alternating temperatures. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.42, p.421-429, 2002b.
- MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B.; KUMBLE, V. **Brachiaria: biologia, agronomia e melhoramento**. 1. ed. Cali: CIAT, 1998.
- NAUMOVA, T.N.; HAYWARD, M.D. & WAGENVOORT, M. Apomixis and sexuality in diploid and tetraploid accessions of *Brachiaria decumbens*. **Sexual Plant Reproduction**, v.12, p.43-52, 1999.
- QIU, J.; BAI, Y; COULMAN, B. & ROMO, J. T. Using thermal time models to predict seedling emergence of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) under alternating temperature regimes. **Seed Science Research**, v.16, p.261-271, 2006.
- SKERMAN, P.J. & RIVEROS, F. **Tropical grasses**. FAO plant production and protection series, v.23, p.238-242, 1990.
- TRUDGILL, D.L.; HONEK, A.; LI, D. & VAN STRAALLEN, N.M. Thermal time: concepts and utility. **Annals of Applied Biology**, v.146, p.1-14, 2005.
- WASHITANI, I. Germination-rate dependency on temperature of *Geranium carolinianum* seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.36, p.330-337, 1985.
- ZEHTAB-SALMASI, S. Study of cardinal temperatures for Pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed germination. **Journal of Agronomy**, v.5, n.1, p.95-97, 2006.

**3. DEPENDÊNCIA TÉRMICA DA GERMINAÇÃO DE *Urochloa brizantha* (STAPF)  
Webster CV. BASILISK, UTILIZANDO O MODELO *THERMAL TIME***

Evandro A. Nakao<sup>a,\*</sup>; Victor José M. Cardoso<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro-SP, 13506-900, Brasil*

**\*corresponding author:**

*Evandro Afonso Nakao*

*nakaojp@hotmail.com*

### 3.1. Resumo

Este trabalho objetivou utilizar o modelo *thermal time* como descritor da germinação de sementes de *Urochloa brizantha* em condições térmicas constantes e variáveis. Os testes de germinação em condições controladas foram realizados em bloco de gradiente térmico com temperaturas constantes variando de 8 a 41,5 °C. Determinou-se através da regressão da velocidade fracionária de germinação em função da temperatura, e da regressão probítica da germinação acumulada sobre a quantidade de graus.dia, os parâmetros temperatura mínima (Tb), ótima (To) e máxima (Tc) de germinação, assim como a quantidade de graus.dia ( $\theta T$ ) necessária para a germinação de sementes individuais. Os testes de germinação em condições não controladas de temperatura foram conduzidos em casa de vegetação, com monitoramento diário da temperatura. A partir da temperatura média no período, estimou-se a germinação esperada, em função dos parâmetros obtidos dos ensaios em condições controladas. *U. brizantha* apresentou temperaturas cardiais de germinação típicas de espécies de clima tropical, com Tb e Tc iguais a  $7,5 \pm 0,5$  °C e  $41,5 \pm 0,5$  °C, respectivamente. A temperatura ótima de germinação situou-se em 31,5 °C. Os dados sugerem que *U. brizantha* apresenta o padrão mais comum de distribuição dos parâmetros térmicos, com Tb fixa e graus.dia variável para as subpopulações de sementes na faixa infraótima, e graus.dia fixo e Tc variável para a faixa supraótima. O método probítico, baseado no conceito *thermal time*, foi eficiente em estimar Tb e Tc em condições controladas, porém superestimou os tempos de germinação de *U. brizantha* em condições de campo.

**Palavras-chave:** Braquiária; graus.dia; temperatura; germinação

### 3.2. Introdução

*Urochloa brizantha* cv. Basilisk (Poaceae) foi introduzida no Brasil como forragem para bovinos, adaptando-se muito bem a regiões de Cerrado, onde se tornou invasora. Espécies do gênero *Urochloa* predominam nas pastagens brasileiras e estima-se que ocupem aproximadamente 100 milhões de hectares (BARBOSA, 2006). É uma espécie característica de clima tropical e altamente eficiente em invasão biológica, alterando a paisagem, interações e composição de espécies (BARBOSA, et al., 2008).

Segundo Begon et al. (2007), a melhor maneira de evitar o estabelecimento de espécies invasoras é determinar quais possuem as maiores probabilidades de estabelecimento, concentrando os esforços nestas espécies. Para tanto, estudos sobre biologia reprodutiva, dispersão, recrutamento e auto-ecologia são fundamentais. Para gramíneas, o manejo é geralmente baseado no controle da germinação das sementes e estabelecimento das plântulas. Assim, ferramentas que possam estimar estes parâmetros, como o modelo de *thermal time*, são importantes no controle dessas invasoras em campo, já que permitem determinar as melhores épocas para amostragens e aplicação de métodos de controle (BRADFORD, 2002).

O modelo *thermal time* permite estimar o tempo necessário para determinada porcentagem de sementes germinar em função da temperatura (TRUDGILL et al., 2005). Baseia-se na premissa de que um determinado processo requer uma certa quantidade acumulada de calor (graus.dia) para que seja completado. Assim conhecendo-se essa relação, pode-se prever o tempo necessário para que tal processo ocorra num ambiente com temperatura variável. Trabalhos visando prever a germinação e emergência de plântulas em campo, utilizando o modelo *thermal time*, têm obtido estimativas acuradas (IZQUIERDO et al. 2009, QIU et al., 2006; HARDEGREE, 2006b; HARDEGREE & VAN VACTOR, 1999).

Considerando a importância da modelagem, não só para a compreensão da fisiologia da espécie, mas principalmente para estudos de manejo e controle da espécie no ambiente natural, e considerando-se que praticamente inexitem trabalhos, no Brasil, sobre o uso de modelos empíricos cujos parâmetros tenham significado biológico e que possibilitem a descrição e a previsão do comportamento germinativo de espécies tropicais em resposta a fatores ambientais, particularmente a temperatura, este trabalho tem como objetivo geral utilizar o modelo *thermal time* (“soma térmica”, “tempo térmico” ou “graus.dia”) como descritor da germinação de sementes de *Urochloa brizantha* em condições térmicas constantes e variáveis.

### 3.3. Materiais e Métodos

#### Material vegetal

Foram utilizadas sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk adquiridas em 03/2010, da empresa PRÓSEMENTES, Araçatuba (SP), tendo sido colhidas em 04/2009 e armazenadas à 24 °C, com umidade relativa de 60%. O lote apresentou germinação máxima de ~70%. Após a aquisição, as sementes permaneceram armazenadas a 9±3 °C, sendo realizados mensalmente testes de germinação para avaliar possível alteração da viabilidade nesse período. Os testes foram realizados em caixas de germinação, sobre camada dupla de papel de filtro saturada com água destilada, com quatro repetições de 50 sementes cada. As caixas foram mantidas em câmara de germinação a 25±1 °C, em condições de escuro. Diariamente foram contadas as sementes germinadas (curvatura geotrópica da raiz primária), durante 15 dias. As porcentagens e velocidades de germinação foram plotadas contra a variável 'tempo de armazenamento', sendo a relação avaliada pelo modelo de regressão linear, determinando-se eventuais diferenças estatísticas (intervalo de confiança,  $\alpha = 0,05$ ) entre a inclinação da reta e a abscissa (LABOURIAU & OSBORN, 1984).

#### Procedimentos

Os experimentos foram realizados no Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da UNESP de Rio Claro, SP.

#### Ensaio 1. germinação em condições isotérmicas

No ensaio conduzido em Abril de 2010, foram testadas 18 temperaturas constantes que variaram de 8 °C à 41,5±1 °C, no escuro, em bloco termo-gradiente (CARDOSO, 2010). As sementes foram acondicionadas em suportes confeccionados em material PVC, colocados individualmente dentro de tubos de ensaio tampados e posicionados na posição horizontal, sobre camada dupla de papel de filtro saturada com água destilada. Foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes cada. As contagens foram realizadas diariamente, usando-se a curvatura geotrópica da raiz primária como critério de germinação. A duração do experimento variou de seis dias (temperaturas 34,5 °C, 36,5 °C e 41,5 °C) a 60 dias (temperatura 8 °C). As sementes não germinadas ao final do ensaio (n = 50) foram submetidas a teste de tetrazólio (0,1%), por duas horas, a 37 °C (BRASIL, 2009), para determinação da porcentagem de sementes viáveis.

#### Ensaio 2. germinação em casa de vegetação

As sementes foram dispostas entre camada dupla de papel filtro, dentro de bandejas retangulares de papel aluminizado, medindo 100mm x 150mm x 30mm, com volume de 500mL, preenchidas com 400mL de substrato formado por mistura de Plantmax, areia grossa,

terra e vermiculita, na proporção 2:2:1:1. Para cada semente foram utilizadas cinco repetições (bandejas) com 100 sementes cada. As bandejas foram mantidas a pleno sol, sob fotoperíodo e temperatura naturais. As sementes foram feitas mensalmente no período de Setembro de 2010 a Agosto de 2011, num total de doze, sendo que a protusão da radícula foi acompanhada durante um período de até 30 dias após cada plantio. Ao longo dos ensaios, o substrato foi mantido em capacidade de campo, sendo as temperaturas do substrato continuamente monitoradas com auxílio de termômetros de máxima e mínima. A partir dos dados de temperatura coletados, estimou-se as porcentagens de germinação esperadas para o período.

#### **Variáveis biológicas analisadas:**

**a) porcentagem de germinação (G):**  $G\% = (n/nt).100$ , onde  $n$  = número de sementes germinadas e  $nt$  = total de sementes.

**b) velocidade média de germinação (Vm):**  $Vm = \sum ni / \sum ni.ti$ , onde:  $ni$  = número de sementes germinadas no intervalo de tempo  $ti$ , em dias (LABOURIAU & OSBORN, 1984).

**c) incerteza (U):** obtida através da expressão:  $U = -\sum(fi.log_2fi)$ , onde  $fi$  é o número de sementes germinadas no tempo  $i$ , dividido pelo número total de sementes germinadas (LABOURIAU & AGUDO, 1987).

**d) velocidade fracionária (Vf), temperatura mínima (Tb), ótima (To) e máxima (Tc) de germinação, média ( $\mu_{Tc}$ ) e desvio de Tc ( $\sigma_{Tc}$ ), graus.dia ( $\theta T$ ) e respectiva média ( $\mu_{\theta T}$ ) e desvio ( $\sigma_{\theta T}$ ):** a partir dos dados de germinação acumulada em função do tempo (t), obtidos no ensaio 1, determinou-se a distribuição das velocidades fracionárias de germinação ( $1/tg$ ) (GARCIA-HUIDOBRO et al., 1982),  $Tb$ ,  $To$ ,  $Tc$ ,  $\mu_{Tc}$ ,  $\sigma_{Tc}$ ,  $\theta T$ ,  $\mu_{\theta T}$  e  $\sigma_{\theta T}$  para as frações 10, 20, 30, 40, 50 e 60%, na faixa infra e supraótima, segundo Ellis et al. (1986).

**e) porcentagens esperadas de germinação em função da temperatura e período:** determinadas através do modelo de regressão probítica (FINNEY, 1971) -  $probit(G) = K + \log \theta T \cdot (1/\sigma_{\theta T})$ , com  $K = -3,08$ ,  $\sigma_{\theta T} = 0,234$  e  $\theta T$  correspondendo à quantidade de calor acumulada para determinado período, obtida através da fórmula:  $\theta T = (Td - Tb) \cdot tg$ , onde  $Td$  corresponde à temperatura média diária durante o experimento, estimada pela fórmula  $\Sigma[(T_{Mi} + T_{mi})/2]/t_i$ , onde:  $T_{Mi}$  = temperatura máxima no dia  $i$ ;  $T_{mi}$  = temperatura mínima no dia  $i$ ; e  $t_i$  = duração do teste, em dias. Os parâmetros  $K$  e  $\sigma_{\theta T}$  foram determinados a partir da análise dos dados gerados pelo ensaio 1.

#### **Análise estatística**

Foram usados os testes de Tukey (ensaio 1) (SANTANA & RANAL, 2004) e teste do

qui-quadrado (ensaio 2), ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Seguiu-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, para todos os experimentos. Para o teste do qui-quadrado, utilizou-se os dados de porcentagem observada não acumulada de germinação até o limite mínimo de 5%. O valor da porcentagem acumulada esperada limitou-se ao valor máximo da porcentagem final observada para cada mês.

### **3.4. Resultados e discussão**

Não ocorreram alterações significativas na porcentagem e velocidade de germinação das sementes armazenadas de *Urochloa brizantha* entre os meses de Abril de 2010 e Agosto de 2011 (figura 1). Este fato parece ser uma condição comum em *U. brizantha*, uma vez que Hopkinson et al. (1998) também relataram que sementes dessa espécie toleram o armazenamento por períodos prolongados sem perda de qualidade. Esses resultados asseguraram a comparabilidade dos dados obtidos durante os testes de campo (ensaio 2) por intermédio das estimativas de germinação geradas a partir dos parâmetros determinados em condições de laboratório (ensaio 1).

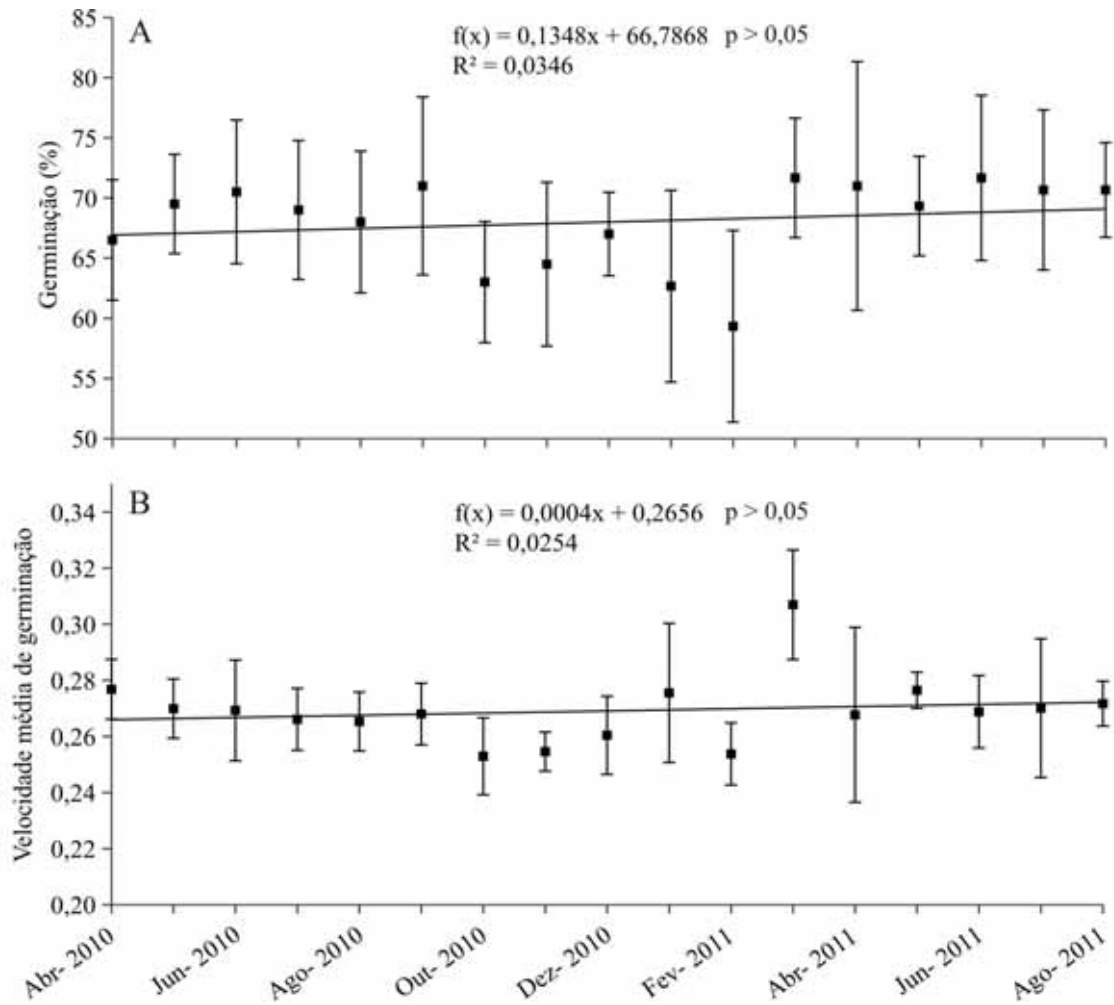


Figura 1. Testes mensais de porcentagem de germinação (A) e velocidade média de germinação (B) de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk para o período compreendido entre Abril de 2010 e Agosto de 2011. Barras verticais indicam os desvios das médias, representadas pelos pontos.

