



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Departamento de Botânica

**Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal**



**ALEXANDRE APARECIDO DUARTE**

**TEMPERATURA COMO MODULADOR DA GERMINAÇÃO  
DE TRÊS ESPÉCIES DE BROMELIACEAE**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.**

**Área de Concentração: Fisiologia Vegetal**

**BELO HORIZONTE – MG**

**2015**





**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Departamento de Botânica

**Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal**



**ALEXANDRE APARECIDO DUARTE**

## **TEMPERATURA COMO MODULADOR DA GERMINAÇÃO DE TRÊS ESPÉCIES DE BROMELIACEAE**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.**

**Área de Concentração Fisiologia Vegetal**

**Orientador: Prof. Dr. José Pires Lemos-Filho**

**Co-orientadora: Profa. Dra. Andréa Rodrigues Marques Guimarães  
Universidade Federal de Minas Gerais**

**BELO HORIZONTE – MG**

**2015**

**ALEXANDRE APARECIDO DUARTE**

043

Duarte, Alexandre Aparecido.

Temperatura como modulador da germinação de três espécies de Bromeliaceae [manuscrito] / Alexandre Aparecido Duarte. – 2015.  
67 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: José Pires Lemos-Filho. Co-orientadora: Andréa Rodrigues Marques Guimarães.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Botânica.

1. Bromeliacea - Teses. 2. Germinação - Teses. 3. Temperatura - Teses. 4. Tempo térmico. 5. Biologia vegetal - Teses. I. Lemos-Filho, José Pires. II. Guimarães, Andréa Rodrigues Marques. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Botânica. IV. Título.

Dissertação defendida e aprovada, em 24 de fevereiro de 2015, pela banca examinadora constituída pelos professores:



*Dr. José Rives de Lemos Filho (orientador)-UFMG*



*Dr. Marcel Giovanni Costa França - UFMG*



*Dr. Fernando Augusto de Oliveira e Silveira- UFMG*



*Dr. Cleber Cunha Figueredo - UFMG*

**“Ninguém que se entusiasme com seu trabalho tem algo a temer na vida.”**

**(Samuel Goldwyn)**

## **DEDICO**

A Dandara R. Muniz  
pelo amor e companheirismo,  
acreditando em mim sempre,  
e aos meu pais e irmãs,  
por tornarem possível  
este sonho.

## AGRADECIMENTOS

Durante estes dois anos fiquei totalmente imerso na elaboração deste trabalho, o convívio com outras pessoas foi essencial para o meu amadurecimento profissional e pessoal, eles colaboraram para realização desta dissertação. A todas elas meus mais sinceros agradecimentos.

Ao Prof. José Pires de Lemos Filho, por sua confiança, orientação, e pelas continuas e relevantes idéias ao longo do trabalho. À professora Andrea Rodrigues Marques Guimarães, pelo incansável suporte e dedicação ao longo do trabalho. Ao professor Victor José Mendes Cardoso, pela cordial atenção, paciência e orientação sobre o modelo tempo térmico, que foram fundamentais para conclusão do capítulo 2.

À Profa. Queila Garcia e ao Prof. Marcel França pela disponibilidade sempre que precisei. Ao Prof. Fernando A. O. Silveira pelos conselhos sobre estatística ao longo do curso, desde minha primeira disciplina do mestrado.

À Profa. Rosy Isaias, que ao longo de minha formação acadêmica me fez ficar encantado pela botânica e pela grande paciência e boa vontade que sempre me atendeu. Aos Professores Fernando Henrique Vale e Cleber Figueredo, por serem sempre tão disponíveis e prestativos. À Profa. Denise Maria Trombert de Oliveira pelos incentivos e conhecimentos compartilhados. À Profa. Luzia Modolo, pelo seu incentivo e bom humor.

Ao Prof. João Renato Stehmann e à Denise Márcia Figueiredo Monteiro, pelo auxílio em toda a parte burocrática. À Selminha, pelo seu “bom dia menino”. A todos os companheiros do departamento, em especial aos do laboratório de fisiologia vegetal sem os quais não seria possível chegar ao fim deste trabalho. Às meninas do grupo GEBioPlan Cristiane, Fernanda, Aline, Lívia e Gisele.

À Thamara e às meninas das sementes Daniela, Eliza, Leilane, Izabela, Bianca e aos meninos também, Túlio e Ailton. E aqueles com quem trabalhei nos últimos dias, Matheus, Dávila, Gabriela e a Silvana pelos conselhos e apoio em meus trabalhos.

À Bárbara, pela amizade incondicional, pelas prosas e risadas, sem as quais os dias se tornariam mais cansativos e é claro, pela companhia diária no almoço.

Ao longo desses dois anos adquiri conhecimentos científicos, e sobretudo aprendi a valorizar mais a companhia da família e dos amigos, dos quais me ausentei em alguns

momentos. Por esta razão agradeço a toda a minha família. À Dandara, que sempre segurou minha mão e acreditou no meu sonho e sonhou comigo, e à sua família. Este trabalho é fruto do esforço de várias pessoas envolvidas direta ou indiretamente nele. A todos vocês meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

DUARTE, A. A. **Temperatura como modulador da germinação de três espécies de Bromeliaceae**. 2015. XXp. (Dissertação – Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura na germinação das sementes de três espécies de bromélias do campo rupestre da Serra da Piedade, *Vriesea friburgensis* (Mez), *Vriesea bituminosa* Wawra, *Racinaea aerisincola* (Mez) M.A.Spencer & L.B.Sm.. O capítulo 1, objetivou-se testar a hipótese de que a resposta germinativa das sementes dessas espécies apresenta o mesmo padrão encontrado a mais de uma década. Para tal estudo, sementes foram coletadas e submetidas a temperaturas constantes de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C na luz e no escuro. Os resultados demonstraram que houve diferença nas respostas da germinação aos fatores experimentais testados (luz e temperatura). Ambos afetaram de forma significativa a porcentagem de germinação e o tempo médio de germinação das sementes de *R. aerisincola* e *V. bituminosa*. A porcentagem de germinação das sementes de *V. friburgensis* foi afetada significativamente somente pelas diferentes temperaturas. As temperaturas extremas e o escuro aumentaram o tempo médio de germinação. Os resultados corroboraram com a hipótese de que estas espécies mantiveram o padrão germinativo encontrado a mais de uma década. O capítulo 2 analisou o modelo térmico para descrever a germinação das espécies *V. friburgensis*, *V. bituminosa* e *R. aerisincola* em temperaturas constantes tanto na luz quanto no escuro. Os resultados de germinação e a velocidade de germinação, de diferentes frações percentuais das sementes das três espécies, foram obtidos a partir dos dados da primeira parte deste trabalho e foram utilizados na análise do modelo tempo térmico. 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 ( $T_b$ ), ótima ( $T_o$ ) e máxima ( $T_c$ ) de germinação, assim como a quantidade de graus-dia ( $\theta T$ ) necessária para a germinação de sementes individuais. As espécies apresentaram diferentes  $T_b$ ,  $T_o$  e  $T_c$  em função da presença ou ausência de luz. Os valores de  $T_b$  obtidos pelos dois métodos, foram similares para as respectivas espécies. O modelo tempo térmico descreveu com acurácia a resposta germinativa das sementes das espécies de *V. friburgensis* e *V. bituminosa*, o mesmo não foi observado para *R. aerisincola*.

**Palavras – chave: Germinação, temperatura, tempo térmico, Bromeliaceae**

## ABSTRACT

DUARTE, A. A. **Temperature as a modulator of germination of three Bromeliads species**. 2015. XXp. (Dissertation – Master Degree in Plant Biology) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

This study aimed at evaluating the effect of temperature in the germination of seeds of three rupestrian field bromeliads of Serra da Piedade, *Vriesea friburgensis* (Mez), *Vriesea bituminosa* Wawra, *Racinaea aerisicola* (Mez), M. A. Spencer & L. B. Sm. In chapter 1, it was aimed at testing the hypothesis that the germination response of those species shows the same pattern found more than one decade ago. For this study, seeds were collected and submitted to constant temperatures of 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C under light and dark conditions. The results showed some difference in the germination response related to the tested variants (light and temperature). Those variants affected in a significant way the percentage of germination and the average time of germination of *R. aerisicola* and *V. bituminosa* seeds, The germination percentage of *V. friburgensis* seeds was affected significantly only by different temperatures. The results confirmed the hypothesis that those species maintained the germination pattern found more than a decade ago.

In chapter 2 the thermal model to describe the germination of *V. friburgensis*, *V. bituminosa* and *R. aerisicola* species in constant temperatures under light or dark condition was analyzed. Germination results and speed of germination of different percentage fractions of seeds of the three species were obtained from data of the first part of this study and were used in the analysis of the thermal-time model. It was determined by the regression of the fractional speed of germination in relation to the temperature and the probit regression of cumulative germination in relation to the amount of degrees per day, as well as minimum ( $T_b$ ), very good ( $T_o$ ) and maximum ( $T_c$ ) temperature parameters of germination and the amount of degrees per day ( $\Theta T$ ) needed to individual germination of the seeds. The species showed different  $T_b$ ,  $T_o$  and  $T_c$  in relation to the presence or absence of light.  $T_b$  values obtained by the two methods were similar to the analyzed species. The thermal-time model described with accuracy the germination response of seeds of *V. friburgensis* and *V. bituminosa* species, the same was not observed to *R. aerisicola* specie.