**Ensaio 1. germinação em condições controladas:** As porcentagens de germinação acumulada de *Urochloa brizantha*, para várias temperaturas constantes, são apresentadas na figura 2. Houve germinação de sementes de *Urochloa brizantha* apenas a partir de 8 °C, cessando acima de 41,5 °C (figura 3). *U. brizantha* germinou em uma faixa de temperatura típica de espécies vegetais tropicais (LANGRIDGE & MCWILLIANS, 1967), aproximando-se de *Pennisetum typhoides* (GARCIA-HUIDOBRO et al., 1982), *Themeda australis*, *Chrysopogon fallax*, *Sorghum plumosum*, *Chrysopogon Latifolius* e *Sorghum stipoides* (MOTT, 1978). A porcentagem final e a velocidade média de germinação aumentaram com a elevação da temperatura de germinação, posteriormente se estabilizando e depois diminuindo. Temperaturas muito baixas ou altas afetaram negativamente tanto a porcentagem quanto a velocidade média de germinação. Já o índice U (incerteza), cuja recíproca reflete a sincronização da germinação, diminuiu com o aumento da temperatura, indicando que as sementes de *U. brizantha* apresentaram maior sincronismo nas temperaturas elevadas (figura 3C). A faixa ótima de porcentagem final de germinação (maiores valores) situou-se entre 15,5 e 33 °C; resultado este coerente com a publicação Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, que recomenda para *U. brizantha*, temperaturas de germinação alternadas de 15 e 35 °C ou 20 e 35 °C. Para a velocidade média de germinação, a faixa-ótima situou-se entre 31,5 e 38 °C. A sincronização da germinação foi maior entre 28,6 e 39,3 °C. A faixa ótima para a velocidade de germinação coincidiu com a faixa ótima para a porcentagem final de germinação em um pequeno intervalo de temperaturas: 31,5 °C a 33 °C; sendo que Labouriau & Osborn (1984) encontraram resultados semelhantes para *Lycopersicon esculentum*. Na faixa de temperatura na qual se encontram as maiores porcentagens e velocidades de germinação, simultaneamente, a germinação é dita “limitada pela velocidade” (LABOURIAU & AGUDO, 1987). O teste de tetrazólio indicou que apenas 20% das sementes que não germinaram durante o ensaio em temperaturas constantes estavam viáveis (tabela 1). Temperaturas abaixo de 13 °C ou acima de 38 °C reduziram a viabilidade das sementes não germinadas.

No intervalo entre 8 °C e 28,5 °C, a velocidade de germinação (1/tg) aumentou de forma próxima à linear com a temperatura, para as frações 10, 20, 30, 40, 50 e 60% (figura 4). Em 31,5 °C situa-se a temperatura ótima de germinação, na qual a velocidade de germinação é máxima. A partir de 31,5 °C, a velocidade de germinação tende a diminuir de forma linear para as frações 10, 20, 30, 40 e 50%. As primeiras sementes a germinar (ditas menores frações) apresentaram as maiores velocidades de germinação, enquanto as últimas sementes a germinar (maiores frações) apresentaram as menores velocidades, tanto para a faixa infra

quanto supraótima, independente da temperatura. Na faixa infraótima, as regressões dos valores de velocidade de germinação ( $R^2 > 0,96$ ) indicaram  $T_b$  única para todas as frações de sementes,  $9\text{ }^\circ\text{C}$ , exceto para a fração 60%, devido à baixa porcentagem final de germinação na faixa de temperatura entre  $8\text{ }^\circ\text{C}$  e  $13,5\text{ }^\circ\text{C}$  (figura 3a). De fato, Phelps & Finch-Savage (1997) argumentam ser inapropriado considerar que todas as frações de sementes possuem única  $T_b$ , mesmo quando as regressões indicam isto, já que em alguns casos, como para *U. brizantha*, em temperaturas baixas as maiores frações de sementes não germinam. A indicação de  $T_b$  única e  $T_c$  variável para as subpopulações de sementes tem se mostrado frequente na maioria dos trabalhos sobre germinação (BRADFORD, 2002; CARDOSO, 2011). O valor indicado pelas regressões para  $T_b$  esteve próximo a  $T_b$  experimental, diferenciando-se por  $1\text{ }^\circ\text{C}$ . Para a faixa supraótima, as regressões de  $V_f$  ( $R^2 > 0,98$ ) indicaram  $T_c$  ser diferente para cada fração de sementes, com valores que variaram de  $47,1\text{ }^\circ\text{C}$  para a fração 10% (primeiras sementes a germinar), a  $51,2\text{ }^\circ\text{C}$  para a fração 50% (últimas sementes a germinar). As regressões superestimaram  $T_c$  em relação aos valores experimentais, já não houve germinação em temperaturas acima de  $41,5\text{ }^\circ\text{C}$ . Essa discrepância pode ser devido ao método usado – baseado na extrapolação da curva de regressão linear dos valores de  $V_f$  - para se estimar  $T_c$ , o qual tem sido questionado por alguns autores, como McDonald (2002a). Segundo Hardegree (2006a), a relação entre  $V_f$  e  $T$  pode ser pouco linear para algumas espécies. Phelps & Finch-Savage (1997) recomendam utilizar equações não lineares na determinação de  $T_b$  e  $T_c$ , baseado no gráfico de porcentagem final de germinação vs. temperatura.

A análise dos dados utilizando o método de regressão probítica mostrou-se satisfatória para descrever a distribuição da germinação x graus.dia, na faixa infraótima (figura 5); e germinação x  $T_c$ , na faixa supraótima (figura 6). Na faixa infraótima, a partir da reta ajustada da figura 5A, determinou-se o intercepto (=  $-3,08$ ), desvio padrão (=  $0,234$ ) e média (=  $1,88$ ) da distribuição probit da germinação acumulada em função do log de graus.dia, gerando a curva esperada da relação fração de sementes x graus.dia necessários para completar a germinação (figura 5B). Na faixa supraótima, a partir da reta ajustada da figura 6A, determinou-se o intercepto (=  $34,6$ ), desvio padrão (=  $-0,053$ ) e média (=  $1,56$ ) da distribuição probit da germinação acumulada em função do log de  $T_c$ , gerando a curva esperada da relação fração de sementes x temperatura máxima de germinação (figura 6B). Os parâmetros  $T_b$ ,  $T_c$  e graus.dia, para cada subpopulação de sementes (tabela 2), estimados pela regressão probítica da germinação acumulada, foram muito próximos dos valores experimentais, corroborando os dados de Murdoch et al. (1989), que citam a alta eficiência do método em descrever estes parâmetros.

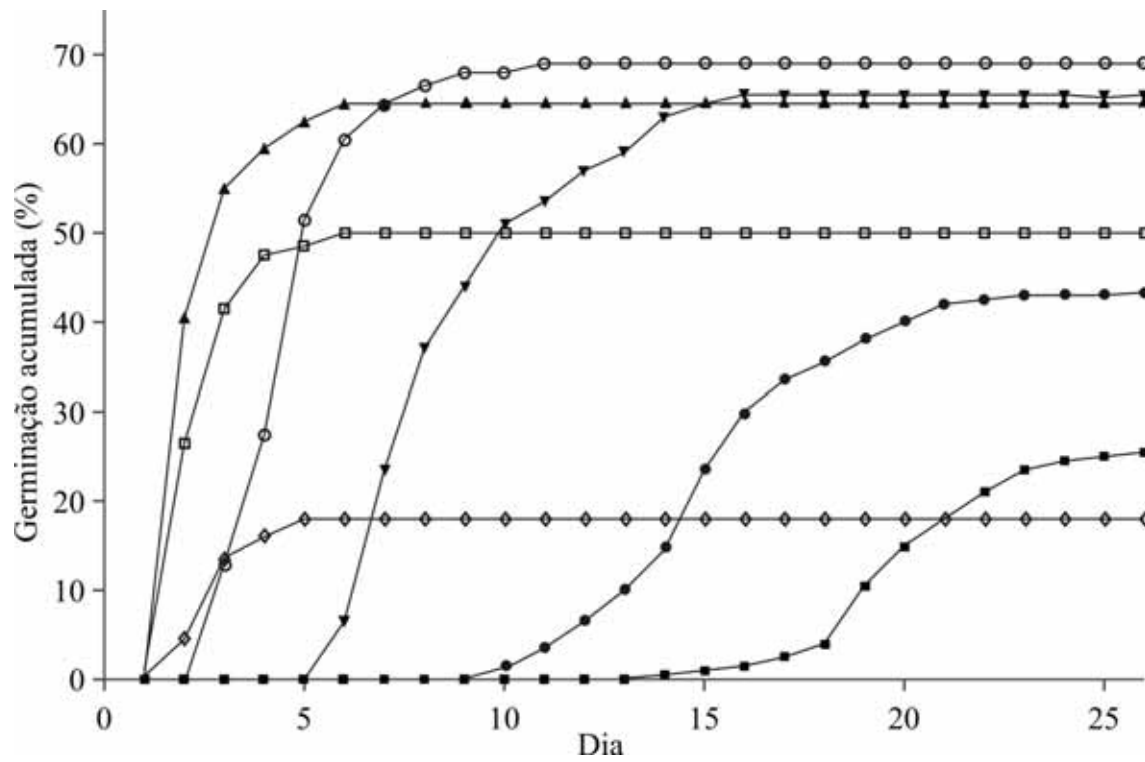


Figura 2. Germinação acumulada de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk em função do tempo, para as temperaturas 10,0 °C (■), 11,4 °C (●), 15,5 °C (▼), 21,4 °C (○), 31,5 °C (▲), 36,5 °C (□) e 39,3 °C (◇).

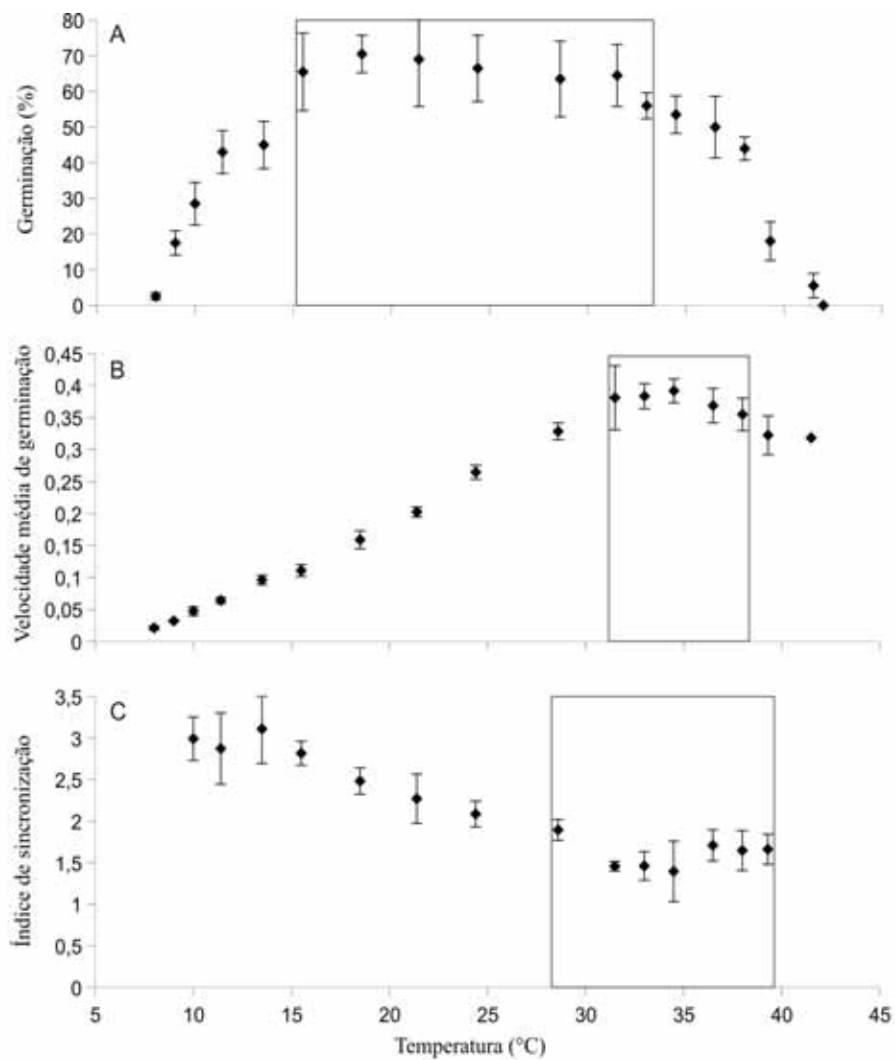


Figura 3. Efeito da temperatura na porcentagem final de germinação (A), velocidade média de germinação (B) e índice de sincronização da germinação (C) de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk. As barras verticais indicam os respectivos desvios da média. Os retângulos indicam as faixas de temperaturas onde ocorrem as maiores porcentagens de germinação (A), velocidades médias de germinação (B) e sincronização da germinação (C) (teste Tukey,  $\alpha=0,05$ ).

Tabela 1. Porcentagem de sementes viáveis de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, em sementes não germinadas após teste de germinação em temperaturas constantes variando de 8 a 41,5 °C. As sementes foram submetidas a teste de tetrazólio (0,1%), por duas horas, a 37 °C.

Temperatura (°C)	N	Sementes viáveis (%)
8	50	0
9	50	4
10	50	8
11,4	50	8
13,5	50	18
15,5	50	20
18,5	50	20
21,4	50	20
28,6	50	20
31,5	50	20
33	50	20
34,5	50	20
36,5	50	14
38	50	22
39,3	50	16
41,5	50	0
Semente fresca	200	76

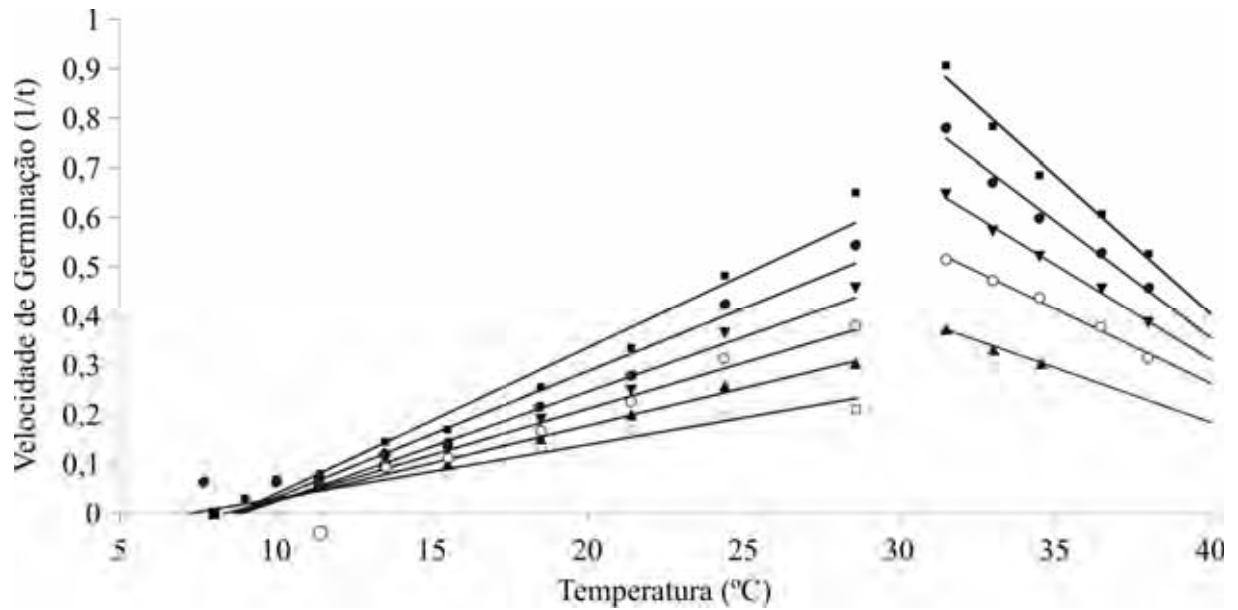


Figura 4. Relação entre a velocidade de germinação ( $1/t$ ) e temperatura, para as frações de sementes 10% (■), 20% (●), 30% (▼), 40% (○), 50% (▲) e 60% (□), para *Urochloa brizantha* cv. Basilisk. As regressões lineares das velocidades de germinação das frações de sementes são representadas pelas linhas contínuas para as frações: 10% ( $y=0,03x-0,258$ ), 20% ( $y=0,025x-0,224$ ), 30% ( $y=0,022x-0,198$ ), 40% ( $y=0,018x-0,162$ ), 50% ( $y=0,015x-0,127$ ) e 60% ( $y=0,011x-0,079$ ) na faixa infraótima; e 10% ( $y=-0,056x+2,66$ ), 20% ( $y=-0,047x+2,25$ ), 30% ( $y=-0,038x+1,858$ ), 40% ( $y=-0,030+1,475$ ) e 50% ( $y=-0,019+0,992$ ) na faixa supraótima.