**Key –words: Germination, Temperature, Thermal time, Bromeliaceae**

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Tabela 1: Resumo dos valores de F da análise de variância (two-way) ANOVA para os efeitos de luz, temperatura e sua interação sobre a germinação (G%) e o tempo médio de germinação (t) de três espécies de Bromeliaceae da Serra da Piedade, sudeste do Brasil.....	28
Tabela 2: Resumo dos valores de F da análise de variância (two-way) ANOVA para os efeitos de luz, temperatura e sua interação sobre o Índice de Sincronização de três espécies de Bromeliaceae da Serra da Piedade, sudeste do Brasil.....	32
Tabela 3: Parâmetros da germinação gerados pela análise de Probit para <i>Vriesea friburgensis</i> , germinadas na luz e no escuro.....	47
Tabela 4: Parâmetros da germinação gerados pela análise de Probit para <i>Vriesea bituminosa</i> , germinadas na luz e na ausência de luz. ....	50
Tabela 5: Parâmetros da germinação gerados pela análise de Probit para, <i>Racinaea aerisicola</i> germinadas na luz e na ausência de luz. ....	53

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.A:</b> A: <i>Vriesea friburgensis</i> .....	25
<b>Figura 1.B:</b> <i>Vriesea bituminosa</i> .....	25
<b>Figura 1.C:</b> <i>Racinaea aerisicola</i> .....	26
<b>Figura 2:</b> Valores médios de porcentagem final (G%) e tempo médio de germinação (t) e respectivos desvios-padrão de <i>Vriesea friburgensis</i> , <i>Vriesea bituminosa</i> e <i>Racinaea aerisicola</i> em diferentes temperaturas....	29
<b>Figura 3:</b> Índice de sincronização da germinação (U) de sementes e respectivos desvios-padrão de <i>Vriesea friburgensis</i> , <i>Racinaea aerisicola</i> e <i>Vriesea bituminosa</i> em diferentes temperaturas. ....	32
<b>Figura 4:</b> Relação entre a velocidade de germinação (1/t) e temperatura da espécie <i>Vriesea friburgensis</i> .....	46
<b>Figura 5:</b> Curvas de germinação isotérmica de sementes de <i>Vriesea friburgensis</i> submetidas à luz.....	47
<b>Figura 6:</b> Curvas de germinação isotérmica de sementes de <i>Vriesea friburgensis</i> submetidas ao escuro.....	48
<b>Figura 7:</b> Relação entre a velocidade de germinação (1/t) e temperatura da espécie <i>Vriesea bituminosa</i> , para as frações de sementes germinadas nas temperaturas infraótimas.....	49
<b>Figura 8:</b> Relação entre a velocidade de germinação (1/t) e temperatura da espécie <i>Vriesea bituminosa</i> submetidas à luz.....	50
<b>Figura 9:</b> Relação entre a velocidade de germinação (1/t) e temperatura da espécie <i>Vriesea bituminosa</i> submetidas ao escuro.....	51
<b>Figura 10:</b> Relação entre a velocidade de germinação (1/t) e temperatura da espécie <i>Racinaea aerisicola</i> , para as frações de sementes germinadas nas temperaturas infraótimas.....	52
<b>Figura 11:</b> Relação entre a velocidade de germinação (1/t) e temperatura da espécie <i>Racinaea aerisicola</i> submetidas à luz.....	54
<b>Figura 12:</b> Relação entre a velocidade de germinação (1/t) e temperatura da espécie <i>Racinaea aerisicola</i> submetidas à luz.....	54

## **ABREVIATURAS**

G%- Porcentagem final de germinação

t- Tempo médio de germinação

U- Índice de sincronização da germinação

Tb- Temperatura base

To- Temperatura ótima

Tc- Temperatura máxima

$\theta$ - Tempo térmico ( graus-dia)

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>17</b>
<b>2. Capítulo I – Efeitos da luz e temperatura na germinação das espécies</b> <b><i>Vriesea friburgensis</i>, <i>V. bituminosa</i> e <i>Racinaea aerisicola</i> da Serra da</b> <b>Piedade, Caeté. ....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.Introdução. ....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.Material e Métodos.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.Resultados e Discussão.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.Conclusão.....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.Referências Bibliográficas.....</b>	<b>34</b>
<b>3. Capítulo 2 – Modelo tempo térmico das espécies <i>Vriesea friburgensis</i>,</b> <b><i>V. bituminosa</i> e <i>Racinaea aerisicola</i> em diferentes condições de</b> <b>luz.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. Introdução.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2. Material e Métodos.....</b>	<b>43</b>
<b>3.3. Resultados e Discussão.....</b>	<b>45</b>
<b>3.4.Conclusão.....</b>	<b>58</b>
<b>3.5.Referências Bibliográficas.....</b>	<b>59</b>
<b>4. Considerações Finais.....</b>	<b>63</b>
<b>4.1 Referências Bibliográficas.....</b>	<b>64</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A família Bromeliaceae é predominantemente neotropical (BENZING, 2000; FONTOURA *et al.*, 1991; JANZEN, 1980), sendo a família das angiospermas exclusiva para o continente americano, exceto por uma espécie de *Pitcairnia* do oeste africano (OLIVASTEVA & STEYRMARK, 1987). Mundialmente é constituída de 58 gêneros e 3172 espécies (LUTHER, 2008), distribuídas em oito subfamílias (GIVNISH *et al.*, 2011). No Brasil, são conhecidos 42 gêneros e 1207 espécies (FORZZA *et al.*, 2013).

Os campos rupestres apresentam diferentes famílias de angiospermas (PIRANI *et al.*, 2008) e são locais reconhecidos mundialmente como centro de diversidade e endemismo de plantas (GIULIETTI *et al.*, 2005) dentre as espécies ocorrentes nos campos rupestres destacam-se as da família Bromeliaceae, devido ao grande número de espécies endêmicas (VERSIEUX *et al.*, 2008, 2010). No Brasil, Minas Gerais é um dos estados mais importantes por ter um grande número de espécies de bromélias (VERSIEUX & WENDT, 2007), as espécies endêmicas de Minas Gerais correspondem a 9% do número total de espécies para toda a família, (VERSIEUX *et al.*, 2008, 2010; VERSIEUX, 2011). Os campos rupestres estão inseridos nos biomas Cerrado e Caatinga, em altitudes a partir de 900 m, ocupando, de maneira disjunta, as regiões mais elevadas da Cadeia do Espinhaço, desde o norte da Chapada Diamantina, na Bahia, até a Serra de Ouro Branco, em Minas Gerais (RAPINI *et al.*, 2008). Caracterizam-se pela diversidade de tipos de substratos, formados pela exposição de diversos tipos de rochas, com pouca disponibilidade de água e intensa exposição solar (GIULIETTI & PIRANI, 1988; MEGURO *et al.*, 1994; GIULIETTI *et al.*, 1997; DUTRA, 2005).

Os fatores edáficos e climáticos dos campos rupestres proporcionam uma flora heterogênea, representada por cerca de 4000 espécies vasculares, composta por muitos indivíduos endêmicos (HARLEY, 1995; GIULIETTI *et al.*, 1997; GIULIETTI *et al.*, 2000), que representam uma unidade biogeográfica de alta e extrema importância (POLHIL *et al.*, 1981; LEWIS *et al.*, 2005), sendo uma área de prioridade para conservação da biodiversidade (MMA, 2000). Essa região necessita urgentemente de estratégias de conservação que podem ajudar a proteger e conservar a herança biológica local, especialmente no Quadrilátero Ferrífero, que está sujeito à mineração a céu aberto (JACOBI *et al.*, 2011).

Apesar da reconhecida riqueza florística da Cadeia do Espinhaço, declarada como Reserva da Biosfera pela UNESCO, e da importância dos estudos de germinação para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies neste ambiente, pouco se conhece da biologia

reprodutiva de muitas espécies de campos rupestres (MOTA & GARCIA, 2012), o que torna as investigações sobre o tema, especialmente relevantes.

Alguns estudos de germinação vêm utilizando diferentes modelos, entre eles os modelos tempo térmico (graus-dia) que são ferramentas que permitem estimar o tempo necessário para a germinação de uma espécie em um dado regime térmico com base em alguns poucos parâmetros (MYERS *et al.*, 2000; BRADFORD, 2002; CARDOSO & PEREIRA, 2009). O conceito de graus-dia, em substituição ao da contagem cronológica, tem sido utilizado desde 1730 (WANG, 1960). Segundo este conceito, as sementes podem germinar à medida que acumulam unidades térmicas acima de uma temperatura base, ao passo que, abaixo desta temperatura, a germinação cessa.

Para as Bromeliaceae, poucos trabalhos enfocam análise de tempo térmico, como por exemplo, Malézieux *et al.* (1994), que analisaram o desenvolvimento do fruto do abacaxi. Outros dos trabalhos basicamente analisam os efeitos da temperatura e luz na germinação, dentre eles os de Pereira *et al.* (2009), Vieira *et al.* (2007), Duarte *et al.* (2010), Marques *et al.* (2014) e Rodrigues *et al.* (2014). Marques (2002) apresentou a germinação de 12 espécies encontradas em diferentes habitats da Serra da Piedade. Apesar da relevância e contribuição desses estudos para o entendimento do comportamento germinativo das sementes dessas espécies a diferentes temperaturas, nenhum deu enfoque à análise do tempo térmico para a germinação. A proposta deste trabalho foi novamente estudar a germinação de três espécies presentes na Serra da Piedade, Caeté, Mg; *Vriesea friburgensis* Mez, *Vriesea bituminosa* Wawra, *Racinaea aerisincola* (Mez) M.A. Spencer & L.B.Sm., após 11 anos de avanço das atividades de extração de minério de ferro no entorno da Serra da Piedade, para responder às seguintes questões: (a) Será que as espécies mantiveram as mesmas respostas germinativas descritas no estudo de Marques (2002)? (b) É possível construir um modelo tempo térmico para modelar os efeitos das temperaturas em diferentes condições de luz na germinação de sementes dessas espécies? (c) Qual a diferença dos parâmetros germinativos gerados pelo modelo criado entre as espécies e suas implicações para o seu estabelecimento? Para tal propósito foi realizado o presente estudo que é apresentado em dois capítulos, o primeiro abordando aspectos da resposta germinativa das sementes das espécies *Vriesea bituminosa*, *V. friburgensis* e *Racinaea aerisincola* que ocorrem em campo rupestre na Serra da Piedade, Minas Gerais e o segundo, com base nos resultados descritos no primeiro capítulo, a determinação dos parâmetros para a utilização do modelo do tempo térmico. Os resultados obtidos foram discutidos em função dos habitats (nichos) de ocorrência das espécies.

## Referências Bibliográficas

- Alvez, R.J.V. & J. Kolbek. (1994). Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brasil. *Vegetatio* 113, 125-139.
- Benzing, D. (2000). Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, UK, 690 pp.
- Bradford, K.J. (2002) Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*. 50, 248-260.
- Cardoso, V. J. M., Pereira, F. J. M. (2008). Germinação de sementes de *Drymaria cordata* (L.) Willd. Ex Roem & Schult.: efeito do potencial hídrico. *Revista Brasil Botanica*. 31, 2, 253-261.
- Duarte, E.F., Carneiro, I.F., Silva, N.F., Guimarães, N.N.R. (2010). Características físicas e germinação de sementes de *Dyckia goehringii* Gross & Rauh (BROMELIACEAE) sob diferentes temperaturas. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*. 40, 4, 422-429.
- Dutra, V.F. (2005). Leguminosae Adans. nos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil: florística, preferência por habitat, aspectos reprodutivos e distribuição geográfica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- Fontoura, T.; Costa, A. & Wendt, T. (1991). Preliminary checklist of the Bromeliaceae of Rio de Janeiro state, Brazil. *Selbyana*. 12, 5-45.
- Forzza, R.C.P., Leitman, B.M.T., Walter, A., Costa, J.R., Pirani, M.P., Morim, L.P., Queiroz, G., Martinelli, A.L., Peixoto, M.A.N., Coelho, J.R., Stehmann, J.F.A., Baumgratz, L.G., Lohmann, M. Hopkins. (2013). Angiospermas. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Giulietti, A.M. & J.R. Pirani. (1988). Patterns of geographical distribution of some plant species from Espinhaço range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In: P.E. Vanzolini & W.R. Heyer (eds). pp. 39-69. Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- Giulietti, A.M., J.R. Pirani & R.M. Harley. (1997). Espinhaço range region. Eastern Brazil. In: S.D. Davis, V.H. Heywood, O. HerreraMacBryde, J. Villalobos & A.C. Hamilton (eds). Centres of plant diversity. A guide and strategies for the conservation, Vol. 3. The Americas. pp. 397-404. WWF/IUCN, Cambridge.