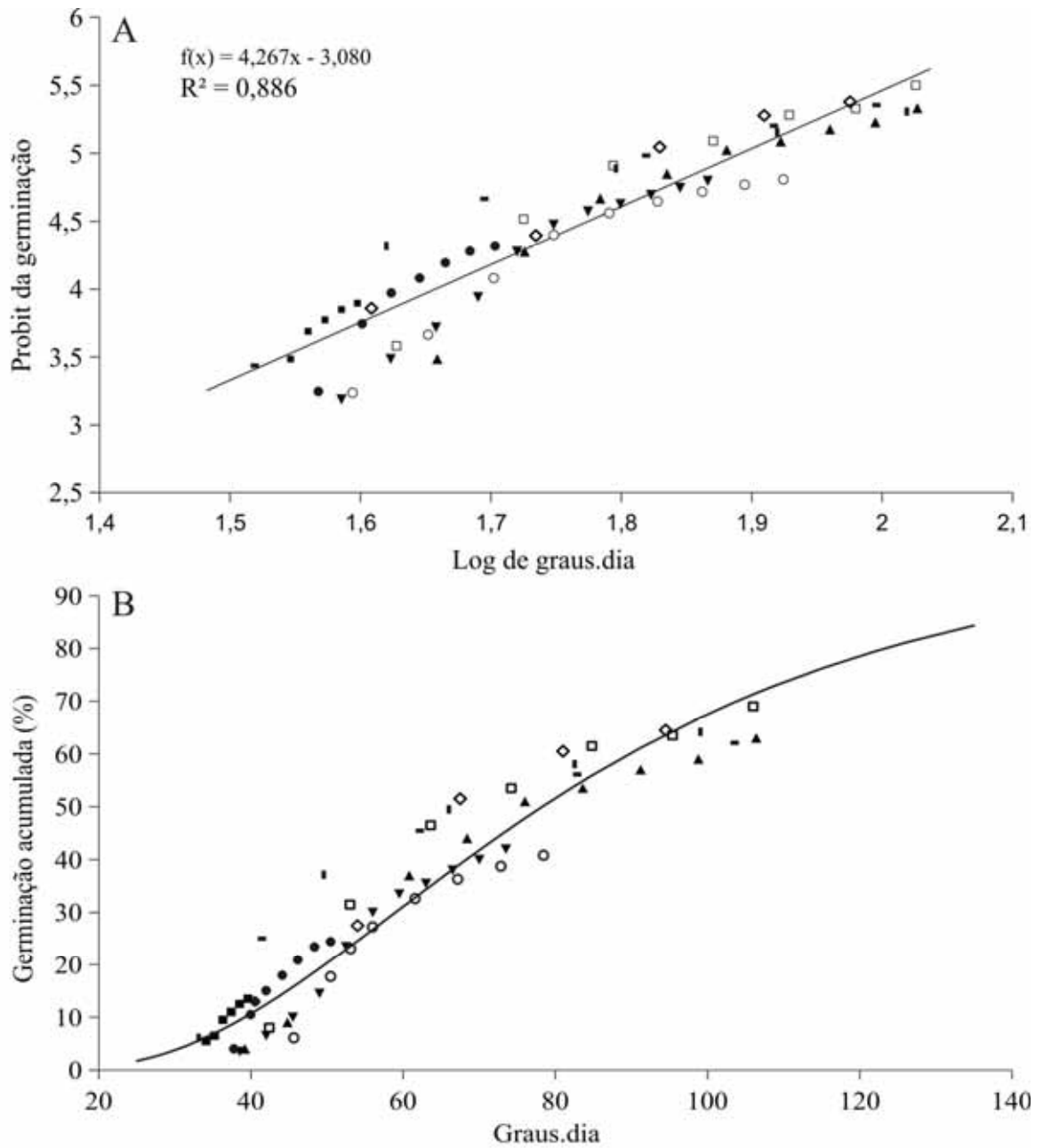


Figura 5. (A) Distribuição da transformação probit da germinação de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk em função do acúmulo de log de graus.dia, para a faixa infraótima. (B) Relação entre a germinação e distribuição de graus.dia entre as sementes. Símbolos representam valores experimentais para as temperaturas 9 °C (■), 10 °C (●), 11,4 °C (▼), 13,5 °C (○), 15,5 °C (▲), 18,5 °C (□), 21,4 °C (◇), 24,4 °C (—) e 28,5 °C (▣), enquanto a linha contínua representa o modelo descrito pela equação:  $\text{probit}(G\%) = K + \log_x.(1/\sigma_x)$ , com  $\sigma_x = 0,234$  e  $K = -3,08$ .

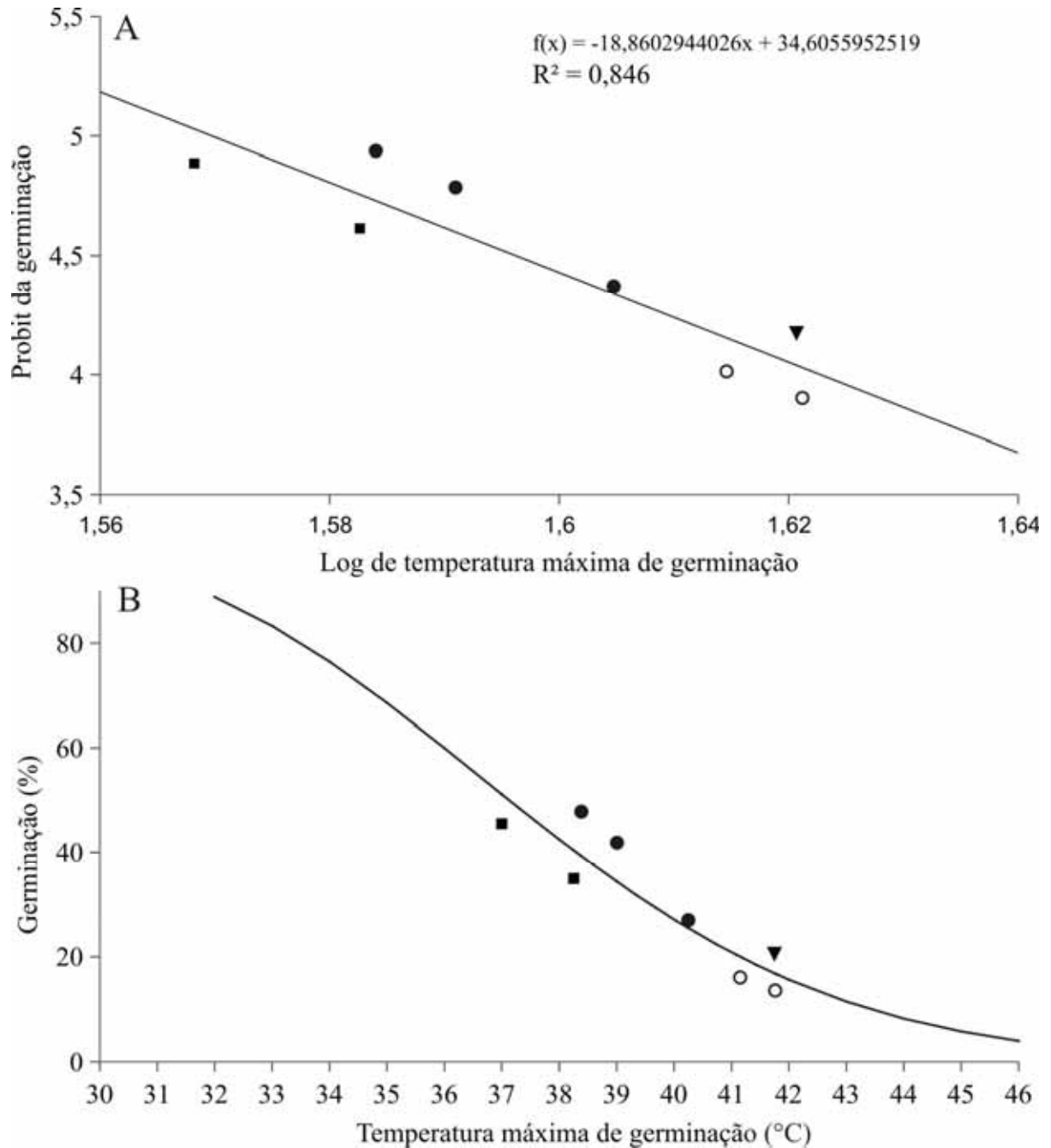


Figura 6. (A) Distribuição de probit da germinação de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk em função de log da temperatura máxima de germinação ( $T_c$ ), para a faixa supraótima. (B) Relação entre a germinação e distribuição de  $T_c$  entre as sementes. Símbolos representam valores experimentais para as temperaturas 34,5 °C (■), 36,5 °C (●), 38 °C (▼) e 39,3 °C (○), enquanto a linha contínua representa o modelo descrito pela equação:  $\text{probit}(G\%) = K + \log_x.(1/\sigma_x)$ , com  $\sigma_x = -0,053$  e  $K = 34,6$ .

Tabela 2. Temperatura mínima (Tb) e máxima (Tc) de germinação, e quantidade de graus.dia ( $\theta$ ) necessária para a germinação na faixa infra e supraótima, das frações de sementes (S-P) 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70%; obtidos através da regressão probítica das porcentagens acumuladas de germinação de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, para cada subpopulação.

<b>S-P (%)</b>	<b>Tb (°C)</b>	<b>Tc (°C)</b>	<b><math>\theta</math>T (°C.d) (infraót.)</b>	<b><math>\theta</math>T (°C.d) (supraót.)</b>
10	8	43,4	39,4	7,5
20	8	41,1	50	7,5
30	8	39,6	59,2	7,5
40	8	38,3	68,2	7,5
50	8	37,1	78,3	7,5
60	8	-	90,7	7,5
70	8	-	103,1	7,5

**Ensaio 2. germinação em casa de vegetação:** As porcentagens de germinação acumulada mensais observadas e esperadas são apresentadas na figura 7. A análise indicou que em todos os meses houve diferença estatística significativa entre as porcentagens esperadas de germinação, obtidas através da temperatura média do período, e a porcentagem observada (tabela 3). Nota-se que o modelo superestimou a velocidade de germinação para todos os meses. As curvas de germinação observadas e esperadas apresentaram porcentagens de germinação com diferenças que variaram de 1 a 3 dias, dependendo do mês. A correção da temperatura média mensal, para que não houvesse diferença significativa na germinação observada vs. esperada, apresentou grande variação entre os meses, de 1 a 11 °C (tabela 3). Esta variação, aparentemente, não esteve relacionada ao padrão de variações térmicas observadas entre os ensaios, como temperatura média, amplitude, temperatura máxima ou mínima. Segundo Hardegree (2006a), o método de regressão probítica, apesar de gerar índices que podem ser comparados entre espécies, e coeficientes correlacionados com os processos fisiológicos, baseia-se na linearidade de relações ( $G \times T$  e  $G \times T_c$ ), o que nem sempre ocorre. Este fato pode ocasionar erro na determinação dos tempos de germinação. A superestimativa das velocidades de germinação pode também ter ocorrido, pois a modelagem utilizou a média das temperaturas ocorridas durante o período do experimento. Assim, temperaturas nos períodos mais quentes do dia, que geralmente estavam acima da faixa ótima, foram interpretadas pelo modelo como acelerando a germinação, enquanto na verdade, causaram o efeito contrário. Nota-se que para todos os meses, à exceção de Maio/2011, a temperatura máxima do período esteve acima da temperatura ótima de germinação. Os meses de Outubro, Novembro e Dezembro de 2011, e Fevereiro e Março de 2012, apresentaram temperaturas acima de 43 °C. Portanto, possivelmente a utilização da média aritmética da temperatura não se constitui a melhor forma para previsão de germinação em locais de grande amplitude térmica diária. Segundo Murdoch & Roberts (1997), para algumas espécies os tempos e porcentagens de germinação podem ser diferentes entre condições de temperaturas constantes ou variáveis, causando diminuição na acurácia de previsões. Ainda segundo Forcella et al. (2000), temperaturas muito baixas ou altas durante o processo germinativo podem alterar os parâmetros do modelo *thermal time*, tornando-o menos acurado. Em Maio de 2011, apesar da temperatura máxima do período não ter extrapolado a faixa ótima de germinação, nota-se que o modelo também superestimou os tempos de germinação. Entretanto, a temperatura mínima deste período (3 °C) mostrou-se muito baixa, o que pode ter causado danos às sementes ou modificado os parâmetros anteriormente definidos, diminuindo a acurácia de previsão do modelo. Neste caso, o aumento de  $T_b$  e diminuição de  $T_c$ , causando um estreitamento da faixa

de germinação, tipicamente induzidos por condições ambientais desfavoráveis, pode ser entendido como um aumento no grau de dormência das sementes (BRADFORD, 2002). Os meses de Junho e Agosto de 2011 também apresentaram temperaturas extremamente baixas, ao redor de 0 °C. Para Carneiro et al. (2003), *U. brizantha* possui a base genética pouco modificada por melhoramento desde sua introdução no Brasil, principalmente devido à apomixia, já que as características paternas não são transmitidas à progênie. Desta forma, *U. brizantha* tende a se comportar, em condições de campo, como uma espécie selvagem, germinando de forma desuniforme (PITELLI & PAVANI, 2005) e, portanto, reduzindo a acurácia da previsão. Izquierdo et al. (2009), Qiu et al. (2006) e Hardegree & Van Vactor (1999), baseados no conceito de graus.dia, estimaram a emergência em campo com boa acurácia utilizando a temperatura média. No entanto, os experimentos foram conduzidos em locais de latitudes temperadas; o que pode ter influenciado nos resultados, já que nestes locais a interferência das temperaturas elevadas pode ter sido menor. Nota-se que nestes trabalhos a temperatura média situou-se próxima a 20°C e a temperatura máxima diária próxima a 30 °C nos meses mais quentes. Temperaturas baixas provavelmente também não foram problema, já que as espécies analisadas eram típicas de locais frios. Segundo Schulze et al. (2005), apenas espécies tropicais e subtropicais são afetadas negativamente por temperaturas muito baixas.