- Giulietti, A.M., Scatena, V.L., Sano, P.T., Parra, L.R., Queiroz, L.P., Harley, R.M., Menezes, N.L., BenkoYseppon, A.M.; Salatino, A., Salatino, M.L., Vilegas, W., Santos, L.C., Ricci, C.V., Bonfim, M.C.P., Miranda, E.B. (2000). Multidisciplinary studies on Neotropical Eriocaulaceae. In: Wilson, K.L. & Morrison, D.A. (eds.). *Monocots II: Systematic and Evolution*. CSIRO, Melbourne. Pp. 580-589.
- Givnish, T.J., Barffus, M.H.J., Van E e B., Riina, R., Schulte, K., Horres, R., Gonsiska, P.A., Jabaily, R.S., Crayn, D.M., Smith, J.A.C., Inverno, K., Brown, G.K., Evans, T.M., Holst, B.K., Luther, H., Até, W., Zizka, G., Barry, P.E. & Sytsma K.J. (2011). Phylogeny, adaptative radiation, and historical biogeography in Bromeliaceae: insights from an eight-locus plastid phylogeny. *American Journal of Botany*. 98, 872-895.
- Harley, R.M. (1995). Introduction. In: B. L. Stannard (ed). *Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil*. Royal Botanical Gardens, Kew. 1-40.
- Jacobi, C.M., Carmo, F.F. & Campos, I.C. (2011). Soaring extinction threats to endemic plants in Brazilian metal-rich regions. *AMBIO*. 40, 540-543.
- Janzen, D.H. (1980). When is it coevolution? *Evolution*. 34, 611-612.
- Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B. & Lock, M. (2005). *Legumes of the World*. Kew, Richmond, Royal Botanic Gardens.
- Luther, H.E. (2008). *An alphabetical list of bromeliad binomials*. 11th ed. The Bromeliad Society International. Sarasota.
- Malézieux, E., Zhang, J., Sinclair, E.R., Bartholomew, D.P. (1994). Predicting pineapple harvest date in different environments, using a computer simulation model, *American Societe Agronomy*. 86, 609–617.
- Marques, A.R. *Ecofisiologia e contribuições para a conservação das bromélias da Serra da Piedade*. (2002). Tese. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Marques, A.R., Atman, A.P.F., Silveira, F.A.O., Lemos-Filho, J.P. (2014). Are seed germination and ecological breadth associated? Testing the regeneration niche hypothesis with bromeliads in a heterogeneous neotropical montane vegetation. *Plant Ecology*. 215, 517-529.
- Meguro, M., Pirani, J.R., Giulietti, A.M. & Mello-Silva, R. (1994). Phytophysiognomy and compositon of the vegetation of Serra do Ambrósio, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasil Botanica*. 17, 149-166.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. (2000). *Avaliação e ação prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*. Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas,

- Instituto de Pesquisas Ecológicas, SMA de SP e SEMAD/ Instituto Estadual de Florestas – MG, Brasília. 40p.
- Mota, L.A.S., & Garcia, Q. (2012). Germination patterns and ecological characteristics of *Vellozia* seeds from high-altitude sites in the south-eastern Brazil. *Seed Science Research*. 1-8.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403, 853-858.
- Oliva-Esteva, F. & Steyermark, J. A. (1987). Bromeliaceas of Venezuela . E. Armitano. Publisher. 397 p.
- Pereira A.R., Andrade A.C.S., Pereira T.S., Forzza R.C., Rodrigues A.S. (2009). Comportamento germinativo de espécies epífitas e rupícolas de Bromeliaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasil Botanica*. 32, 827–838.
- Polhill, R.M. (1981). Papilionoideae. *In* Advances in legume systematics (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew. p.192-208.
- Rapini, A., Ribeiro, P.L., Lambert, S. & Pirani, J.R. (2008). A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade*. 4, 1-2.
- Versieux L.M., Wendt T. (2007). Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. *Biodiversity Conservation*. 16, 2989–3009.
- Versieux, L.M. (2008). Checklist and one new species of Bromeliaceae from Pico do Itambé, Minas Gerais, Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 158, 709-715.
- Versieux L.M., Louzada R.B., Viana P.L., Mota N., Wanderley M.G.L. (2010). An illustrated checklist of Bromeliaceae from Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais, Brazil, with notes on phytogeography and one new species of *Cryptanthus*. *Phytotaxa*. 10, 1–16.
- Versieux, L.M. (2011). Brazilian plants urgently needing conservation : the case of *Vriesea minarum* (Bromeliaceae). *Phytotaxa*. 28, 35-49.
- Vieira D.C.M., Socolowski F., Takaki M. (2007). Germinação de sementes de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas em luz e escuro. *Revista Brasil Botanica*. 30, 183–188.
- Wang, J.Y. (1960). A critique of heat approach to plant response studies. *Ecology*. 41, 4, 785-790.

**2. Capítulo I – Efeitos da luz e temperatura na germinação das espécies  
*Vriesea friburgensis*, *V. bituminosa* e *Racinaea aerisicola* da Serra da Piedade,  
Caeté-MG.**

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a germinação das sementes das espécies de bromélias do campo rupestre da Serra da Piedade, *Vriesea friburgensis* (Mez), *Vriesea bituminosa* Wawra, *Racinaea aerisicola* (Mez) M.A.Spencer & L.B.Sm., para testar a hipótese de que a resposta germinativa das sementes dessas espécies apresenta o mesmo padrão encontrado a mais de uma década. Para tal estudo, sementes foram coletadas e submetidas a temperaturas constantes de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C na luz e no escuro. Os resultados demonstraram que houve diferença nas respostas da germinação aos fatores experimentais testados (luz e temperatura). Ambos afetaram de forma significativa a porcentagem de germinação das sementes de *R. aerisicola* e *V. bituminosa*, o mesmo sendo observado para o tempo médio de germinação das duas espécies. *R. aerisicola* não germinou acima de 30°C e apresentou a maior germinabilidade entre 15 e 25°C independente da luz. *V. bituminosa* apresentou valores de porcentagem de germinação acima de 70% entre 20 e 30°C na luz e, acima de 60%, no escuro entre 25 e 30°C. A porcentagem de germinação das sementes de *V. friburgensis* foi afetada pelas diferentes temperaturas significativamente. A germinabilidade de *V. friburgensis* foi acima de 70% entre 10 e 35°C independente do regime de luz. As temperaturas extremas e o escuro aumentaram o tempo médio de germinação e a germinação não foi sincrônica. A alta porcentagem de germinação das sementes de *V. friburgensis* e *V. bituminosa* em uma grande amplitude térmica independente da presença ou não da luz, indicou que as sementes são capazes de germinarem em ambientes abertos e sombreados desde que a água não seja um fator limitante. A germinação das sementes de *R. aerisicola* foi sensível às temperaturas mais altas. Os resultados corroboraram com a hipótese de que estas espécies mantiveram o padrão germinativo encontrado a mais de uma década.

## Abstract

This study aimed at evaluating the effect of temperature in the germination of the seeds of three rupestrian field bromeliads of Serra da Piedade, *Vriesea friburgensis* (Mez), *Vriesea bituminosa* Wawra, *Racinaea aerisicola* (Mez), M. A. Spencer & L. B. Sm. In chapter 1, it was aimed at testing the hypothesis that the germination response of those species shows the same pattern found more than one decade ago. For this study, seeds were collected and submitted to constant temperatures of 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C under light and dark conditions. The results showed some difference in germination response related to the tested variants (light and temperature). Those variants affected in a significant way the percentage of

germination of *R. aerisicola* and *V. bituminosa* seeds, as well as the average time of germination of those two species. *Racienaea aerisicola* did not germinate above 30 °C and showed a high germinability level between 15 and 25 °C independent on light conditions. *Vriesea bituminosa* showed values of germination percentage above 70% between 20 and 30 °C under light condition and of 60% between 25 and 30 °C under dark condition. The germination percentage of *V. friburgensis* seeds was affected significantly by different temperatures. The germinability level of *V. friburgensis* was above 70% between 10 and 35 °C independent on light condition. Extreme temperatures and darkness increased the average time of germination and it was not synchronic. The high percentage of germination of *V. friburgensis* and *V. bituminosa* seeds in a high thermal amplitude, independent on the presence or absence of light, indicated that the seeds are able to germinate in open or shadowy places since water is not a limiting factor. The germination of *R. aerisicola* seeds was sensitive to higher temperatures. The results confirmed the hypothesis that those species maintained the germination pattern found more than a decade ago. The germination of the seeds of *Vriesea friburgensis* and *V. bituminosa* species was tolerant to higher band of temperature but a more restricted one to *R. aerisicola*. This characteristic can be associated to the strategy of a conservative use of a resource what makes them more competitive.

## 2.1. INTRODUÇÃO

A germinação de sementes sofre a influência de fatores ambientais como a temperatura, luminosidade e umidade do habitat (GODOI & TAKAKI, 2004; ZAIDAN & CARREIRA, 2008; ABREU & GARCIA, 2005; OLIVEIRA *et al.* 2013; BATLLA & BENECH-ARNOLD, 2014), tendo um significado expressivo na adaptação ecológica das espécies e sendo determinante no estabelecimento dos indivíduos (BERGO *et al.*, 2010; REGO *et al.*, 2009; VELTEN & GARCIA, 2005). Dentre as condições ambientais que afetam o processo germinativo, a temperatura exerce uma influência significativa (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989), existindo uma faixa térmica de maior eficiência (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). A relação entre germinação e os limites de temperaturas é uma característica de cada espécie (RAMOS & VARELA, 2003) e está frequentemente associada às temperaturas as quais as plantas ficam expostas durante a fase de crescimento (VILLALOBOS & PELAEZ, 2001; MARQUES *et al.*, 2014). Para muitas espécies vegetais, quando são fornecidas condições adequadas de luz e umidade, a temperatura predominante determina não só a fração de sementes que germina como também a velocidade de germinação (OLIVEIRA & GARCIA, 2005). A temperatura também é importante para a sincronia da germinação das sementes, sendo utilizado o índice de sincronização de germinação (U), quanto menor for o valor do índice mais sincronizada será a germinação (SANTANA & RANAL, 2004). A vantagem desse índice é que seu valor não é influenciado pelo número total de sementes germinadas e nem pelo tempo médio de germinação (SILVA & DANTAS, 2013).