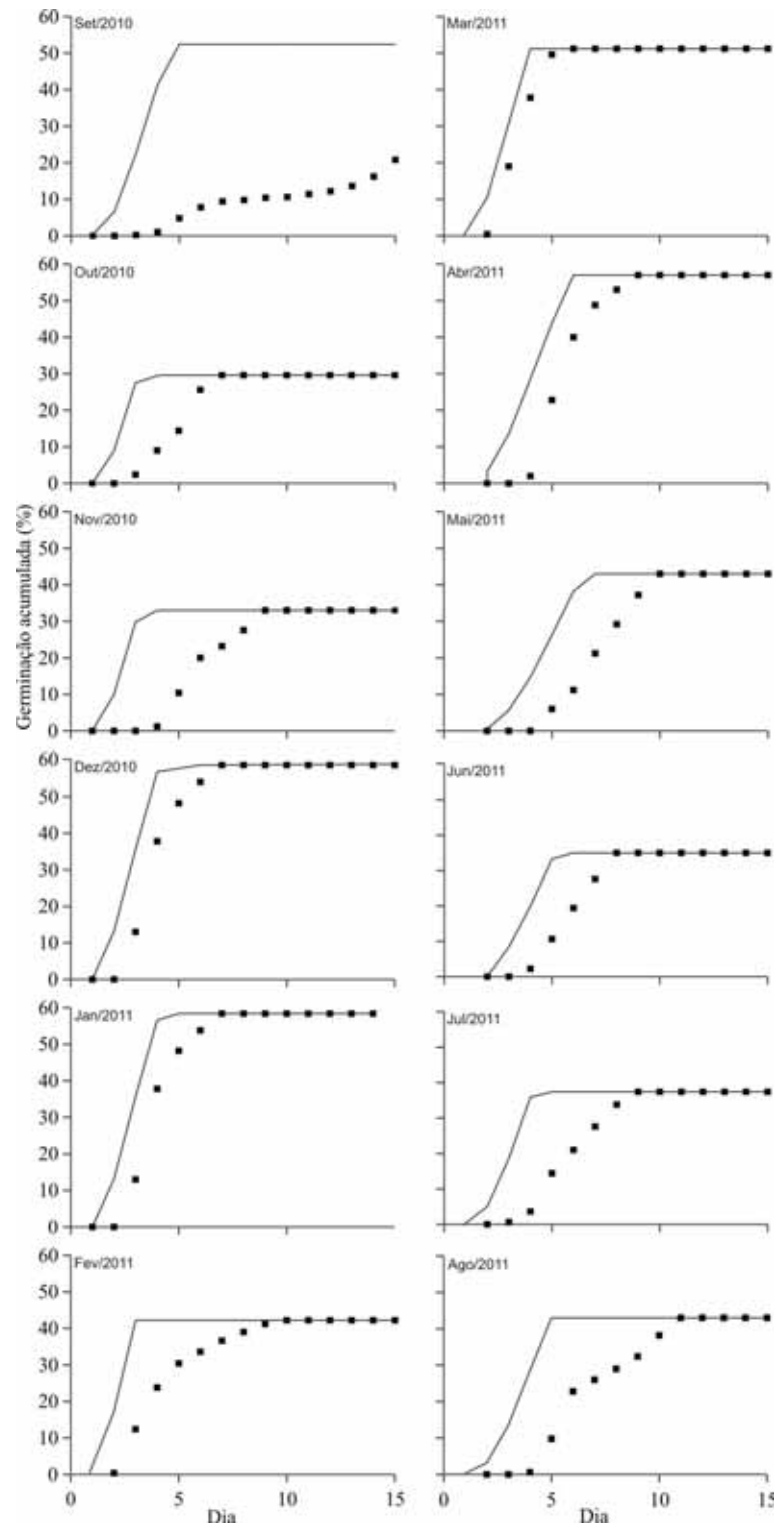


Figura 7. Porcentagens mensais de germinação acumulada de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk observadas em condição não controladas de temperatura (■) e esperada (linha contínua), baseada no modelo *thermal time*, e ajustada através da regressão probítica dos valores de germinação acumulada obtidos em condições controladas, em função do tempo, para o período entre Setembro de 2010 e Agosto de 2011. Curva esperada obtida a partir do modelo:  $\text{probit}(G) = K + \log\theta \cdot (1/\sigma_\theta)$ , com  $\sigma = 0,234$  e  $K = -3,080$ .

Tabela 3. Temperatura mínima e máxima para cada mês, temperatura mínima média e máxima média, e temperatura média mensal entre Setembro de 2010 e Agosto de 2011. Teste de comparação (qui-quadrado) entre as porcentagens de germinação observadas e esperadas (coluna 7), ajustada pelo modelo de regressão probística. A coluna 8 indica a temperatura média para que as porcentagens esperadas não difiram estatisticamente das porcentagens de germinação observadas. Campos contendo traço (-) indicam a impossibilidade de ajustar a porcentagem esperada e observada de germinação para valores estatisticamente iguais.

<b>Mês/ano</b>	<b>T min. (°C)</b>	<b>T max. (°C)</b>	<b>T min. média (°C)</b>	<b>T max. média (°C)</b>	<b>T média (°C)</b>	<b>observado vs. esperado</b>	<b>T (°C) média corrig.</b>
Set/2010	13	39,5	17	33,5	25,3	P < 0,01	-
Out/2010	19	44	15,5	38	26,8	P < 0,01	16,8
Nov/2010	19	44	16	39	27,5	P < 0,01	16,5
Dez/2010	19	44	20	38,5	29,3	P < 0,01	24,5
Jan/2011	17	40	19,5	37,5	28,5	P < 0,01	25,5
Fev/2011	17	46	19	43,5	31,3	P < 0,01	23,4
Mar/2011	17	44	18,5	37	27,8	P < 0,01	26,8
Abr/2011	9	39	12	32,5	22,3	P < 0,01	-
Mai/2011	3	33	8	30	19	P < 0,01	15
Jun/2011	0	38	8,5	32	20,3	P < 0,01	16,3
Jul/2011	9	38	13	35	24	P < 0,01	16
Ago/2011	1	41	10	34,5	22,3	P < 0,01	16,3

### 3.5. Conclusão

Conclui-se que *Urochloa brizantha* apresentou temperaturas cardiais de germinação típicas de espécies de clima tropical, com temperaturas mínima e máxima de germinação iguais a  $7,5 \pm 0,5$  °C e  $41,5 \pm 0,5$  °C, respectivamente. A temperatura ótima de germinação situou-se em 31,5. Os dados sugerem que *U. brizantha* apresenta o padrão mais comum de distribuição dos parâmetros-chave, com  $T_b$  fixa e graus.dia variável para as subpopulações de sementes na faixa infraótima, e graus.dia fixo e  $T_c$  variável para a faixa supraótima. O método probítico, baseado no conceito *thermal time*, foi eficiente em estimar  $T_b$  e  $T_c$  em condições controladas, porém superestimou os tempos de germinação de *U. brizantha* em condições de campo. Esta superestimativa, provavelmente, ocorreu devido à utilização da temperatura média do período como parâmetro de predição, e alterações nos valores de  $T_b$ ,  $T_c$  e  $\theta T$  devido às oscilações da temperatura no campo.

### 3.6. Referências

- BARBOSA, E.G.; PIVELLO, V.R. & MEIRELLES, S.T. Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian Cerrados. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.4, p.825-831, 2008.
- BARBOSA, R.A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. **Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas**. 4 Edição. Artmed Editora S/A. Porto Alegre, 2007.
- BRADFORD, K.J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**, v. 50, p. 248-260, 2002.
- CARDOSO, V.J.M. An adapted thermal-gradient block for the germination of photoblastic seeds. **Brazilian Archives of Biology and Technology (Impresso)**, v.53, p.1267-1277, 2010.
- CARDOSO, V.J.M. Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus.dia. **Oecologia australis**, v.15, n.2, p.236-248, 2011.
- CARNEIRO, V.T.C.; ARAÚJO, A.C.G.; DUSI, D.M.A.; CABRAL, G.B.; RODRIGUES, J.C.M.; ALVES, E.R.; SILVEIRA, E.D.; LACERDA, A.L.M.; GOMES, A.C. & FALCÃO, R. **Contribuição da Biotecnologia ao domínio da Apomixia em *Brachiaria* sp.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003.

- ELLIS, R.H., COVELL, S., ROBERTS, E.H. & SUMMERFIELD, R.J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Interspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at temperature. **Journal of Experimental Botany**, v.37, p.1503-1515, 1986.
- FINNEY, D.J. **Probit Analysis**. 3 ed. Cambridge University Press, 1971.
- FORCELLA, F.; BENECH-ARNOLD, R.L.; SANCHEZ, R. & GHERSA, C.M. Modelling seedling emergence. **Field Crop Research**, v.67, p.123–139, 2000.
- GARCIA-HUIDOBRO, J., MONTEITH, J.L. & SQUIRE, G.R. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). I. Constant temperature. **Journal of Experimental Botany**, v.33, p.288-296, 1982.
- GUMMERSON, R.J. The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v.37, p.719-741, 1986.
- HARDEGREE, S.P. Predicting germination response to temperature. I. cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. **Annals of Botany**, v.97, p.1115–1125, 2006a.
- HARDEGREE, S.P. Predicting germination response to temperature. III. Model validation under field-variable temperature conditions. **Annals of Botany**, v.98, p.827–834, 2006b.
- HARDEGREE, S.P. & VAN VACTOR, S.S. Predicting germination response of four cool-season range grasses to field-variable temperature regimes. **Environmental Experimental Botany**, v.41, p.209-217, 1999.
- HOPKINSON, J.M.; SOUZA, F.H.D.; DIULGHEROFF, S.; ORTIZ, A. & SÂNCHEZ, M. Fisiología reproductiva, producción de semilla y calidad de la semilla em el Género *Brachiaria*. In. MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B.; KUMBLE, V. (Ed). **Brachiaria: biología, agronomía e mejoramiento**. 1. ed. Cali: CIAT, 1998.
- IZQUIERDO, J.; GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J.L.; BASTIDA, F.; LEZAÚN, J.A. & DEL ARCO, M.J.S. A Thermal Time Model to Predict Corn Poppy (*Papaver rhoeas*) Emergence in Cereal Fields. **Weed Science**, v.57, p.660–664, 2009.
- LABOURIAU, L. G. & AGUDO, M. On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperature effects. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, v.59, n.1, p.37- 56, 1987.
- LABOURIAU, L.G. & OSBORN, J.H. Temperature dependence on germination of tomato seeds. **Journal of Thermal Biology**, v.9, n.4, p.285-294, 1984.
- LANGRIDGE, J. & MCWILLIAMS, J.R. Heat responses of higher plants. In **Thermobiology**. Ed. A. Rose. Academic Press, London and New York, 1967.

- McDONALD, C.K. Germination response to temperature in tropical and subtropical pasture legumes. I. Constant temperatures. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.42, p.407-419, 2002a.
- MOTT, J.J. Dormancy and germination in five native grass species from savannah woodland communities of the Northern Territory. **Australian Journal of Botany**, v.26, p621–631, 1978.
- MURDOCH, A.J. & ROBERTS, E.H. Temperature and the rate of germination of dormant seeds of *Chenopodium album*. In: ELLIS, R.H.; BLACK, M.; MURDOCH, A.J. & HONG, T.D. (Eds). **Basic and Applied Seed Biology. Proceedings Fifth International Workshop on Seeds, Reading 1995.** , Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- MURDOCH, A.J.; ROBERTS, E.H. & GOEDERT, C.O. A model for germination responses to alternating temperatures. **Annals of Botany**, v.63, p.97–111, 1989.
- PHELPS, K. & FINCH-SAVAGE, W.E. A statistical perspective on threshold type germination models. In: ELLIS, R.H; BLACK, M.; MURDOCH, A.J.; HONG, T.D. (Eds.). **Basic and applied aspects of seed biology.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- PITELLI, R.A. & PAVANI, M.C.M.D. Feralidade vegetal e transgeniase: evolução adaptativa das plantas invasoras. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v.34, p.100-104, 2005.
- QIU, J.; BAI, Y; COULMAN, B. & ROMO, J. T. Using thermal time models to predict seedling emergence or orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) under alternating temperature regimes. **Seed Science Research**, v.16, p.261-271, 2006.
- SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação – um enfoque estatístico.** Brasília: Editora UNB, 2004.
- SCHULZE, E.D.; BECK, E. & HOHENSTEIN, K.M. **Plant Ecology.** Berlin: Springer, 2005.
- TRUDGILL, D.L.; HONEK, A.; LI, D. & VAN STRAALLEN, N.M. Thermal time: concepts and utility. **Annals of Applied Biology**, v.146, p.1–14, 2005.

**4. OSMOCONDICIONAMENTO E RESPOSTA À TEMPERATURA POR SEMENTES  
DE *Urochloa brizantha* (STAPF) Webster CV. BASILISK**

Evandro A. Nakao<sup>a,\*</sup>; Victor José M. Cardoso<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista  
(UNESP), Rio Claro-SP, 13506-900, Brasil*

*\*corresponding author:*

*Evandro Afonso Nakao*

*nakaojp@hotmail.com*

#### 4.1. RESUMO

Este trabalho objetivou verificar o efeito do osmocondicionamento na germinação de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk: (1) conduzido na temperatura ótima de germinação e próximo às cardeais, (2) conduzido em seis temperaturas constantes, estimando-se a temperatura mínima ( $T_b$ ) e máxima ( $T_c$ ) de germinação, e quantidade de graus-dia ( $\theta T$ ) para a germinação de 50% das sementes. Sementes de *U. brizantha* foram pré-embebidas a 8 °C, 32 °C e 39,5 °C, em potencial hídrico 0 e -0,5 MPa, com posterior secagem. As sementes pré-embebidas foram então colocadas para germinar a 8 °C, 32 °C e 39,5 °C. Posteriormente, sementes foram pré-embebidas a 20 e 30 °C, em potencial hídrico 0 e -0,5 MPa, com posterior secagem. As sementes pré-embebidas foram então colocadas para germinar a 13 °C, 20 °C, 30 °C, 33 °C, 35 °C e 38 °C. Em ambos ensaios determinou-se a porcentagem final (G), velocidade (Vm) e índice de sincronização (U) da germinação. Os resultados foram analisados pelo teste de Tukey, com  $\alpha = 5\%$ . Para o ensaio 1, a pré-embebição controlada a 32 °C resultou em aumento de G, Vm e U para as temperaturas próximas às temperaturas cardeais; sendo que para a temperatura ótima de germinação, apenas a pré-embebição em potencial hídrico alto (água), a 8 e 32 °C, resultou em incremento em Vm. No ensaio 2, o osmocondicionamento a 20 °C, em potencial hídrico = 0,0 MPa, proporcionou maior velocidade de germinação e sincronização, embora não tenha alterado a porcentagem da germinação. O osmocondicionamento não ocasionou modificação significativa na estimativa de  $T_b$  e  $T_c$ , e em  $\theta T$ , em relação a sementes não osmocondicionadas.

**Palavras-chave:** Braquiária, forrageira, PEG 6000, germinação.

## 4.2. Introdução

As gramíneas do gênero *Urochloa* predominam nas pastagens brasileiras, estimando-se que ocupem 85% dos 120 milhões de hectares destinado à pecuária (BARBOSA, 2006). Devido à sua alta adaptabilidade a períodos prolongados de seca, e a solos pobres e ácidos, rebrota rápida e grande resistência à desfolhação intensa e frequente, *Urochloa brizantha* tem sido muito utilizada por pecuaristas (MILES et al., 1998). Nativa do continente africano, foi introduzida no Brasil na década de 1960 como forragem para bovinos, tornando-se invasora, e alterando a paisagem, interações e composição de espécies nativas (BARBOSA, et al., 2008). Para gramíneas, o manejo de populações é geralmente baseado no controle da germinação das sementes e estabelecimento das plântulas (BRADFORD, 2002). Portanto, estudos sobre biologia reprodutiva, dispersão, recrutamento e auto-ecologia são fundamentais (BEGON et al., 2007). De forma geral, a germinação de sementes do gênero *Urochloa* parece não discriminar diferentes intensidades, períodos e comprimentos de luz (KLEIN & FELIPPE, 1991; LIMA & CARDOSO, 1996). Segundo MILES et al. (1998), as sementes de *U. brizantha* podem apresentar dormência física e/ou fisiológica. LIMA & CARDOSO (1996) encontraram 8% de germinação para sementes de *U. brizantha* armazenadas por 2 meses, enquanto que sementes armazenadas por 24 meses apresentaram 57% de germinação. Nakao e Cardoso (inédito) definiram entre 31,5 e 33 °C a faixa ótima de germinação de *U. brizantha* cv. Basilisk, enquanto as temperaturas cardeais situaram-se em 7,5±0,5 °C e 42±0,5 °C.

Allen et al. (2007) citam que a pré-embebição controlada de sementes (osmocondicionamento) gera um acréscimo na velocidade de germinação. No osmocondicionamento, as sementes são pré-embebidas a um potencial hídrico ( $\Psi$ ) reduzido que evita a protrusão radicular, podendo ser desidratadas e germinadas quando embebidas em potencial hídrico apropriado ( $\Psi_b$ ) (BRADFORD, 2002). Durante o osmocondicionamento ocorre a ativação dos processos metabólicos das fases iniciais da germinação (McDONALD, 2000). Tais processos metabólicos possuem um potencial hídrico mínimo ( $\Psi_{min}$ ), a partir do qual o avanço fisiológico ocorre. Portanto, o osmocondicionamento só ocorre entre  $\Psi_{min}$  e  $\Psi_b$ , sendo que o avanço metabólico obtido é retido mesmo após a dessecação, causando um aumento na velocidade de germinação quando as sementes são embebidas a partir de  $\Psi_b$  (BRADFORD, 2002). A pré-embebição controlada confere às sementes resistência a temperaturas muito baixas ou altas, em relação à faixa ótima de germinação (LIMA, 2007). Zehtab-Salmasi (2006) verificou que sementes de *Cucurbita pepo* que passaram pelo osmocondicionamento em temperaturas superiores, apresentaram temperaturas mínimas de germinação e requerimento térmico inferiores àquelas pré-embebidas em temperaturas mais

baixas. Para *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sementes pré-embebidas em potenciais hídricos iguais a 0 e -0,5 MPa, a 25 °C, por 48 horas, apresentaram as maiores porcentagens e menores tempos médios de germinação; enquanto que para *B. brizantha* cv. Xaraés, a maior porcentagem de germinação foi obtida com osmocondicionamento durante dois dias a 25°C, sob  $\Psi = 0$  MPa, e o maior índice de velocidade de emergência, com condicionamento por quatro dias, a 25°C e potencial hídrico igual a 0 MPa (LIMA, 2007). Bonome et al. (2006) verificaram que para *Urochloa brizantha* cv. Marandu, o osmocondicionamento aumenta a porcentagem e velocidade de germinação quando as sementes são expostas a potenciais hídricos menores que -1,0 MPa, por período de 12 horas.

O objetivo geral deste trabalho foi testar o efeito do osmocondicionamento nas temperaturas próximas às cardeais de germinação de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, testando a hipótese de que a pré-embebição controlada poderia aumentar a porcentagem final, velocidade e sincronização da germinação em temperaturas infra e supraótimas.

### 4.3. Material e Métodos

#### Material vegetal

Foram utilizadas sementes de *U. brizantha* cv. Basilisk adquiridas em 03/2010, da empresa PRÓSEMENTES, Araçatuba (SP), tendo sido colhidas em 04/2009 e armazenadas à 24 °C, com umidade relativa de 60%. Após a aquisição, as sementes permaneceram armazenadas a  $9\pm 3$  °C, por 15 meses. A porcentagem de germinação máxima do lote situou-se em 70%.

**Experimento 1.** Neste ensaio, o objetivo foi verificar o efeito do osmocondicionamento da semente nas temperaturas ótima, máxima e mínima de germinação, comparando-se a porcentagem, velocidade e sincronização da germinação, nas mesmas temperaturas, de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas.

Para isso, as sementes foram pré-embebidas em seis diferentes situações: a 8 °C, em água (0,0 MPa), e solução de Polietilenoglicol 6000 (PEG) -0,5 MPa; a 32 °C, em água, e PEG -0,5 MPa; e a 39,5 °C, em água, e solução PEG -0,5 MPa, durante 20 horas. A solução de PEG foi preparada segundo metodologia descrita por Villela et al. (1991). Os recipientes com as sementes, tanto com água ou solução PEG, permaneceram continuamente aerados, utilizando-se bombas de ar tipicamente utilizadas em aquário. Após a pré-embebição controlada, determinou-se o teor de água das sementes pelo método da estufa a  $105\pm 3$  °C (BRASIL, 2009). As sementes foram então secadas a 25 °C, por 72 horas, em câmara de fluxo de ar forçado. Novamente determinou-se o teor de água das sementes através do método da

estufa a  $105 \pm 3$  °C (BRASIL, 2009). As sementes pré-embebidas foram acondicionadas em caixas de germinação, sobre camada dupla de papel de filtro saturada com água destilada e colocadas para germinar nas temperaturas ótima e próximas às cardeais para *U. brizantha* cv. Basilisk (NAKAO & CARDOSO, inédito): 8, 32 e 39,5 °C. Foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes. Diariamente foram contadas as sementes germinadas (protrusão radicular), até cessarem as germinações.

**Experimento 2.** Neste experimento, objetivou-se verificar o efeito do osmocondicionamento em sementes germinadas em seis temperaturas, usando-se como parâmetros a porcentagem máxima, velocidade média e sincronização da germinação, além da temperatura mínima ( $T_b$ ), temperatura máxima ( $T_c$ ) e quantidade de graus-dia ( $\theta T$ ) para germinação de 50% das sementes. O osmocondicionamento foi feito como descrito no experimento 1, usando-se neste caso as temperaturas de 20 °C e 30 °C. A germinação foi realizada como no experimento 1, mas nas temperaturas 13 °C, 20 °C, 30 °C, 33 °C, 35 °C e 38 °C.

As variáveis utilizadas foram: **porcentagem máxima de germinação (G)**, calculada através da fórmula  $G\% = (n/nt).100$ , onde  $n$  = número de sementes germinadas e  $nt$  = total de sementes; **velocidade média de germinação (Vm)**,  $V_m = \sum n_i / \sum n_i.t_i$ , onde:  $n_i$  = número de sementes germinadas no intervalo de tempo  $t_i$ , em dias; e **sincronização, (U)** obtida através da expressão  $U = -\sum (f_i \cdot \log_2 f_i)$ , onde  $f_i$  é o número de sementes germinadas no tempo  $i$ , dividido pelo número total de sementes germinadas (LABOURIAU, 1983). Os parâmetros **Tb**, **Tc** e  **$\theta T$**  foram determinados através de análise probítica (FINNEY, 1971), utilizando-se as temperaturas 13 °C e 20°C para a faixa infraótima, e 35 °C e 38°C para a faixa supraótima. Para isso, na faixa infra-ótima, as germinações acumuladas diárias foram transformadas em probit de  $G(\%)$  [inverso da distribuição cumulativa normal, para média = 5 e desvio padrão = 1] e em log de graus.dia [ $\log \theta T = (T - T_b).tg$ , sendo  $T$  a temperatura experimental e  $tg$  o tempo de germinação]. Log de  $\theta T$  foi plotado contra probit de  $G(\%)$ , testando-se vários valores para  $T_b$  até se obter o maior  $R^2$  possível (GUMMERSON, 1986). Já na faixa supra-ótima, as germinações acumuladas foram transformadas probit de  $G(\%)$  e em log de  $T_c$  [ $\log T_c = (\theta T / tg) + T$ ]. Log de  $T_c$  foi plotado contra probit de  $G(\%)$ , com valores sendo testados em  $\theta T$ , até se obter o maior  $R^2$  possível. As análises probíticas foram realizadas considerando-se haver  $T_b$  única e  $T_c$  variável entre as subpopulações de sementes de *U. brizantha* (NAKAO & CARDOSO, inédito).

### **Análise estatística**

Os experimentos seguiram o delineamento inteiramente ao acaso (VIEIRA, 1999). Os dados obtidos dos ensaios de germinação foram submetidos a teste de normalidade e homogeneidade de variância, seguido por testes de análise de variância. Possíveis efeitos das temperaturas e potenciais hídricos de osmocondicionamento, e das temperaturas de germinação foram testadas através de análise de variância, seguida de teste de comparação de médias (Tukey) para os casos em que F foi significativo ( $\alpha = 0,05$ ).

## **4.4. Resultados e discussão**

### **Experimento 1**

Dentro de cada temperatura (32 °C ou 39,5 °C), o tratamento com osmocondicionamento em solução de PEG causou uma redução no teor de água das sementes em comparação com sementes tratadas em água, entretanto, não houve diferença significativa entre as temperaturas dentro de cada tratamento (tabela 1). Já as sementes pré-embebidas à temperatura infraótima de 8 °C apresentaram teores de água mais baixos do que aquelas tratadas a 32 °C (faixa ótima) e 39,5 °C (faixa supraótima), não havendo diferença estatística entre aquelas que permaneceram em água destilada ou solução de PEG -0,5 MPa. Após a secagem das sementes, não houve diferença estatística comparando-se os teores de umidade de sementes tratadas em água e em solução de PEG, independentemente da temperatura.

Considerando-se apenas as sementes tratadas, o osmocondicionamento nas temperaturas mínima (8 °C) e ótima (32 °C) de germinação proporcionou aumento na porcentagem máxima de germinação, em relação a sementes osmocondicionadas na temperatura máxima de germinação (39,5 °C) (tabela 2). Já para o índice de sincronização (inversamente correlacionado com a sincronização da germinação), as temperaturas de osmocondicionamento 8 e 39,5 °C e o potencial osmótico -0,5 MPa proporcionaram aumento significativo em relação aos demais tratamentos (tabela 4). Não houve efeito dos tratamentos de osmocondicionamento na velocidade média de germinação (tabela 3).

A análise das diferentes condições de osmocondicionamento (tratamentos), em relação ao controle, indicou que a porcentagem final de germinação a 8 °C não ultrapassou 10%, seja em sementes submetidas a tratamentos com água ou PEG (figura 1). Para a temperatura de germinação infraótima, a pré-embebição a 32 °C, tanto em água como em solução de PEG, proporcionou incremento na porcentagem final e velocidade de germinação. Dessa forma, provavelmente durante a pré-embebição controlada as temperaturas cardeais se constituíram como um fator limitante ao avanço metabólico. Nota-se, entretanto, que a pré-embebição a 32

°C reduziu a sincronização da germinação a 8 °C. Efeitos positivos do osmocondicionamento na germinação de sementes na faixa infraótima são reportados em vários trabalhos (PILL & FINCH-SAVAGE, 1988; NASCIMENTO & ARAGÃO, 2004; DEMIR & OZTOKAT, 2003), enquanto para *Pyterogines vitens*, o osmocondicionamento não ocasionou efeitos positivos sobre a germinação para a faixa infraótima (TONIN et al., 2005). Para a temperatura ótima de germinação, o osmocondicionamento promoveu aumento na velocidade de germinação de sementes pré-embebidas a 8 e 32 °C, em água (figura 2). Neste caso, o potencial hídrico alto (água) foi quem influenciou positivamente durante o osmocondicionamento para que houvesse incremento na germinação. Para a faixa supraótima de germinação, a pré-embebição a 32 °C, em solução PEG, promoveu aumento na porcentagem máxima de germinação (figura 3). Estes resultados corroboram os encontrados por Pereira et al. (2009), no qual o osmocondicionamento gerou incremento na porcentagem máxima de germinação de *Daucus carota*, na faixa supraótima de germinação. Às temperaturas de germinação 32 °C e 39,5 °C, não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto à sincronização da germinação. A pré-embebição de sementes de *U. brizantha* próximo à temperatura cardeal supraótima, 39,5 °C, tanto em água como solução de PEG, não proporcionou alterações na porcentagem máxima, velocidade e sincronização da germinação para todas as temperaturas de germinação: 8 °C, 32 °C e 39,5 °C. Este fato sugere que temperaturas elevadas de osmocondicionamento não proporcionam avanço metabólico ou geram algum efeito deletério durante o processo metabólico de germinação.

Tabela 1. Efeito de diferentes condições de osmocondicionamento (tratamento) sobre o teor de água de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk recém saídas do tratamento ('pós osmocondicionamento') e após secagem a 25 °C durante 72h ('pós secagem'). Valores (médias  $\pm$  erro padrão) representam porcentagens de água da semente, base massa fresca. Letras comparam as médias pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ )

Tratamento	pós osmocondicionamento (%)	pós secagem (%)
8 °C H <sub>2</sub> O	25,5 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>	13,04 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>
8 °C PEG	25,3 $\pm$ 0,03 <sup>c</sup>	13,24 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>
32 °C H <sub>2</sub> O	33,5 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	12,98 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>
32 °C PEG	30,1 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	13,12 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>
39,5 °C H <sub>2</sub> O	33,4 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	13,01 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>
39,5 °C PEG	30,1 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>	13,30 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>

Tabela 2. Porcentagem média de germinação de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, osmocondicionadas em três temperaturas (*Tosm* 8 °C, 32°C e 39,5 °C), dois potenciais osmóticos (*Posm* 0,0 MPa e -0,5 MPa) e três temperaturas de germinação (*Tgerm* 8 °C, 32°C e 39,5 °C). Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<i>Tosm</i> (°C)	<i>Posm</i> (MPa)	<i>Tgerm</i> (°C)	<i>Tgerm</i> (°C)	<i>Tgerm</i> (°C)
		8	32	39,5
8	0,0	05,0±0,58 <sup>Ab</sup>	65,5±4,99 <sup>Aa</sup>	19,5±1,71 <sup>ABb</sup>
	-0,5	03,0±0,58 <sup>Ab</sup>	59,5±4,99 <sup>Aa</sup>	13,0±2,38 <sup>ABb</sup>
32	0,0	07,0±1,00 <sup>Ac</sup>	61,0±5,26 <sup>Aa</sup>	26,5±3,40 <sup>Ab</sup>
	-0,5	09,5±2,63 <sup>Ac</sup>	53,0±6,14 <sup>Aa</sup>	31,5±6,29 <sup>Ab</sup>
39,5	0,0	04,5±0,96 <sup>Ab</sup>	60,0±3,16 <sup>Aa</sup>	12,0±2,94 <sup>Bb</sup>
	-0,5	01,5±0,50 <sup>Ab</sup>	38,5±2,99 <sup>Ba</sup>	10,0±1,15 <sup>Bb</sup>

Tabela 3. Velocidade média de germinação de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, osmocondicionadas em três temperaturas (*Tosm* 8 °C, 32°C e 39,5 °C), dois potenciais osmóticos (*Posm* 0,0 MPa e -0,5 MPa) e três temperaturas de germinação (*Tgerm* 8 °C, 32°C e 39,5 °C). Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<i>Tosm</i> (°C)	<i>Posm</i> (MPa)	<i>Tgerm</i> (°C)	<i>Tgerm</i> (°C)	<i>Tgerm</i> (°C)
		8	32	39,5
8	0,0	0,025±0,002 <sup>Ab</sup>	0,370±0,011 <sup>Aa</sup>	0,337±0,038 <sup>Aa</sup>
	-0,5	0,023±0,000 <sup>Ab</sup>	0,278±0,014 <sup>Aa</sup>	0,313±0,100 <sup>Aa</sup>
32	0,0	0,039±0,003 <sup>Ab</sup>	0,362±0,033 <sup>Aa</sup>	0,352±0,021 <sup>Aa</sup>
	-0,5	0,040±0,003 <sup>Ab</sup>	0,261±0,012 <sup>Aa</sup>	0,297±0,022 <sup>Aa</sup>
39,5	0,0	0,025±0,002 <sup>Ab</sup>	0,309±0,021 <sup>Aa</sup>	0,356±0,051 <sup>Aa</sup>
	-0,5	0,025±0,001 <sup>Ab</sup>	0,253±0,014 <sup>Aa</sup>	0,259±0,041 <sup>Aa</sup>

Tabela 4. Índice de sincronização médio da germinação de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, osmocondicionadas em três temperaturas (*Tosm* 8 °C, 32°C e 39,5 °C), dois potenciais osmóticos (*Posm* 0,0 MPa e -0,5 MPa) e três temperaturas de germinação (*Tgerm* 8 °C, 32°C e 39,5 °C). Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<b><i>Tosm</i> (°C)</b>	<b><i>Posm</i> (MPa)</b>	<b><i>Tgerm</i> (°C)</b>		
		<b>8</b>	<b>32</b>	<b>39,5</b>
<b>8</b>	<b>0,0</b>	1,292±0,169 <sup>BCa</sup>	2,208±0,114 <sup>Ab</sup>	2,222±0,131 <sup>Ab</sup>
	<b>-0,5</b>	0,500±0,289 <sup>ABa</sup>	2,280±0,101 <sup>Ab</sup>	1,658±0,284 <sup>Ab</sup>
<b>32</b>	<b>0,0</b>	1,625±0,239 <sup>BCa</sup>	2,356±0,156 <sup>Aa</sup>	1,955±0,118 <sup>Aa</sup>
	<b>-0,5</b>	1,978±0,418 <sup>Ca</sup>	2,687±0,089 <sup>Aa</sup>	2,316±0,211 <sup>Aa</sup>
<b>39,5</b>	<b>0,0</b>	1,042±0,374 <sup>Ba</sup>	2,467±0,132 <sup>Ab</sup>	1,597±0,429 <sup>Aab</sup>
	<b>-0,5</b>	0,000±0,000 <sup>Aa</sup>	2,482±0,082 <sup>Ab</sup>	1,626±0,217 <sup>Aab</sup>