Estudos que abordam a germinação de espécies de campos rupestres podem contribuir para explicar as características dessas espécies e suas respostas as diferentes exposições de temperatura e luz, permitindo o entendimento do estabelecimento destas plantas em um determinado habitat. Alguns estudos mostram que as espécies dos campos rupestres apresentam maior porcentagem de germinação quando expostas a temperaturas mais elevadas, como as de *Xyris* (ABREU & GARCIA, 2005), de *Vellozia* (GARCIA & DINIZ 2003; RIBEIRO *et al.*, 2007) e de *Syngonanthus* (GARCIA & OLIVEIRA, 2007), por exemplo. No entanto, para várias espécies de Asteraceae, as maiores porcentagens de germinação foram observadas em temperaturas próximas de 20°C (FERREIRA *et al.*, 2001), como também para as sementes de *Lavoisiera cordata* (RANIERI *et al.*, 2003) e *Marcetia taxifolia* (SILVEIRA *et al.*, 2004). Esses trabalhos são importantes por ressaltar as exigências térmicas para a

germinação de sementes de espécies de campos rupestres, alguns desses ressaltam a importância da luz para a germinação dessas espécies.

Trabalhos com sementes de Bromeliaceae mostraram maiores porcentagens de germinação nas temperaturas ótimas, que variam entre 20 e 30°C, com valores frequentemente superiores a 25°C (PINHEIRO & BORGHETTI, 2003; VIEIRA *et al.*, 2007; TARRÉ *et al.*, 2007; DUARTE *et al.*, 2010; SILVA & SCATENA, 2011; PEREIRA *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2010). A diferença nos requerimentos térmicos entre as bromélias pode estar relacionada com os padrões espaciais de germinação dessas espécies (PINHEIRO & BORGHETTI, 2003; TARRÉ *et al.*, 2007).

Um estudo realizado com as espécies de *Vriesea friburgensis* e *V. bituminosa* mostrou alta porcentagem de germinação (>90%) entre as temperaturas de 15 a 35°C, independente da condição de luz (MARQUES *et al.*, 2014). Outros autores também observaram a maior porcentagem de germinação em temperaturas mais elevadas para *V. friburgensis* (PAGGI *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2014) e para *V. bituminosa* (RODRIGUES *et al.*, 2014). Marques *et al.* (2014) observaram para *Racinaea aerisicola* uma faixa térmica para germinação mais estreita, tendo sua maior porcentagem de germinação entre 15 e 20°C (regime de luz) e 15°C (escuro).

Este estudo teve como objetivo avaliar a germinação das sementes das espécies *Vriesea bituminosa*, *V. friburgensis* e *Racinaea aerisicola*, após 10 anos de extração de minério de ferro no entorno da Serra da Piedade, para testar a hipótese de que a resposta germinativa das sementes dessas espécies apresenta o mesmo padrão citado por Marques (2002) para diferentes condições de temperatura e luz. Marques (2002) observou que as maiores porcentagens de germinação das espécies do gênero *Vriesea* ocorreram nas temperaturas de 20 a 30°C, enquanto para *Racinaea aerisicola* valores mais altos de germinação foram observadas nas temperaturas mais baixas, de 15 e 20°C.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

### a) Área de estudo

O maciço da Serra da Piedade está localizado entre os municípios de Sabará e Caeté, Minas Gerais, a cerca de 50 km a nordeste de Belo Horizonte (43°40'33"W; 19°49'20"S; altitude 1746 m) na borda norte do Quadrilátero Ferrífero (AZEVEDO *et al.*, 2009). Em sua região predomina a ocorrência de afloramentos ferruginosos compreendendo terrenos

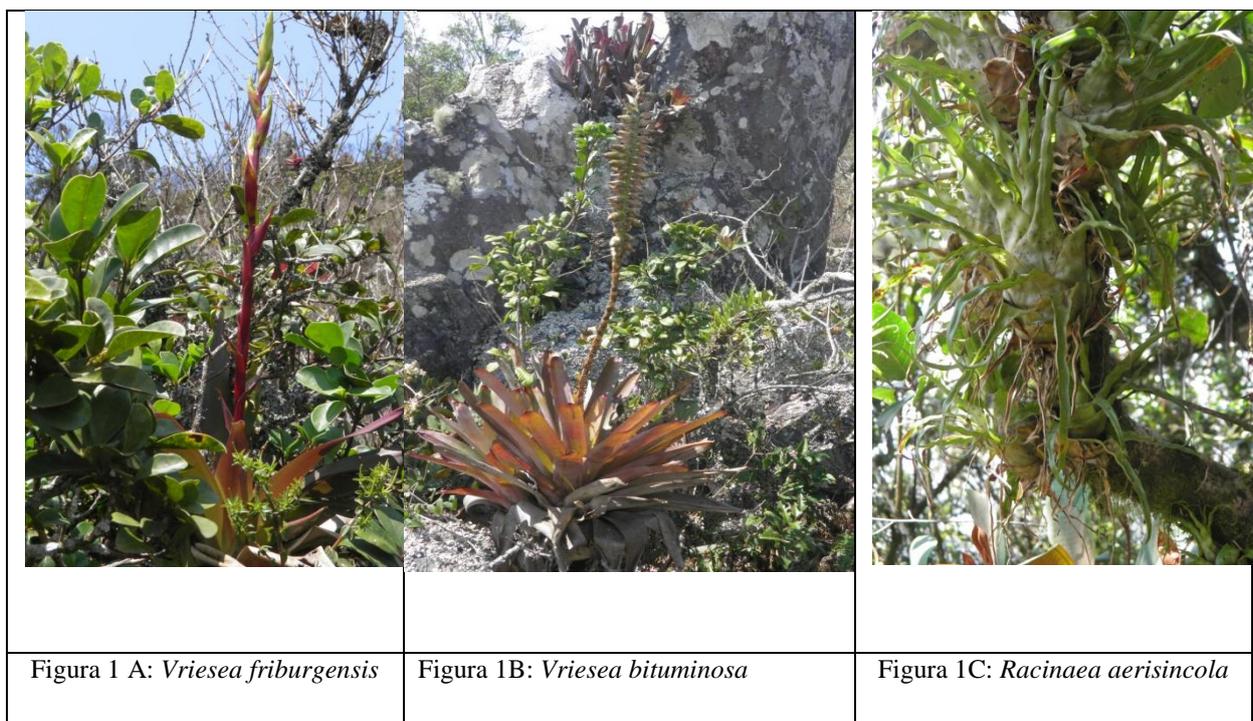
representados em quase sua totalidade por itabirito, sendo que quartzo, gnaiss e canga laterítica também são abundantes na região (BRANDÃO & GAVILANES, 1990). O clima da região é subtropical de altitude, com estação seca definida, podendo ocorrer geadas nos sítios de maiores altitudes. O período chuvoso na região ocorre entre outubro e março, e os meses mais secos entre abril e setembro (MARQUES *et al.*, 2014).

#### **b) Espécies estudadas**

A espécie *Vriesea friburgensis* Mez é uma planta de porte médio endêmica do Cerrado e Mata Atlântica (Versieux, L.M. & Wendt, T. 2006). Presente em Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista. Na Serra da Piedade, ocorre em microhabitat méxico a uma altitude de 1400 a 1700m, apresentando hábito epífita ou rupícola (MARQUES *et al.*, 2012 (Figura 1 A).

*Vriesea bituminosa* Wawra é uma planta de porte médio, endêmica do Cerrado e Mata Atlântica (Versieux, L.M. & Wendt, T., 2006). Presente em Floresta Pluvial Atlântica montana e alto-montana, na Serra da Piedade ocorre em microhabitat xérico e méxico a uma altitude de 1600 a 1700m, apresentando hábito epífita ou terrícola (MARQUES *et al.*, 2012) (Figura 1 B).

*Racinaea aerisicola* (Mez) M.A.Spencer & L.B.Sm. é uma planta de porte pequeno de Mata Atlântica (FORZZA *et al.*, 2014). A espécie ocorre no Brasil, tendo sua distribuição no Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná e Santa Catarina), presente em Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial). Na Serra da Piedade, ocorre em microhabitat méxico altitudinal a uma altitude de 1637, apresentando hábito epífita (MARQUES *et al.*, 2012) (Figura 1C).



### c) Testes de germinação

Foi utilizada a mesma metodologia de Marques (2002): as infrutescências maduras com frutos na iminência de dispersarem em 10 indivíduos foram coletadas, no mês junho, outubro de 2013 e abril de 2014, respectivamente para *V. friburgensis*, *R. aerisicola* e *V. bituminosa*. Os frutos foram levados para o laboratório e deixados à temperatura ambiente até que as sementes fossem liberadas. A germinação de 20 sementes de 6 repetições foi avaliada em placas de Petri (14 cm de diâmetro) forradas com duas folhas de papel filtro umedecidas com solução aquosa de Nistatina<sup>®</sup> (0,02%). As incubações isotérmicas em câmaras de germinação foram realizadas em 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ), em condições de luz branca  $30\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$  (fotoperíodo de 12 horas) e escuro contínuo. Para o efeito do escuro, as placas de Petri foram envolvidas por papel laminado de alumínio e colocadas dentro de dois sacos de plástico preto. A avaliação de ocorrência da germinação foi feita sob luz verde de segurança (AMARAL-BAROLI & TAKAKI, 2001). A germinação foi verificada diariamente e as sementes foram umedecidas com a solução de Nistatina<sup>®</sup> quando necessário. O critério utilizado para determinar a germinação foi a protrusão da radícula (comprimento mínimo de 1 mm) e os experimentos foram acompanhados por um período de 30 dias. A partir dos resultados obtidos foi calculada a porcentagem final de germinação (G%), tempo médio de germinação (t) e o índice de sincronização da germinação (U). O tempo médio de germinação (t) foi calculado segundo Labouriau (1983):

$$t = \frac{\sum_{i=1}^k ni.ti}{\sum ni}, \text{ (equação 1),}$$

onde  $ni$  é o número de sementes que germinaram no tempo  $ti$  (o número referido para a  $i$ -ésima observação),  $ti$  é o tempo entre o início do experimento e a  $i$ -ésima observação, e  $k$  o último tempo de germinação das sementes.

O índice de sincronização da germinação ( $U$ ) (LABOURIAU, 1983), foi obtido através de:

$$U = -\sum_{i=1}^k fi \log_2 fi, \text{ ( equação 2),}$$

onde  $fi$  é a frequência relativa de germinação,  $k$  o último dia de observação, e  $fi$  a frequência relativa de germinação. O delineamento experimental utilizado para cada espécie foi completamente casualizado.