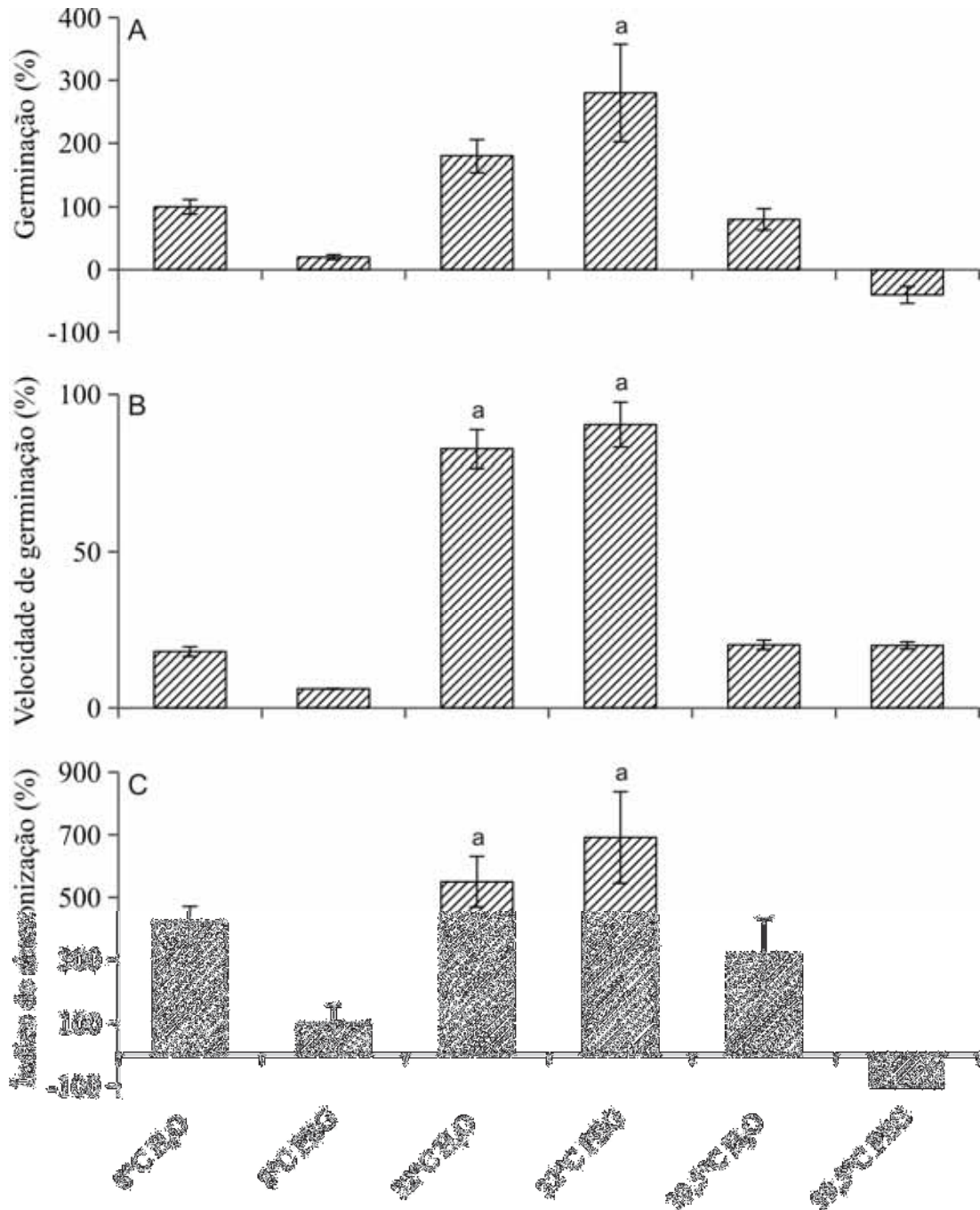


Figura 1. Porcentagem de variação em relação ao controle, para a porcentagem máxima (A), velocidade média (B) e índice de sincronização (C) da germinação de sementes de *U. brizantha* cv. Basilisk, em temperatura constante de 8 °C, previamente submetidas a diferentes condições de osmocondicionamento. Após o osmocondicionamento, as sementes foram secas a 25 °C por 72h. Controle = sementes não osmocondicionadas. As barras verticais indicam os erros padrões das médias. Letras indicam a existência de diferenças estatísticas entre tratamento e controle (teste Tukey,  $\alpha = 5\%$ ).

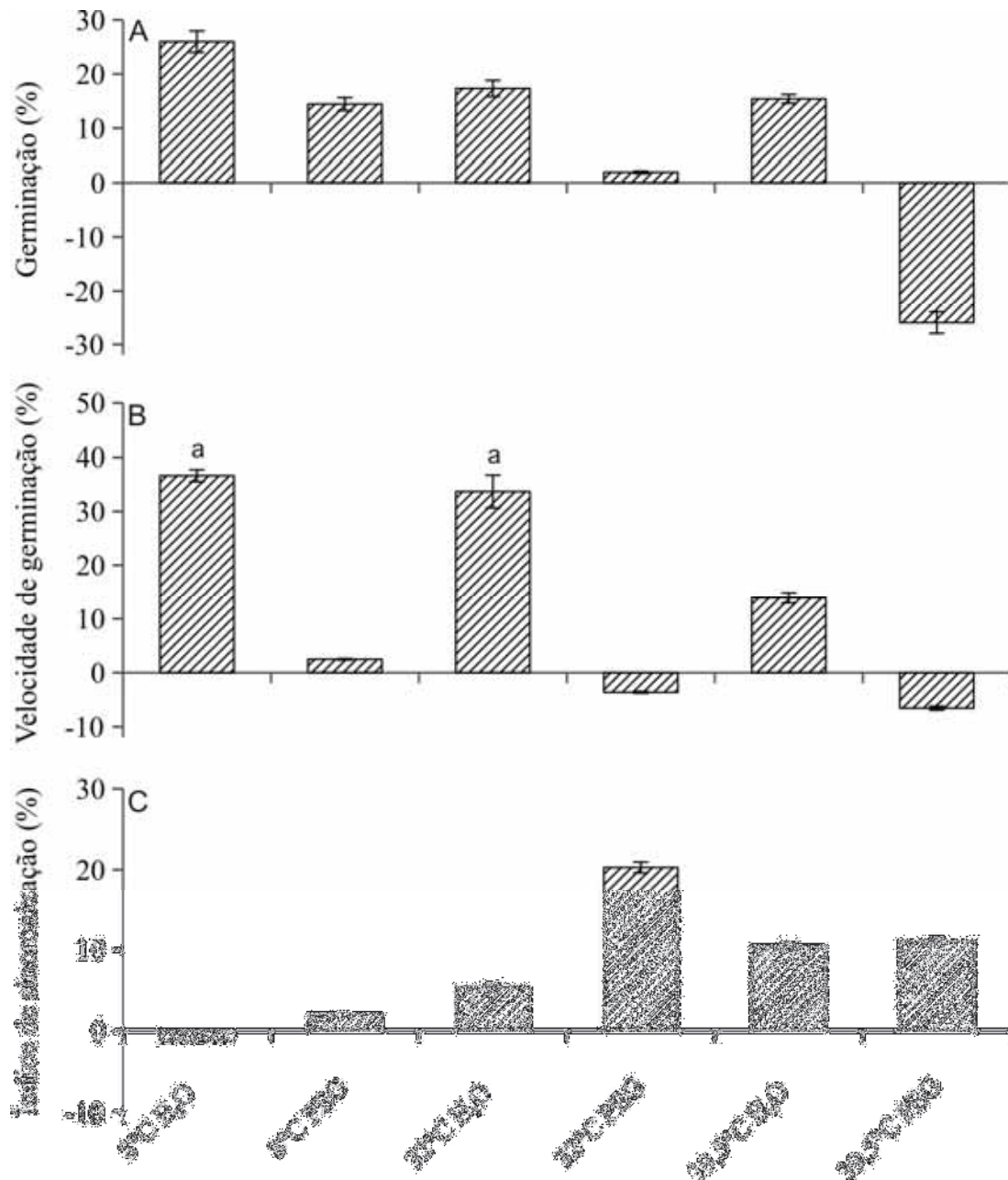


Figura 2. Porcentagem de variação em relação ao controle, para a porcentagem máxima (A), velocidade média (B) e índice de sincronização (C) da germinação de sementes de *U. brizantha* cv. Basilisk, em temperatura constante de 32 °C, previamente submetidas a diferentes condições de osmocondicionamento. Após o osmocondicionamento, as sementes foram secas a 25 °C por 72h. Controle = sementes não osmocondicionadas. As barras verticais indicam os erros padrões das médias. Letras indicam a existência de diferenças estatísticas entre tratamento e controle (teste Tukey,  $\alpha = 5\%$ ).

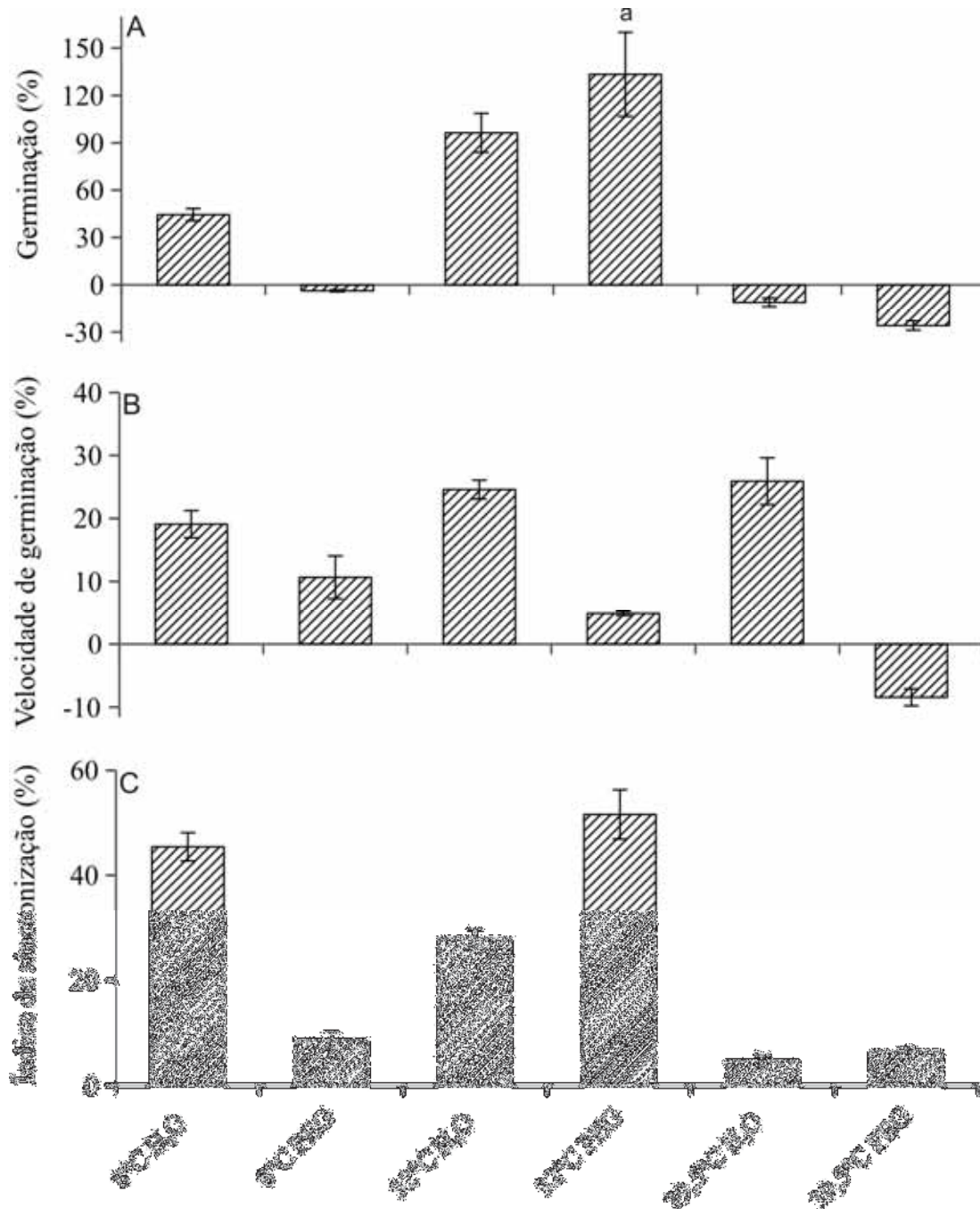


Figura 3. Porcentagem de variação em relação ao controle, para a porcentagem máxima (A), velocidade média (B) e índice de sincronização (C) da germinação de sementes de *U. brizantha* cv. Basilisk, em temperatura constante de 39,5 °C, previamente submetidas a diferentes condições de osmocondicionamento. Após o osmocondicionamento, as sementes foram secas a 25 °C por 72h. Controle = sementes não osmocondicionadas. As barras verticais indicam os erros padrões das médias. Letras indicam a existência de diferenças estatísticas entre tratamento e controle (teste Tukey,  $\alpha = 5\%$ ).

## Experimento 2

Sementes previamente embebidas em solução de PEG -0,5MPa a 30 °C alcançaram teores de água menores do que aquelas embebidas em água destilada nessa temperatura, enquanto que a 20 °C não houve diferença entre água e PEG, embora os valores tenham sido menores do que a 30 °C (tabela 5). Assim como no experimento 1, após a secagem a 25 °C das sementes que passaram pelo osmocondicionamento, não houve diferença estatística para os teores de água entre os tratamentos.

O osmocondicionamento em temperaturas e potenciais hídricos baixos resultou em sementes com menores teores finais de água que aquelas pré-embebidas em temperaturas e potenciais hídricos superiores. Nota-se, entretanto, que temperaturas de pré-embebição iguais ou abaixo de 20 °C não ocasionaram diferenças significativas de teores de água para as sementes submetidas aos potenciais hídricos 0 ou -0,5 MPa. Já a partir de 30 °C, o potencial hídrico do meio interferiu significativamente no teor final de água da semente, garantindo que o potencial hídrico mais alto (água) ocasionasse maiores teores de água. Após a secagem, o teor de água das sementes que passaram pelo osmocondicionamento e o controle não diferiram estatisticamente, tanto para o experimento 1 quanto o 2, garantindo que os testes de germinação analisassem apenas o avanço metabólico atingido durante o osmocondicionamento, já que para os testes de germinação, as sementes iniciaram a embebição a partir do mesmo teor de água.

Considerando-se apenas as sementes tratadas, o osmocondicionamento a 20 °C, em potencial hídrico 0,0 MPa, proporcionou velocidade média de germinação superior às sementes osmocondicionadas a 30 °C, em potencial hídrico = -0,5 MPa (tabela 7). Já para o índice de sincronização da germinação, sementes osmocondicionadas a 30 °C apresentaram os maiores índices, em relação às sementes osmocondicionadas a 20 °C (tabela 8). Não houve efeito dos tratamentos de osmocondicionamento na porcentagem média de germinação (tabela 6).

A análise das diferentes condições de osmocondicionamento (tratamentos), em relação ao controle, indicou que o osmocondicionamento não ocasionou modificação significativa na porcentagem final de germinação, para as temperaturas 13 °C, 20 °C, 30 °C, 33 °C, 35 °C e 38 °C (figuras 4 e 5). Já sementes osmocondicionadas a 20 °C, em água, apresentaram velocidades médias de germinação significativamente superiores às sementes não osmocondicionadas, quando germinadas a 13 °C e 38 °C. O osmocondicionamento das sementes a 20 °C, em PEG, e a 30 °C, em água e solução de PEG, reduziu a velocidade média de germinação a 30 °C; enquanto que sementes osmocondicionadas a 30 °C, em solução de

PEG, apresentaram redução de  $V_m$  quando germinadas a 38 °C. Sementes osmocondicionadas a 20 °C, em PEG, apresentaram índice de sincronização inferior ao controle, quando germinadas a 38 °C. Entretanto, o potencial hídrico de condicionamento mais alto (água), em sementes pré-embebidas a 20 °C, ocasionou as maiores velocidades, considerando-se todas as temperaturas de germinação. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima (2007), trabalhando com *Urochloa brizantha* cv. Marandu e *B. brizantha* cv. Xaraés. Porém Bonome et al. (2006) verificaram que o osmocondicionamento em potenciais hídricos menores que -1,0 MPa, aumentou a porcentagem e velocidade de germinação para *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Segundo Heydecker et al. (1975), resultados discordantes ocorrem devido às condições ideais de osmocondicionamento (temperatura, potencial hídrico, período) variarem segundo a espécie e variedade. Lima (2007) cita que para *B. brizantha*, a temperatura de 25 °C é mais eficiente que 15 °C em aumentar a porcentagem e a velocidade de germinação, entretanto para *U. brizantha*, a temperatura mais baixa, 20 °C, foi mais eficiente que 30 °C.