#### d) Análises estatísticas

Os dados em percentagem de germinação foram transformados em arcoseno  $\sqrt{\%}$  antes da análise. As premissas das análises paramétricas foram testadas através do teste de Kolmogorov-Smirnov e Testes de Bartlett (SILESHI, 2012). Diferenças significativas nos parâmetros percentagem final de germinação ( $G\%$ ), tempo médio de germinação ( $t$ ) e, também, o índice de sincronização da germinação ( $U$ ) foram determinados por meio de two-way ANOVA para avaliar os efeitos da luz, temperatura, e a interação da luz e temperatura. Diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos foram avaliados utilizando a escala múltipla Teste de Tukey HSD . Todas as análises foram realizadas utilizando o software Statistica 7.0 .

### 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que houve diferença nas respostas da germinação aos fatores experimentais testados (luz e temperatura). Ambos afetaram de forma significativa a percentagem de germinação das sementes de *R. aerisoncola* e *V. bituminosa*, o mesmo sendo observado para o  $t$  das duas espécies. A percentagem de germinação das sementes de *V. friburgensis* não foi afetada pela presença ou ausência de luz, no entanto as diferentes

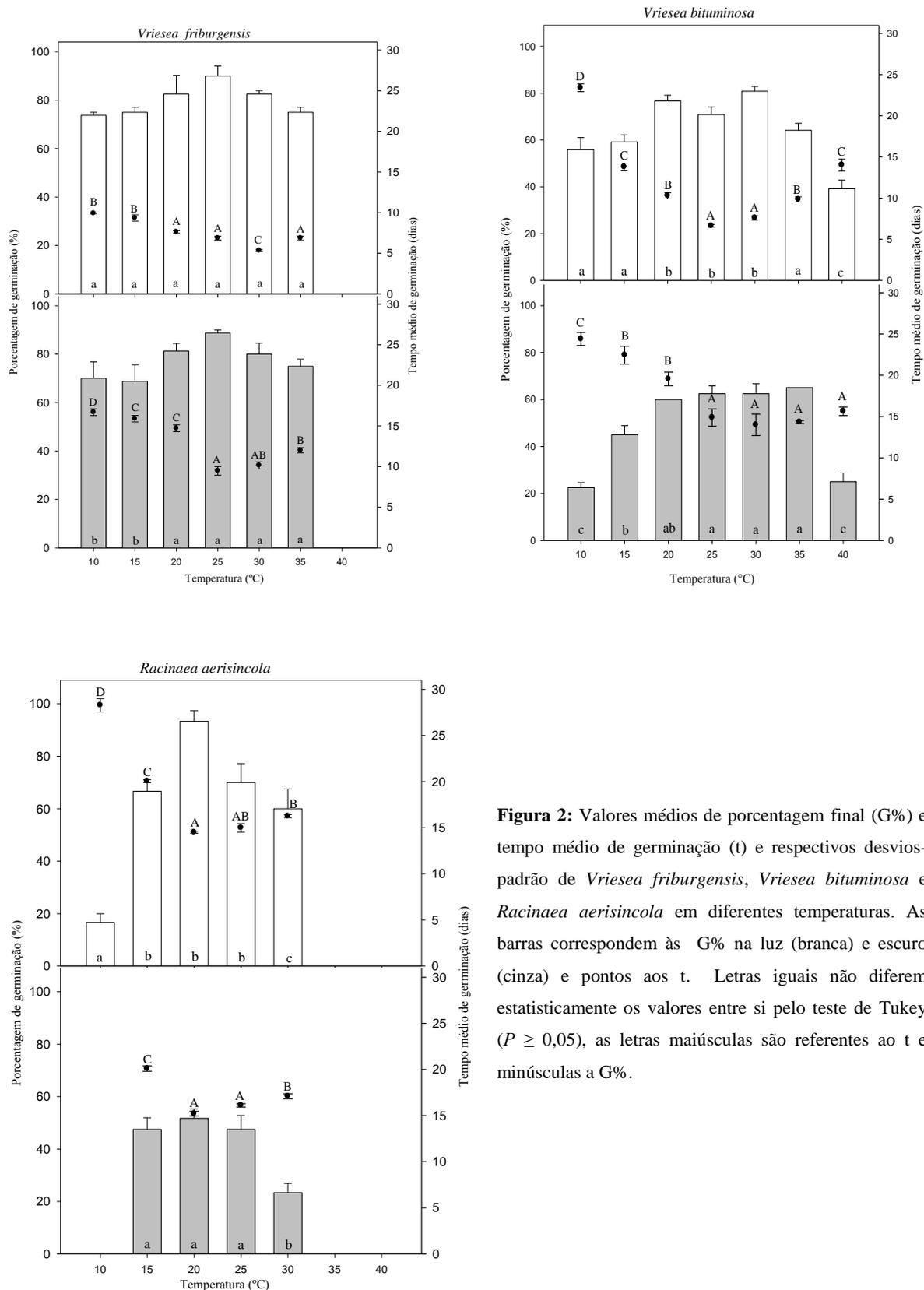
temperaturas influenciaram significativamente os resultados de porcentagem de germinação (Tabela 1). Os resultados t para a espécie *V. friburgensis* apresentaram diferenças significativas tanto para a luz quanto para temperatura. A interação dos dois fatores físicos foi significativa para o t das três espécies, enquanto que para G% de *V. friburgensis* não apresentou significância (Tabela 1).

**Tabela 1:** Resumo dos valores de F da análise de variância (two-way) ANOVA para os efeitos de luz, temperatura e sua interação sobre a germinação (G%) e o tempo médio de germinação (t) de três espécies de Bromeliaceae da Serra da Piedade, sudeste do Brasil.

Espécies	Luz		Temperatura		Interação	
	G%	t	G%	t	G%	t
<i>R. aerisicola</i>	96,2 <sup>***</sup>	617,9 <sup>***</sup>	66,5 <sup>***</sup>	102,4 <sup>***</sup>	3,3 <sup>*</sup>	792,3 <sup>***</sup>
<i>V. friburgensis</i>	1,4 <sup>NS</sup>	780,84 <sup>***</sup>	4,7 <sup>***</sup>	92,89 <sup>***</sup>	0,0 <sup>NS</sup>	12,17 <sup>***</sup>
<i>V. bituminosa</i>	85,22 <sup>***</sup>	200 <sup>***</sup>	43,5 <sup>***</sup>	87,70 <sup>***</sup>	4,5 <sup>***</sup>	30,14 <sup>***</sup>

\* P <0.05; \*\* P <0.01; \*\*\* P <0.001; (NS) não significativo.

As sementes de *V. bituminosa* e *V. friburgensis* foram capazes de germinar em ampla faixa de temperatura na presença de luz e no escuro, enquanto *R. aerisicola* apresentou-se restrita às temperaturas abaixo de 30°C (Figura 2). A porcentagem final de germinação (G%) de *V. friburgensis* foi superior a 60% em todas as temperaturas germinadas, tanto na luz quanto no escuro, com exceção da temperatura de 40°C, onde não houve germinação (Figura 2). As sementes de *V. bituminosa* foram as únicas capazes de germinar a 40°C, e quando submetidas ao tratamento com luz apresentaram maior germinabilidade entre 20 e 30°C, já no escuro, os melhores valores se estendem até 35°C (Figura 2). Para *R. aerisicola*, independente do tratamento, seu maior potencial germinativo foi observado de 15 a 25°C, não houve germinação acima de 30°C para ambos os tratamentos e à 10°C na ausência de luz (Figura 2). Os resultados demonstraram que a interação das diferentes temperaturas na presença de luz e no escuro afetou de forma significativa a porcentagem final de germinação, exceto para *V. friburgensis*, que apresentou uma G% similar tanto na luz quanto no escuro (Tabela 1).



**Figura 2:** Valores médios de porcentagem final (G%) e tempo médio de germinação (t) e respectivos desvios-padrão de *Vriesea friburgensis*, *Vriesea bituminosa* e *Racinaea aerisicola* em diferentes temperaturas. As barras correspondem às G% na luz (branca) e escuro (cinza) e pontos aos t. Letras iguais não diferem estatisticamente os valores entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ), as letras maiúsculas são referentes ao t e minúsculas a G%.

As sementes de *Vriesea friburgensis* submetidas a luz apresentaram, os menores tempos médios de germinação (t) no intervalo térmico de 20 a 35°C, variando de 5,3 a 7,6 dias, no escuro os menores t foram encontrados entre 25 a 35°C, com os menores valores

respectivamente de 9,5 e 10 dias para as temperaturas de 25 e 30°C (Figura 2). *V. bituminosa* apresentou os menores t, para as temperaturas de 25 e 30°C, variando entre 6,6 e 7,6 dias, para as sementes submetidas a luz. No escuro, o t foi superior ao tratamento de luz, e apresentou os menores valores variando de 13 a 15,6 dias para as temperaturas de 25 a 40°C, esses resultados não apresentaram diferença estatística. Para *R. aerisicola* os menores t foram encontrados em 20 e 25°C, respectivamente, tanto para as sementes submetidas a luz, com t de 14,5 e 14,9 dias, quanto as submetidas ao escuro com t de 15,3 e 16 dias, em cada tratamento, não houve diferença estatística para t das duas temperaturas (Figura 2). Os resultados demonstraram que a interação das diferentes temperaturas na presença de luz e no escuro afetou de forma significativa o tempo médio de germinação (Tabela 1).

O tempo médio de germinação é um índice que avalia a rapidez de ocupação de uma espécie em seu ambiente (FERREIRA *et al.*, 2001). O t das espécies de *Vriesea* foi menor que o de *Racinaea*. No entanto, as três espécies apresentam um retardo no processo de germinação quando submetidas ao escuro. Resultados semelhantes foram encontrados para as mesmas espécies (Marques *et al.*, 2014). Alguns autores relatam que o atraso na germinação pode aumentar a probabilidade das plântulas encontrarem condições favoráveis em ambiente mutável (NASSIF & PEREZ, 2000) e o controle do processo germinativo pela luz esta intimamente relacionada com sua capacidade adaptativa aos diferentes habitats (SILVA *et al.*, 2001; VAZQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA, 1993; BORGES & RENA, 1993; PINHEIRO & BORGHETTI, 2003). Dessa forma, a possibilidade de germinação, ainda que baixa, em ambientes com baixa luminosidade permite a ocupação de vários microhabitats existentes nas matas e campos pedregosos da Serra da Piedade, como rachaduras dos troncos das árvores e rochas, assim como a superfície do solo coberta por material vegetal seco, arenoso e pedras.