A temperatura mínima de germinação estimada variou de 9 °C (controle) a 9,7 °C (osmocondicionamento em água, a 20 °C) (tabela 9), enquanto que a temperatura máxima de germinação estimada variou de 40,8 °C (osmocondicionamento em PEG, a 30 °C) a 63,6 °C (osmocondicionamento em PEG, a 20 °C) (tabela 10). Entretanto, as diferenças em  $T_b$  e  $T_c$  ocasionadas pelo osmocondicionamento não foram significativas quando comparadas ao controle. O parâmetro graus.dia, reflexo da velocidade de germinação das sementes, também não foi significativamente modificado pelo osmocondicionamento, em relação às sementes que não passaram por nenhum tratamento, tanto na faixa infra quanto supraótima (tabelas 9 e 10). Assim, ao contrário dos resultados encontrados por Zehtab-Salmasi (2006) trabalhando com *Cucurbita pepo*, para *Urochloa brizantha* as estimativas de  $T_b$  e  $T_c$ , e o parâmetro graus.dia não sofreram qualquer alteração pela pré-embebição controlada. Os dados da porcentagem de germinação acumulada vs. graus.dia e porcentagem de germinação acumulada vs. temperatura máxima de germinação, necessários à determinação de  $T_b$ ,  $T_c$  e graus dia, são apresentados nas figuras 6 e 7, respectivamente.

Tabela 5. Efeito de diferentes condições de osmocondicionamento (tratamento) sobre o teor de água de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk recém saídas do tratamento ('pós osmocondicionamento') e após secagem a 25 °C durante 72h ('pós secagem'). Valores (médias  $\pm$  erro padrão) representam porcentagens de água da semente, base massa fresca. Letras comparam as médias dos diferentes tratamentos (teste Tukey,  $\alpha = 5\%$ ).

Tratamento	pós osmocondicionamento (%)	pós secagem (%)
20 °C H <sub>2</sub> O	29,5 $\pm$ 0,35 <sup>c</sup>	9,6 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>
20 °C PEG	29 $\pm$ 0,09 <sup>c</sup>	9,7 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>
30 °C H <sub>2</sub> O	34,2 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>	9,3 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>
30 °C PEG	30,8 $\pm$ 0,48 <sup>b</sup>	9,4 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>

Tabela 6. Porcentagem média de germinação de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, osmocondicionadas em duas temperaturas (*Tosm* 20°C e 30 °C), dois potenciais osmóticos (*Posm* 0,0 MPa e -0,5 MPa) e seis temperaturas de germinação (*Tgerm* 13 °C, 20 °C, 30 °C, 33 °C, 35 °C e 38 °C). Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<b>Tosm</b> (°C)	<b>Posm</b> (MPa)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)
		<b>13</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>38</b>
<b>20</b>	<b>0,0</b>	53±1 <sup>Aa</sup>	61±4 <sup>Aa</sup>	58±5 <sup>Aa</sup>	66±5 <sup>Aa</sup>	58±6 <sup>Aa</sup>	56±4 <sup>Aa</sup>
	<b>-0,5</b>	51±2 <sup>Aa</sup>	53±5 <sup>Aa</sup>	59±4 <sup>Aa</sup>	60±5 <sup>Aa</sup>	56±5 <sup>Aa</sup>	52±2 <sup>Aa</sup>
<b>30</b>	<b>0,0</b>	54±3 <sup>Aa</sup>	66±4 <sup>Aa</sup>	59±5 <sup>Aa</sup>	62±8 <sup>Aa</sup>	49±4 <sup>Aa</sup>	49±3 <sup>Aa</sup>
	<b>-0,5</b>	51±1 <sup>Aa</sup>	52±3 <sup>Aa</sup>	52±3 <sup>Aa</sup>	56±4 <sup>Aa</sup>	50±1 <sup>Aa</sup>	45±2 <sup>Aa</sup>

Tabela 7. Velocidade média da germinação de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, osmocondicionadas em duas temperaturas (*Tosm* 20°C e 30 °C), dois potenciais osmóticos (*Posm* 0,0 MPa e -0,5 MPa) e seis temperaturas de germinação (*Tgerm* 13 °C, 20 °C, 30 °C, 33 °C, 35 °C e 38 °C). Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<b>Tosm</b> (°C)	<b>Posm</b> (MPa)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)
		<b>13</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>38</b>
<b>20</b>	<b>0,0</b>	0,10±0,002 <sup>Ac</sup>	0,26±0,007 <sup>Ab</sup>	0,33±0,006 <sup>Aa</sup>	0,34±0,016 <sup>Aa</sup>	0,34±0,012 <sup>Aa</sup>	0,32±0,011 <sup>Aa</sup>
	<b>-0,5</b>	0,08±0,002 <sup>Ac</sup>	0,22±0,003 <sup>Bb</sup>	0,29±0,006 <sup>ABa</sup>	0,32±0,008 <sup>ABa</sup>	0,30±0,011 <sup>Ba</sup>	0,31±0,010 <sup>Aa</sup>
<b>30</b>	<b>0,0</b>	0,09±0,002 <sup>Ac</sup>	0,24±0,010 <sup>ABb</sup>	0,29±0,009 <sup>ABa</sup>	0,31±0,011 <sup>ABa</sup>	0,30±0,010 <sup>Ba</sup>	0,26±0,005 <sup>Bb</sup>
	<b>-0,5</b>	0,08±0,003 <sup>Ac</sup>	0,20±0,010 <sup>Bb</sup>	0,22±0,008 <sup>Bb</sup>	0,28±0,008 <sup>Ba</sup>	0,28±0,008 <sup>Ba</sup>	0,23±0,004 <sup>Bb</sup>

Tabela 8. Índice de sincronização médio da germinação de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, osmocondicionadas em duas temperaturas (*Tosm* 20°C e 30 °C), dois potenciais osmóticos (*Posm* 0,0 MPa e -0,5 MPa) e seis temperaturas de germinação (*Tgerm* 13 °C, 20 °C, 30 °C, 33 °C, 35 °C e 38 °C). Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula em uma mesma coluna ou por uma mesma letra minúscula em uma mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<b>Tosm</b> (°C)	<b>Posm</b> (MPa)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)	<b>Tgerm</b> (°C)
		<b>13</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>38</b>
<b>20</b>	<b>0,0</b>	3,15±0,05 <sup>Aa</sup>	2,16±0,04 <sup>Ab</sup>	1,76±0,05 <sup>Bb</sup>	2,04±0,07 <sup>Bab</sup>	2,03±0,06 <sup>ABab</sup>	2,25±0,04 <sup>Ab</sup>
	<b>-0,5</b>	3,22±0,02 <sup>Aa</sup>	1,86±0,05 <sup>Bb</sup>	2,00±0,09 <sup>Bb</sup>	2,02±0,07 <sup>Bb</sup>	1,97±0,08 <sup>Bb</sup>	1,92±0,11 <sup>Bb</sup>
<b>30</b>	<b>0,0</b>	3,23±0,10 <sup>Aa</sup>	2,05±0,04 <sup>ABc</sup>	2,14±0,07 <sup>ABc</sup>	2,25±0,05 <sup>ABbc</sup>	2,06±0,08 <sup>ABc</sup>	2,46±0,04 <sup>Ab</sup>
	<b>-0,5</b>	3,40±0,04 <sup>Aa</sup>	2,16±0,04 <sup>Ac</sup>	2,40±0,09 <sup>Abc</sup>	2,43±0,05 <sup>Abc</sup>	2,24±0,05 <sup>Abc</sup>	2,48±0,04 <sup>Ab</sup>

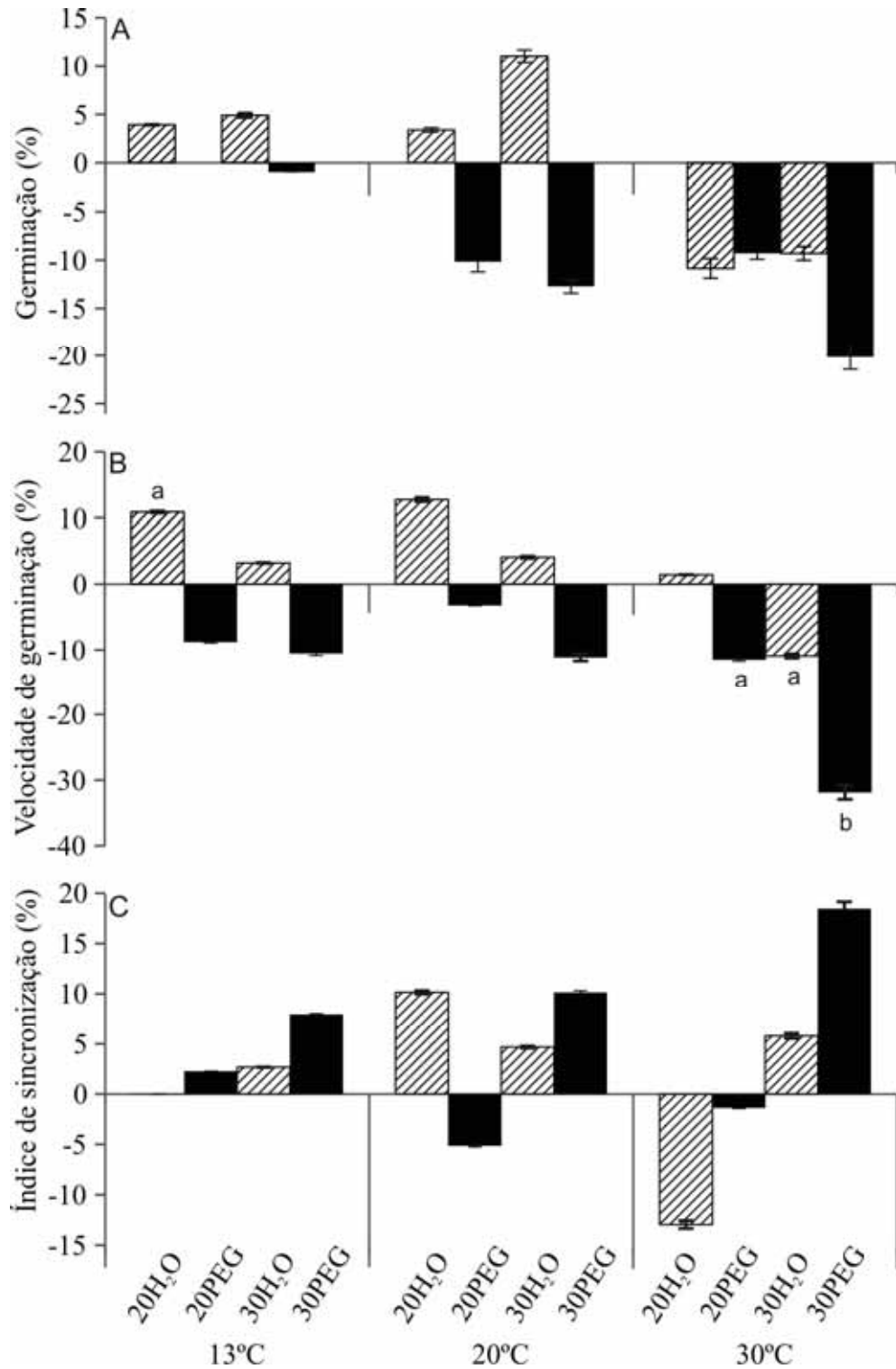


Figura 4. Porcentagem de variação em relação ao controle, para a porcentagem máxima (A), velocidade média (B) e índice de sincronização (C) da germinação de sementes de *U. brizantha* cv. Basilisk, nas temperaturas constantes 13, 20 e 30 °C, previamente submetidas a diferentes condições de osmocondicionamento. Após o osmocondicionamento, as sementes foram secas a 25 °C por 72h. Controle = sementes não osmocondicionadas. As barras verticais indicam os erros padrões das médias. Letras indicam a existência de diferenças estatísticas entre tratamento e controle (teste Tukey,  $\alpha = 5\%$ ).

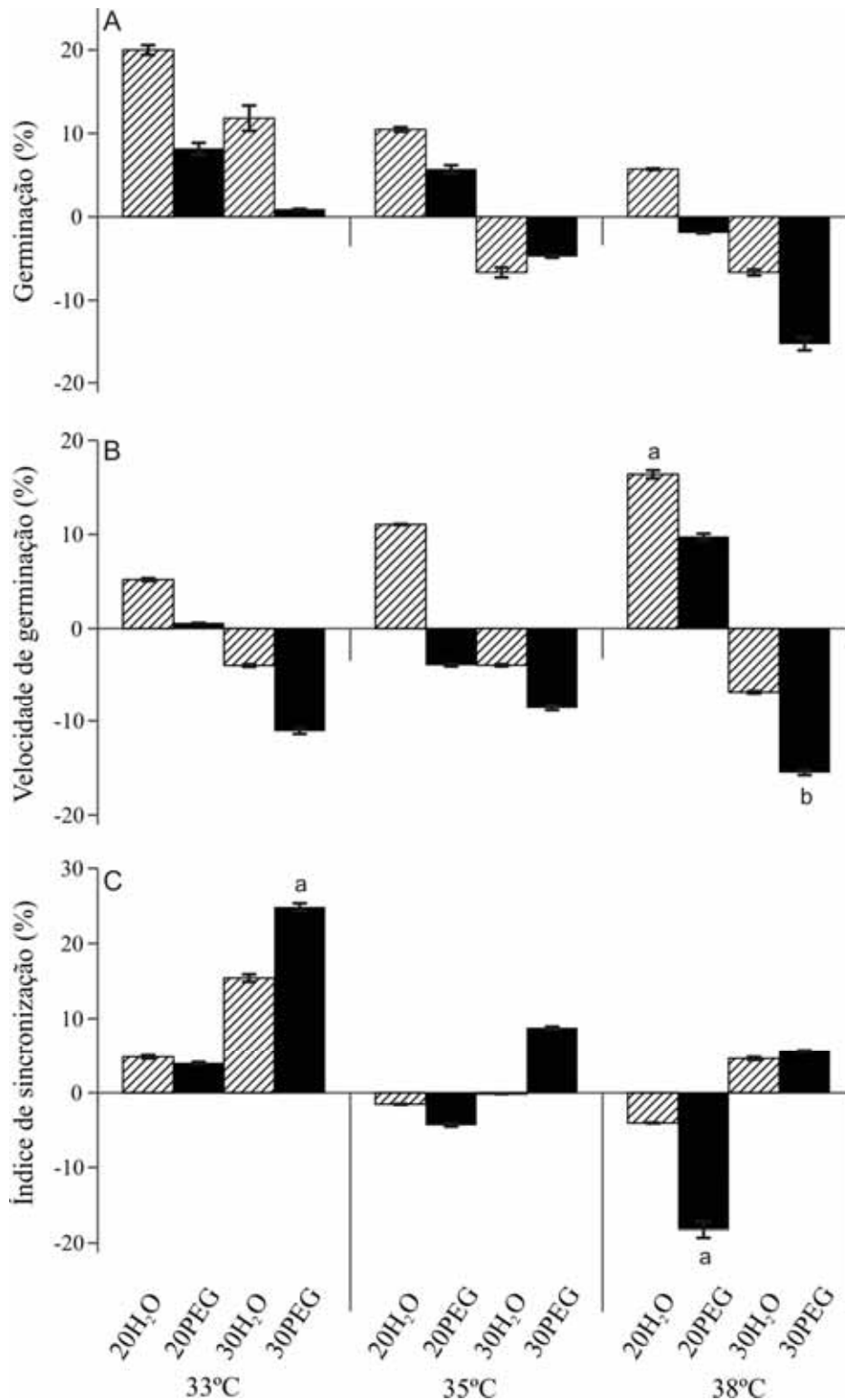


Figura 5. Porcentagem de variação em relação ao controle, para a porcentagem máxima (A), velocidade média (B) e índice de sincronização (C) da germinação de sementes de *U. brizantha* cv. Basilisk, nas temperaturas constantes 33, 35 e 38 °C, previamente submetidas a diferentes condições de osmocondicionamento. Após o osmocondicionamento, as sementes foram secas a 25 °C por 72h. Controle = sementes não osmocondicionadas. As barras verticais indicam os erros padrões das médias. Letras indicam a existência de diferenças estatísticas entre tratamento e controle (teste Tukey,  $\alpha = 5\%$ ).