Para a maioria das sementes, a temperatura influencia a velocidade e a porcentagem de germinação, pois altera a velocidade de absorção de água e das reações metabólicas das reservas necessárias para a sobrevivência da plântula (BASKIN & BASKIN, 1988; BEWLEY & BLACK, 1994). As sementes de *R. aerisicola* apresentaram um maior G% na temperatura de 15°C a 25°C. Segundo Meryer e Guerreiro-Filho (1990) três espécies de Bromeliaceae, *Vriesea gigantea*, *Bilbergia distachya* e *Pitcairnia flammea*, comuns de Mata Atlântica, apresentaram altas porcentagens de germinação nas temperaturas mais baixas. Um resultado similar foi encontrado para *Pitcairnia flammea* por Pereira *et al.* (2009).

Dentre as temperaturas constantes testadas na presença da luz, as mais eficazes foram de 30°C para *Vriesea friburgensis* e 25 e 30°C *Vriesea bituminosa*, sob as quais atingiram mais

rapidamente seus valores máximos para germinação. Outros trabalhos realizados com as mesmas espécies apresentaram resultados similares para as mesmas temperaturas (MARQUES *et al.*, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2014), como também foi observado para outras duas espécies epífitas de campos rupestres, *Vriesea heterostachys* e *Vriesea penduliflora* (PEREIRA *et al.*, 2009).

A influência da temperatura no processo germinativo pode fornecer informações sobre o estabelecimento e regeneração de plantas em condições naturais (CONY & TRIONE, 1996). As sementes apresentam capacidade germinativa em limites bem definidos de temperatura (THOMPSON, 1973; LABOURIAU, 1983; PROBERT, 1992; GARCIA *et al.*, 2007; BRANCALIONI *et al.*, 2010), o que pode determinar os padrões de distribuição das espécies. A germinação de *V. friburgensis* e *V. bituminosa* ocorreu em uma faixa de temperatura mais ampla, condições também observadas para espécies de Velloziaceae (GARCIA & DINIZ, 2003), que também mostra grande representatividade nos campos rupestres. Esse resultado sugere que as sementes de *Vriesea* tenham desempenho germinativo em várias condições ambientais encontradas nos habitats xéricos pedregosos e méxicos florestais encontrados na Serra da Piedade, desde que a água não seja um fator limitante.

Ao contrário das duas espécies de *Vriesea* aqui estudadas, *R. aerisincola* apresentou uma faixa mais estreita de temperatura para germinação, o que sugere que no ambiente natural suas sementes estejam aptas a germinar em sítios mais restritos quanto à temperatura. Possivelmente este comportamento pode estar associado a sua ocorrência restrita em mata de altitude (MARQUES *et al.*, 2012). De acordo com Marques e Lemos Filho (2008) a dispersão de suas sementes ocorre no período do início das primeiras chuvas, possibilitando que a germinação inicie ainda nessa estação. A baixa taxa de germinação em temperaturas mais elevadas sugere restrição do nicho de *R. aerisincola* a áreas onde as temperaturas são mais baixas.

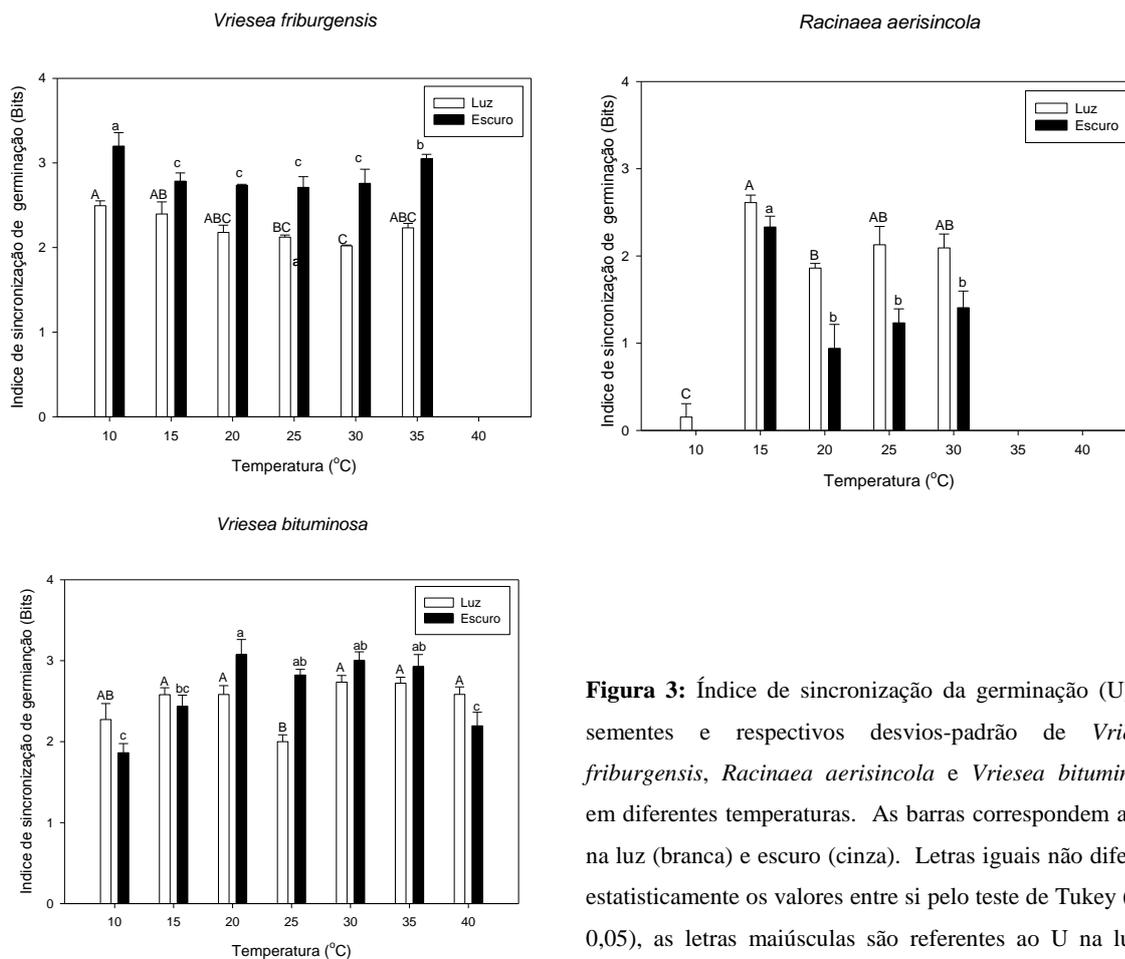
As sementes de *R. aerisincola* expostas a 35 e 40°C apresentaram uma coloração escura e não germinaram, o mesmo foi observado para *V. friburgensis* a 40°C. Resultados semelhantes foram encontrados para quatro espécies de campos rupestres, do gênero *Xyris*, que não germinaram a 35 e 40°C (ABREU & GARCIA, 2005). É conhecido que temperaturas elevadas alteram a permeabilidade das membranas e promovem desnaturação de proteínas necessárias à germinação, enquanto que baixas temperaturas retardam as atividades metabólicas, propiciando redução no percentual de germinação e atraso no processo germinativo (SIMON *et al.*, 1976; BEWLEY & BLACK, 1994).

As sementes de *V. friburgensis* submetidas à luz apresentaram um maior sincronismo (os menores U) entre 20 e 35°C. Para *V. bituminosa* o menor U foi a 25°C e para *R. aerisicola* foi a 20 e 30°C, quando submetidas a luz (Figura 3). As diferentes temperaturas afetaram significativamente o sincronismo da germinação das três espécies estudadas. No entanto a interação dos fatores temperatura e luminosidade afetou significativamente somente o sincronismo da germinação das sementes de *V. friburgensis* (Tabela 2).

**Tabela 2:** Resumo dos valores de F da análise de variância (two-way) ANOVA para os efeitos de luz, temperatura e sua interação sobre o Índice de Sincronização de três espécies de Bromeliaceae da Serra da Piedade, sudeste do Brasil.

Espécies	Luz	Temperatura	Interação
	Sincronia	Sincronia	Sincronia
<i>R. aerisicola</i>	33,6509 <sup>***</sup>	60,0713 <sup>***</sup>	2,4393 <sup>NS</sup>
<i>V. friburgensis</i>	3,291 <sup>NS</sup>	11,335 <sup>***</sup>	6,748 <sup>**</sup>
<i>V. bituminosa</i>	123,260 <sup>***</sup>	6,147 <sup>***</sup>	1,206 <sup>NS</sup>

\* P <0.05; \*\* P <0.01; \*\*\* P <0.001; (NS) não significativo.



**Figura 3:** Índice de sincronização da germinação (U) de sementes e respectivos desvios-padrão de *Vriesea friburgensis*, *Racinaea aerisicola* e *Vriesea bituminosa* em diferentes temperaturas. As barras correspondem ao U na luz (branca) e escuro (cinza). Letras iguais não diferem estatisticamente os valores entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ), as letras maiúsculas são referentes ao U na luz e minúsculas ao U no escuro.

As características germinativas das sementes são definidas ao longo do seu desenvolvimento ainda na planta mãe. Assim, além das variações genéticas existentes dentro da mesma espécie, as variações ambientais como luminosidade, temperatura e umidade, principalmente nos estágios finais de sua maturação, podem alterar seu comportamento germinativo (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982; FENNER, 1985). Trabalhos feitos com *Tabebuia* (SANTOS *et al.*, 2005) mostram que os menores valores de índice de sincronização de germinação foram observados próximos ao intervalo da temperatura ótima para germinação. Dados similares foram obtidos por Vieira *et al.* (2007), que ao trabalharem com sementes de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer verificaram que nas temperaturas acima e abaixo da ótima, a germinação foi menos sincronizada. De modo geral, o sincronismo tende a ser maior quanto mais próxima a temperatura de incubação estiver da faixa ótima de germinação, concordando com os resultados obtidos para as três espécies. As espécies sincronizam a germinação de suas sementes quando estão em condições ótimas, e retardam essa sincronia à medida que se distanciam da temperatura ótima para germinação, dessa forma podem aumentar as chances de que pelo menos algumas sementes possam germinar em condições ambientais favoráveis ao estabelecimento das plântulas (BORGHETTI & FERREIRA, 2004). Essa regulação aumenta a chances de colonização do ambiente, caso as condições ambientais se tornem propícia para o seu estabelecimento.

## 2.4. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados corroboraram a hipótese da resposta germinativa aos fatores temperatura e luz das três espécies estudadas permanecerem similares à relatada por Marques (2002). No intervalo de pouco mais de uma década as porcentagens de germinação e os tempos médios de germinação das espécies *Vriesea friburgensis*, *V. bituminosa* e *Racinaea aerisincola* mantiveram o mesmo padrão. De acordo com a hipótese do nicho de diferenciação, uma espécie pode se especializar para um determinado conjunto de fatores ecológicos (Wiens & Graham, 2005), no entanto, esta especialização pode implicar em restrições morfológicas e fisiológicas que definem o sucesso competitivo da espécie em diferentes condições ecológicas.

No caso dos campos rupestres, em que são possíveis a ocorrência de simultâneas limitações de água, luz e temperatura, as plantas investem em estratégias ecológicas e mecanismos de coexistência. As respostas germinativas das espécies estudadas podem ser explicadas em grande parte pelos mecanismos associados à tolerância às variações de

temperatura e luz. A tolerância a uma faixa maior de temperatura, como de *Vriesea friburgensis* e *V. bituminosa*, e mais restrita para *R. aerisincola* pode estar associada a uma estratégia de utilização conservadora de um recurso, tornando-as mais competitivas.

## 2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. E. P.; Garcia, Q. S. (2005). Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae) ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. São Paulo. 19, 1, 149-154.
- Amaral-Baroli, A., Takaki, M. (2001) Phytochrome controls seed germination in *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) by very low fluence response. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Curitiba. 44, 121-124.
- Azevedo, U.R., Renger, F.E., Noce, C.M., Machado, M.M.M. (2009). Serra da Piedade, Quadrilátero Ferrífero, MG da lenda do Sabarabuçu ao patrimônio histórico, geológico, paisagístico e religioso. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*.
- Baskin C.C. & Baskin, J.M. (1998). *Seeds: Ecological, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. London: Academic Press. 66p.
- Batlla, D. & Benech-Arnold R.L. (2014). Weed seed germination and the light environment: Implications for weed management. *Weed Science Society of Japan*. 14, 77-87
- Bergo, C. L., Silva, R. C., Ohlson, O. C., Biasi, L. A., Panobianco, M. (2010). Luz e temperatura na germinação de sementes de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) e pimenta-de-macaco (*Piper aduncum*). *Revista Brasileira de Sementes*, Viçosa, MG. 32, 3, 170-176.
- Bewley, J. D.; Black, M. (1994). *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum Press. 445 p.
- Borges, E. E., Rena, A. B. (1993) Germinação de sementes. In: Aguiar, I. B., Piña-Rodrigues, F. C. M., Figliolia, M. B. (Ed.). *Sementes florestais tropicais*. Brasília, DF: ABRATES. 137-174.
- Borghetti, F. & Ferreira, A.G. (2004). Interpretação de resultados de germinação. In *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre. 209-222.
- Brancalion, P.H.S., Novembre, A.D.L.C., Rodrigues, R.R. (2010). Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. *Revista Brasileira de Sementes* 32, 15-21.
- Brandão, M. & Gavilanes, M.L. (1990). Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais (Serra da Piedade) - II. *Daphné* 1, 26-43.

- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012). Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP. 590p.
- Cony, M.A. & Trione, S.A. (1996). Germination with respect to temperature of two Argentinean *Prosopis* species. Journal of Arid Environments. 33, 225-236.
- Duarte, E.F., Carneiro, I.F., Silva, N.F., Guimarães, N.N.R. (2010). Características físicas e germinação de sementes de *Dyckia goehringii* Gross & Rauh (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas. Pesquisa Agropecuária Tropical. 40, 4, 422-429.
- Egley, G.H. (1986). Stimulation of weed seed germination in soil. Reviews of Weed Science. 2, 67-89.
- Fenner, M. (1985). Seed ecology. New York: Chapman Hall. 151p.
- Ferreira, A. G., Borghetti, F. (2004). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed. 323 p.
- Ferreira, L.P., Prado, C.H.B.A., Monteiro, J.A.F., Ronquim, C. (2001). Germinação de sementes de *Copaifera langsdorffii* após cinco anos de estocagem sob refrigeração doméstica. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. Ilhéus. 8.
- Garcia, Q. S.; Diniz, I. S. S. (2003) Comportamento germinativo de três espécies de *Vellozia* da Serra do Cipó, MG. Acta Botanica Brasilica. 17, 4, 487-494.
- Garcia, Q.S., Jacobi, C.M., Ribeiro, B.A. (2007). Resposta germinativa de duas espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil. Acta Botanica Brasilica. 21, 2, 451-456.
- Garcia, Q.S., Oliveira, P.G. (2007). Germination Patterns and Seed Longevity of Monocotyledons from the Brazilian Campos Rupestres. Seed Science and Biotechnology. 1, 2, 35-41.
- GODOI, S.; TAKAKI, M. Effects of light and temperature on seed germination in *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae). Brazilian Archives of Biology and Technology, v.47, n.2, p.185-191, 2004.
- Labouriau, L.G. A germinação das sementes. (1983) Washington: OEA. 174p.
- Mantovani, A., Iglesias, R.R. (2008). Factors limiting seed germination of terrestrial bromeliads in the Sandy coastal plains (restinga) of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. Rodriguésia. 59, 1, 135-150.
- Mantovani, A., Iglesias, R.R. (2010). The effect of water stress on seed germination of three terrestrial bromeliads from *resting*. Revista Brasil Botanica. 33, 1, 201-205.
- Marques, A.R. Ecofisiologia e contribuições para a conservação das bromélias da Serra da Piedade. (2002). Tese. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

- Marques, A.R., Atman, A.P.F., Silveira, F.A.O., Lemos-Filho, J.P. (2014). Are seed germination and ecological breadth associated? Testing the regeneration niche hypothesis with bromeliads in a heterogeneous neotropical montane vegetation. *Plant Ecology*. 215, 517-529.
- Marques, A.R. & Lemos-Filho, J.P. (2008). Fenologia reprodutiva de espécies de bromélias na Serra da Piedade, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 22, 417-424.
- Marques, A.R., Lemos-Filho, J.P., Mota, R.C. (2012). Diversity and conservation status of bromeliads from Serra da Piedade, Minas Gerais, Brazil. *Rodriguesia*. 63,2,243-255.
- Mayer, A.M., Poljakoff-Mayber. (1989). *The germination of seeds*. 3ed. Nova York: Pergamon Press. 236p.
- Mayer, A.M., Poljakoff-Mayber. (1982). *The germination of seeds*. 3ed. Oxford: Pergamon Press. 211p.
- Mercier, H. & Guerreiro-Filho, O. (1990). Propagação sexuada de algumas bromélias nativas da Mata Atlântica: efeito da luz e da temperatura na germinação. *Hoehnea* 17, 19-26.
- Moreira, C.A., Borges, M.R., Vieira, G.M.L., Malagutti Filho, W., Montanheiro, M.A.F. (2013). Geological and Geophysical data integration for delimitation of mineralized areas in a supergene manganese deposits. *Geofísica Internacional*. 53, 2, 154-163.
- Nassif, S.M.L., Perez, S.C.J.G. (2000). Efeitos da temperatura na germinação de sementes de Amendoim-do-campo (*pterogyne nitens* tul.). *Revista Brasileira de Sementes*. 22, 1, 1-6.
- Oliveira, P. G.; Garcia, Q. S. (2005) Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Syngonanthus elegantulus* Ruhland, *S. elegans* (Bong.) Ruhland e *S. venustus* Silveira (Eriocaulaceae). *Acta Botânica Brasília*. Porto Alegre. 19, 3, 639-645.
- Paggi, G.M., Silveira, L.C.T., Zanella, C.M., Bruxel, M., Bered, F., Kaltchuck-Santos, E., Palma-Silva, C. (2013). Reproductive system and fitness of *Vriesea friburgensis*, a self-sterile bromeliad species. *Plant Species Biology*. 28, 169–176.
- Pereira, A.R.P., Andrade, A.C.S., Pereira, T.S., Forzza, R.C., Rodrigues, A.S. (2009). Comportamento germinativo de espécies epífitas e rupícolas de Bromeliaceae do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasil Botanica*. 32, 4, 827-838.
- Pereira, C., Cuquel, F.L., Panobianco, M. (2010). Germinação e armazenamento de sementes de *Nidularium innocentii* (lem.). *Revista Brasileira de Sementes*. 32, 2, 036-041.

- Pinheiro, F., Borghetti, F. (2003). Light and temperature requirements for germination of seeds of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesebach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex schultes f.) Mez (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasilica*. 17, 1, 27-35.
- Probert, R.J. (1992). The role of temperature in germination ecophysiology. Pp. 285-325. In: M. Fenner. Seed: the ecology of regeneration in plant communities. UK, CAB International.
- Ramos, M. B. P., Varela, V. P. (2003). Efeito da temperatura e do substrato sobre a germinação de sementes de visgueiro do igapó (*Parkia discolor* Benth) Leguminosae, Mimosoideae. *Revista de Ciências Agrárias*. 39, 123-133.
- Ranieri, B.D., Lana, T.C., Negreiros, D., Araujo, L.M., Fernandes, G.W.(2003). Germinação de sementes de *Lavoisiera cordata* cogn. e *Lavoisiera francavillana* cogn. (Melastomataceae), espécies simpátricas da serra do cipó, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 17, 4, 253-530.
- Rego, S. S.; Nogueira, A. C.; Kuniyoshi, Y. S.; Santos, A. F. (2009) Germinação de sementes de *Blepharocalyx salicifolius* (H. B. K.) Berg. em diferentes substratos e condições de temperatura, luz e umidade. *Revista Brasileira de Sementes, Viçosa, MG*. 31, 2, 212-220.
- Reitz, R. (1983). Bromeliáceas e a malária – bromélia endêmica. *Flora Ilustrada Catarinense*, Parte. Fasc. Brom.: 518p.
- Rodrigues, A.R.P., Forzza, R.C., Andrade, A.C.S. (2014). Physiological characteristics underpinning successful cryopreservation of endemic and endangered species of Bromeliaceae from the Brazilian Atlantic Forest. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 176, 567–578.
- Santana, D. G., Ranal, M .A. (2004) Análise da germinação: um enfoque estatístico. Brasília: Universidade de Brasília. 1, 247p.
- Santos, D.L., Sugahara, V.Y., Takaki, M. (2005). Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chysotricha* (Mart. Ex Dc) Standl. e *Tabebuia róseo-alba* (Ridl) Sand-(Bignoniaceae). *Ciência Florestal*. Santa Maria. 15, 1, 87-92.
- SILESHI, G.W. A critique of current trends in the statistical analysis of seed germination and viability data. *Seed Science Research*. 1-15, 2012.
- Silva, F.F.S., Dantas, B.F. (2013). Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de diferentes procedências. *Revista Sodebras*. 8, 90, 40-43.