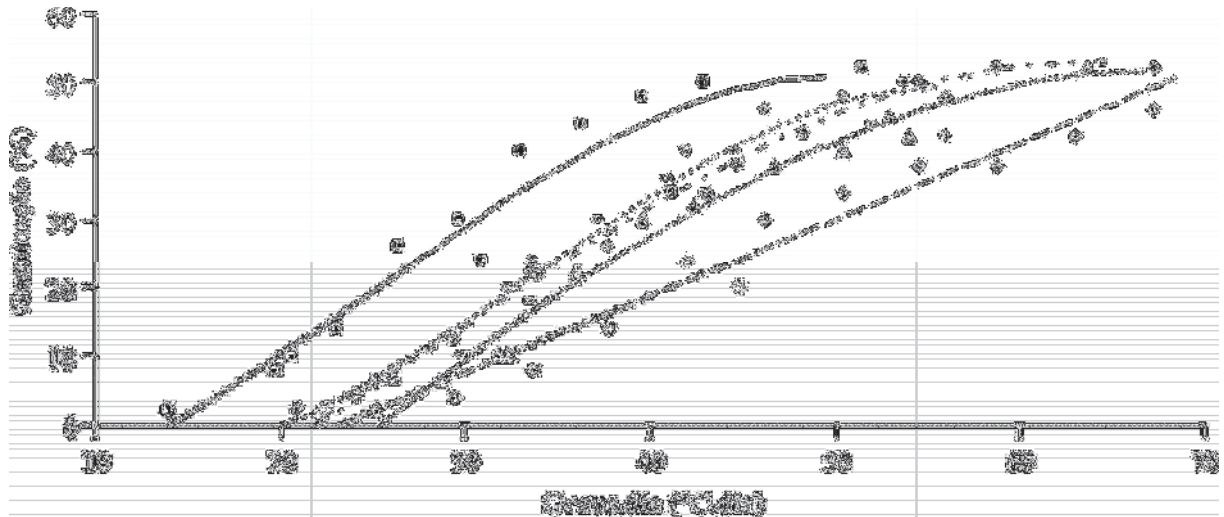


Figura 6. Porcentagem de germinação acumulada de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, em função do acúmulo de graus.dia, para a faixa infraótima, em diferentes condições de osmocondicionamento: 20H<sub>2</sub>O (■), 20PEG (▲), 30H<sub>2</sub>O (○), 30PEG (◆) e controle (—). As linhas indicam os ajustes dos pontos para cada tratamento: 20H<sub>2</sub>O (linha) ( $y = -0,001x^3 + 0,077x^2 - 0,033x - 11,543$ ), 20PEG (pontilhado) ( $y = -0,000x^3 + 0,000x^2 + 2,461x - 59,942$ ), 30H<sub>2</sub>O (pontilhado espaçado) ( $y = -0,001x^3 + 0,141x^2 - 2,902x + 12,356$ ), 30PEG (tracejado) ( $y = 1,1228x - 26,13$ ) e controle (traço e ponto) ( $y = -0,000x^3 + 0,037x^2 + 0,840x - 31,730$ ).

Tabela 9. Coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) do log de graus.dia em função de probit de G(%), temperatura mínima de germinação (Tb) e graus.dia (θT) da fração 50%, para a faixa infraótima de germinação, das sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk. Números após o sinal ± indicam o erro padrão das médias. Letras comparam as médias dos diferentes tratamentos (teste Tukey, α = 5%).

Trat.	R <sup>2</sup>	Tb	θT
20 °C H <sub>2</sub> O	0,95	9,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	43,2 ± 2,9 <sup>b</sup>
20 °C PEG	0,93	9,3 ± 0,1 <sup>a</sup>	55,7 ± 2,0 <sup>ab</sup>
30 °C H <sub>2</sub> O	0,95	9,2 ± 0,6 <sup>a</sup>	49,9 ± 5,9 <sup>ab</sup>
30 °C PEG	0,89	9,1 ± 0,5 <sup>a</sup>	64,5 ± 5,2 <sup>a</sup>
controle	0,93	9,0 ± 0,3 <sup>a</sup>	53,4 ± 3,6 <sup>ab</sup>

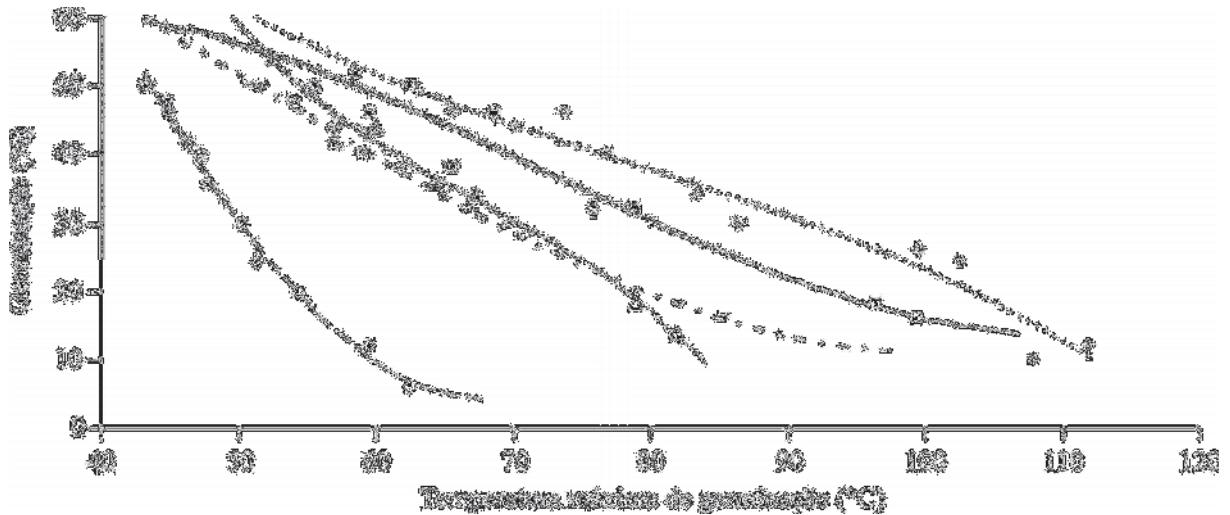


Figura 7. Porcentagem de germinação acumulada de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk, em função da temperatura máxima de germinação, para a faixa supraótima, em diferentes condições de osmocondicionamento: 20H<sub>2</sub>O (■), 20PEG (▲), 30H<sub>2</sub>O (○), 30PEG (◆) e controle (—). As linhas indicam os ajustes dos pontos para cada tratamento: 20H<sub>2</sub>O (linha) ( $y = 0,000x^3 - 0,050x^2 + 2,674x + 18,671$ ), 20PEG (pontilhado) ( $y = -0,001x^3 + 0,273x^2 - 19,489x + 520,120$ ), 30H<sub>2</sub>O (pontilhado espaçado) ( $y = -0,000x^3 + 0,043x^2 - 4,017x + 177,703$ ), 30PEG (tracejado) ( $y = 0,001x^3 - 0,030x^2 - 4,316x + 244,982$ ) e controle (traço e ponto) ( $y = 0,000x^3 - 0,026x^2 + 0,081x + 90,526$ ).

Tabela 10. Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do log de temperatura máxima de germinação em função de probit de G(%), temperatura máxima de germinação ( $T_c$ ) e graus.dia ( $\theta T$ ) da fração 50%, para a faixa supraótima, das sementes de *Urochloa brizantha* cv. Basilisk. Números após o sinal  $\pm$  indicam o erro padrão das médias. Letras comparam as médias dos diferentes tratamentos (teste Tukey,  $\alpha = 5\%$ ).

Trat.	$R^2$	$T_c$	$\theta T$
20 °C H <sub>2</sub> O	0,96	55,4 ± 7,8 <sup>a</sup>	81,6 ± 35,3 <sup>a</sup>
20 °C PEG	0,90	63,6 ± 14,1 <sup>a</sup>	129,3 ± 72,3 <sup>a</sup>
30 °C H <sub>2</sub> O	0,97	56,9 ± 7,0 <sup>a</sup>	99,0 ± 48,9 <sup>a</sup>
30 °C PEG	0,97	40,8 ± 1,9 <sup>a</sup>	32,3 ± 9,5 <sup>a</sup>
Controle	0,98	49,1 ± 2,4 <sup>a</sup>	69,5 ± 13,6 <sup>a</sup>

#### 4.5. Conclusão

Conclui-se que a pré-embebição controlada a 32 °C resultou em aumento na porcentagem, velocidade e sincronização da germinação de *Urochloa brizantha* em temperaturas extremas; sendo que para a temperatura ótima de germinação, apenas a pré-embebição em potencial hídrico alto (água), a 8 e 32 °C, resultou em incremento na velocidade de germinação das sementes. Para o ensaio que compreendeu a germinação na faixa infra e supraótima, o osmocondicionamento a 20 °C, em potencial hídrico = 0,0 MPa, proporcionou maior velocidade de germinação e sincronização, embora não tenha alterado a porcentagem da germinação. Já O osmocondicionamento não ocasionou modificação significativa na estimativa das temperaturas mínima e máxima de germinação, e no graus.dia, em relação a sementes não osmocondicionadas.

#### 4.6. Referências

- ALLEN, P.; BENECH-ARNOLD, R.L.; BATLLA, D. & BRADFORD, K.J. Modeling of seed dormancy. In: BRADFORD, K.J. & NONOGAKI, H. (Ed.). **Seed development, dormancy and germination**. Blackwell Publishing, 2007.
- BARBOSA, R.A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006.
- BARBOSA, E.G.; PIVELLO, V.R. & MEIRELLES, S.T. Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian Cerrados. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.4, p.825-831, 2008.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. **Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas**. 4 Edição. Artmed Editora S/A. Porto Alegre, 2007.
- BONOME, L.T.S.; GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A.; ANDRADE, V.C.; CABRAL, P.S. Efeito do condicionamento osmótico em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.3, n.3, p.422-428, 2006.
- BRADFORD, K.J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**, v. 50, p. 248-260, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 398 p.

- DEMIR, I. & OZTOKAT, C. Effect of salt priming on germination and seedling growth at low temperatures in watermelon seeds during development. **Seed Science and Technology**, v.31, p.765-770, 2003.
- FINNEY, D.J. **Probit analysis**. 3 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.
- GUMMERSON, R.J. The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v.37, p.719-741, 1986.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y. J. Invigoration of seeds. **Seed Science and Technology**, v.3, n.3/4, p.881-888, 1975.
- KLEIN, A.; FELIPPE, G.M. Efeito da Luz na Germinação de Ervas Invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.955-966, 1991.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Washington, 1983.
- LIMA, A.E.S. **Condicionamento Osmótico de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE, 2007.
- LIMA, V. L. D. & CARDOSO, V. J. M. On the germination and dormancy of dispersal units of *Brachiaria decumbens* Stapf. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.39, n.3, p.595-606, 1996.
- MCDONALD, M.B. Seed priming. In BLACK, M. & BEWLEY, J.D. (Eds.). **Seed Technology and Its Biological Basis**. Shefeld Academic Press, Shefeld, UK, 2000.
- MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B.; KUMBLE, V. ***Brachiaria: biologia, agronomia e melhoramento***. 1. ed. Cali: CIAT, 1998.
- NASCIMENTO, W.M.; ARAGÃO, F.A.S. Muskmelon seed priming in relation to seed vigor. **Scientia Agricola**, v.61, p.114-117, 2004.
- PEREIRA, M.D.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Primed carrot seeds performance under water and temperature stress. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.174-179, 2009.
- PILL, W.G.; FINCH-SAVAGE, W.E. Effects of combining priming and plant growth regulator

treatments on the synchronization of carrot seed germination. **Annals of Applied Biology**, v.113, p.383-389, 1988.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação – um enfoque estatístico**. Brasília: Editora UNB, 2004.

TONIN, G.A.; GATTI, A.B.; CARELLI, B.P.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência da temperatura de condicionamento osmótico na viabilidade e no vigor de sementes de *Pterogyne nitens* Tull. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, p.35-43, 2005.

VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2. ed. Editora Atlas, São Paulo, 1999.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. Pesquisa **Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1957-1968, 1991.

ZEHTAB-SALMASI, S. Study of cardinal temperatures for Pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed germination. **Journal of Agronomy**, v.5, n.1, p.95-97, 2006.

## 5. CONCLUSÃO GERAL

*Urochloa brizantha* germinou dentro de uma faixa de temperatura relativamente grande, variando de  $7,5 \pm 0,5$  °C a  $41,5 \pm 0,5$  °C, sendo que a porcentagem de germinação máxima ocorreu entre  $15,5$  °C e  $33$  °C. Estes valores de temperatura condizem com espécies de clima tropical (LANGRIDGE & MCWILLIANS, 1967), sendo que temperaturas mínimas e máximas de germinação próximas a *U. brizantha* foram relatados para *Pennisetum typhoides* (GARCIA-HUIDOBRO et al., 1982), *Themeda australis*, *Chrysopogon fallax*, *Sorghum plumosum*, *Chrysopogon Latifolius* e *Sorghum stipoideum* (MOTT, 1978). A modelagem da germinação de *U. brizantha*, utilizando a regressão linear dos valores de velocidade de germinação, indicou haver temperatura mínima de germinação única para todas as frações de sementes ( $8$  °C), apesar de o teste de porcentagem de germinação máxima indicar que as maiores frações de sementes germinaram apenas acima de  $8$  °C. A regressão linear dos valores de velocidade de germinação apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) inferior ao indicado quando se utiliza a regressão quadrática, para a faixa infraótima. De fato, segundo Hardegree (2006), a relação entre a velocidade e a temperatura de germinação pode não ser linear para algumas espécies. O método probítico, baseado no conceito *thermal time*, foi eficiente em estimar  $T_b$  e  $T_c$  em condições controladas, porém superestimou os tempos de germinação de *U. brizantha* em condições de campo. Esta superestimativa, provavelmente, ocorreu devido à utilização da temperatura média do período como parâmetro de predição, já que os períodos mais quentes do dia, que geralmente estavam acima da faixa ótima de germinação, foram interpretados pelo modelo como acelerando a velocidade de germinação, enquanto na verdade, causaram o efeito contrário. Possíveis alterações nos valores de  $T_b$ ,  $T_c$  e  $\theta T$ , devido às oscilações da temperatura no campo, podem também ter causado a baixa acurácia do modelo.

Para os testes de osmocondicionamento, a germinação de *Urochloa brizantha* nas temperaturas cardeais e ótima, indicou que, de modo geral, a temperatura de osmocondicionamento  $32$  °C (temperatura ótima de germinação) proporcionou aumento na porcentagem (G), velocidade ( $V_m$ ) e sincronização da germinação (U). Por outro lado, a temperatura de osmocondicionamento  $39,5$  °C (temperatura cardeal máxima) agiu de modo contrário, reduzindo G,  $V_m$  e U. O potencial hídrico de osmocondicionamento  $0,0$  MPa proporcionou, de modo geral, incremento nos índices G,  $V_m$  e U, em relação ao potencial hídrico  $-0,5$  MPa. A germinação de *U. brizantha* na faixa infra e supraótima indicou que o osmocondicionamento a  $20$  °C, em potencial hídrico =  $0,0$ , proporciona aumento nos

parâmetros Vm e U, apesar de não modificar a porcentagem de germinação. Os resultados apresentados para o osmocondicionamento de *U. brizantha* cv. Basilisk estão de acordo com os resultados apresentados por Lima (2007), para o osmocondicionamento de *U. brizantha* cv. Marandú.

### 5.1. Referências

- LIMA, A.E.S. **Condicionamento Osmótico de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE, 2007.
- LANGRIDGE, J. & MCWILLIANS, J.R. Heat responses of higher plants. In **Thermobiology**. Ed. A. Rose. Academic Press, London and New York, 1967.
- GARCIA-HUIDOBRO, J., MONTEITH, J.L. & SQUIRE, G.R. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). I. Constant temperature. **Journal of Experimental Botany**, v.33, p.288-296, 1982.
- MOTT, J.J. Dormancy and germination in five native grass species from savannah woodland communities of the Northern Territory. **Australian Journal of Botany**, v.26, p621–631, 1978.
- HARDEGREE, S.P. Predicting germination response to temperature. I. cardinal-temperature models and subpopulation-specific regression. **Annals of Botany**, v.97, p.1115–1125, 2006.