- Silva, I.V., Scatena, V.L. (2011). Morfologia de sementes e de estádios iniciais de plântulas de espécies de Bromeliaceae da Amazônia. *Rodriguésia*. 62, 2, 263-272.
- Silva I. R., Bittencourt A.C.S.P., Dominguez J.M.L, Martin L. (2001). Principais Padrões de Dispersão de Sedimentos ao Longo da Costa do Descobrimento – Sul do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*. 31, 3, 335-340.
- Silveira, F.A.O., Negreiros, D., Fernandes, G.W. (2004). Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae). *Acta Botanica Brasilica*. 18, 4, 847-851.
- Simon, E.W., Minchin, A., Mcmenamin, M.M., Smith, J.M. (1976). The low temperature limit for seed germination. *New Phytologist*. 77, 301-311.
- Smith, L.B. & Downs, R.J. (1977). Tillandsioideae. *Flora Neotropica Monagr*. 14 (2): 663-1492. The New York Botanical Garden, New York.
- Tarré, E.; Pires, B.B.M.; Guimarães, A.P.M.; Carneiro, L.A.; Forzza, R.C.; Masur, E. (2007) Germinability after desiccation, storage and cryopreservation of seeds from endemic *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. and *Dyckia* Schult. & Schult.f. species (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasilica*. 21, 4, 777-783.
- Thompson, P.A. (1974). Effects of fluctuating temperature on germination. *Journal of Experimental Botany*. 25, 164-175.
- Wiens, J. J. & Graham, C. H. 2005. Niche conservatism: integrating Evolution, Ecology and Conservation Biology. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst*. 36: 519-539.
- Vázquez-Yanes, C. & Orozco-Segovia, A. (1993). Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review Ecology Systematic*. 24, 69-87.
- Velten, S. B.; Garcia, Q. S. (2005) Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo. 19, 4, 753-761.
- Vieira, D.C.M., Socolowski, F., Tanaki, M. (2007). Germinação de sementes de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas em luz e escuro. *Revista Brasil Botanica*. 30, 2, 183-188.
- Villalobos, A. E., Peláez, D. V. (2001). Influences of temperature and water stress on germination and establishment of *Prosopis caldenia* Burk. *Journal of Arid Environment*. London. 49, 2, 321-328.
- Zaidan, L. B. P., Carreira, R. C. (2008). Seed germination in Cerrado species. *Brazilian Journal plant Physiology*. 20, 3, 167-181.

**Capítulo 2 – Modelo tempo térmico das espécies *Vriesea friburgensis* Mez,  
*V. bituminosa* Wawra e *Racinaea aerisicola* (Mez) M.A.Spencer & L.B.Sm. em  
diferentes condições de luz.**

## RESUMO

O trabalho objetivou utilizar o modelo térmico para descrever a germinação das espécies *Vriesea friburgensis*, *Vriesea bituminosa* e *Racinaea aerisicola* em temperaturas constantes tanto na luz quanto no escuro. Os testes de germinação foram realizados em condições controladas sob as temperaturas constantes de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°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 ( $T_b$ ) e máxima ( $T_c$ ) de germinação, assim como a quantidade de graus-dia ( $\theta T$ ) necessária para a germinação de sementes individuais. As espécies apresentaram diferentes  $T_b$ ,  $T_o$  e  $T_c$  em função da presença ou ausência de luz. Os valores de  $T_b$  obtidos pelos dois métodos, foram similares para as três espécies, sendo seus menores valores encontrados para *R. aerisicola*. O modelo tempo térmico descreveu com acurácia, a resposta germinativa das sementes das espécies de *V. friburgensis* e *V. bituminosa*, com valores do coeficiente de correlação de Pearson superiores a 0,9, entre a porcentagem de sementes germinadas esperadas e as observadas, o mesmo não foi observado para *R. aerisicola*.

## Abstract

This study aimed at using the thermal model to describe the germination of *V. friburgensis*, *V. bituminosa* and *R. aerisicola* species in constant temperatures under light or darkness condition. Germination tests were conducted under controlled conditions and constant temperatures of 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C. It was determined by the regression of the fractional speed of germination in relation to the temperature and the probit regression of cumulative germination in relation to the amount of degrees per day, as well as minimum ( $T_b$ ), very good ( $T_o$ ) and maximum ( $T_c$ ) temperature parameters of germination and the amount of degrees per day ( $\theta T$ ) needed to individual germination of the seeds. The species showed different  $T_b$ ,  $T_o$  and  $T_c$  in relation to the presence or absence of light.  $T_b$  values obtained by the two methods were similar to the analyzed species. The thermal-time model described with accuracy the germination response of the seeds of *V. friburgensis* and *V. bituminosa* species with values of Pearson's correlation coefficient higher than 0.9 in relation to the percentage of seeds germinated wanted and observed. However the same was not observed to *R. aerisicola* specie.

### 3.1. INTRODUÇÃO

O processo germinativo é afetado por diversos fatores bióticos e abióticos. Entre esses, a temperatura desempenha um papel fundamental, determinando diretamente a capacidade de germinação de um lote de sementes e catalisando a velocidade do processo germinativo. Os efeitos da temperatura podem ser avaliados a partir de mudanças ocasionadas na porcentagem, velocidade e frequência relativa ao longo do tempo (LABOURIAU, 1983, NASSIF & PEREZ, 2000; ROSA & FERREIRA, 2001; VELTEN & GARCIA, 2005). Diversos autores têm se valido da soma de graus-dia para relacionar o desenvolvimento das plantas com a temperatura ambiente (BRUNINI *et al.*, 1976; ALVES *et al.*, 2000; BARBANO *et al.*, 2000; WUTKE *et al.*, 2000; DELLAI *et al.*, 2005; SANTOS & CARDOSO, 2001; CARDOSO & PEREIRA., 2009; WAGNER *et al.*, 2011).

Um dos problemas no cálculo de graus-dia é a determinação da temperatura base para o desenvolvimento e crescimento vegetal (INFIELD *et al.* 1998). Miranda e Campelo Júnior (2010) demonstraram que a temperatura base é geralmente determinada por métodos estatísticos, como o coeficiente de variação, menor desvio-padrão, regressão e interseção de abscissas, com base em observações fenológicas. No entanto pode existir diferença entre a temperatura base fisiológica e a obtida estatisticamente (ARNOLD 1959), o que justifica sua determinação experimentalmente.

Para cada espécie de vegetal, existem três temperaturas cardinais características (mínima, ótima e máxima) que descrevem uma faixa de temperatura onde uma determinada espécie pode germinar. Nessas escalas, as plantas de uma espécie podem evoluir para diferentes tipos de ecótipos metabólicos e/ou de resistência; via de regra, as plantas vasculares podem medrar numa ampla escala de temperaturas e são denominadas euritéricas (LARCHER 2000). A temperatura mínima ou base ( $T_b$ ) é a menor na qual pode germinar. A temperatura ótima ( $T_o$ ) é a que a germinação é maior e mais rápida. A temperatura máxima ( $T_c$ ) é o limite superior acima do qual as sementes não germinarão.

O conceito de soma térmica, é uma medida de tempo biológico que leva em conta o efeito da temperatura nos processos fisiológicos da planta e, assim, é uma medida de tempo mais realística do que tempo expresso em dias do calendário civil (GILMORE & ROGERS, 1958; RUSSELE *et al.*, 1984; YIN *et al.*, 1995; STREK, 2002). Cada grau de temperatura acima da temperatura base corresponde a um grau-dia. Assim 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). Cada espécie vegetal ou

cultivar possui uma temperatura-base, que pode variar em função da fase fenológica da planta, sendo comum, no entanto, para o caso de espécies de importância agrícola, a adoção de um valor médio único para todo o ciclo da cultura, por ser mais fácil a sua aplicação (CAMARGO *et al.*, 1986). Vários trabalhos utilizam o modelo tempo térmico em germinação de sementes e emergência de plântulas, de espécies de clima temperado ou subtropicais de altitude (CHANTRE *et al.*, 2009; IZQUIERDO *et al.*, 2009; LONATI *et al.*, 2009), e poucos são os trabalhos com espécies de clima tropical (McDONALD, 2002; PIRES *et al.*, 2009a; KURTAR, 2010).

É importante identificar uma relação linear entre a temperatura e a velocidade ( $1/t$ ) de germinação. Dessa forma os dados de germinação das sementes devem ser analisados de forma que as mesmas sejam 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). Logo a velocidade de germinação aumenta 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 será máxima. A partir de  $T_o$ , a velocidade de germinação declina até uma temperatura máxima ( $T_c$ ) única para ambas as subpopulações, quando novamente torna-se nula. A linearidade da velocidade de germinação acima e abaixo de  $T_o$  para todas as subpopulações, permite utilizar as variáveis tempo e temperatura no modelo tempo térmico:

$$\theta T_g = (T - T_b).t_g \text{ para a faixa infraótima (entre } T_b \text{ e } T_o); \text{ (equação 3)}$$

$$\theta T_g = (T_c - T).t_g \text{ para a faixa supraótima (entre } T_o \text{ e } T_c); \text{ (equação 4)}$$

sendo,  $\theta T_g$  a quantidade de **graus-dia** acumulada para a germinação da fração  $g$ ;  $T$  a temperatura experimental de germinação e  $t_g$  o tempo necessário para a fração  $g$  das sementes germinar.

Dessa forma, as equações 3 e 4, demonstram que a quantidade de graus-dia acumulada ( $\theta$ ) para que se germine determinada fração  $g$  de sementes é constante para ambas as faixas. Assim as sementes colocadas para germinar sob temperaturas mais próximas da  $T_o$  levarão menos tempo para germinar do que aquelas colocadas para germinar em temperaturas mais próximas de  $T_b$ , como consequência terá um  $t_g$  menor. O mesmo pode ser esperado para a faixa supraótima. A maior parte das espécies estudadas apresenta uma única  $T_b$  para todas as subpopulações de sementes e a  $T_c$  varia entre as subpopulações de sementes (KEBREAB & MURDOCH, 1999).

É suposto que o modelo do tempo térmico descreva a germinação de uma espécie e que as variações naturais de temperatura que controlam a germinação ajudam a explicar a distribuição de espécies em uma comunidade. A hipótese deste estudo é que o modelo do tempo térmico pode descrever a germinação das espécies *Vriesea friburgensis*, *V. bituminosa* e *Racinaea aerisicola* em temperaturas constantes tanto na luz quanto no escuro na condição experimental. Para testa-la, criou-se um modelo do tempo térmico para descrever a germinação das sementes baseado em temperatura base ( $T_b$ ) obtida de dois métodos matemáticos (regressão linear das velocidades de cada fração percentual por temperatura e probit) e verificar a diferença nos parâmetros isotérmicos do modelo na germinação na presença de luz e no escuro.

### **3.2. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **a) Temperaturas cardinais (método regressão linear das velocidades de germinação de cada fração percentual pela temperatura)**

Para se calcular tanto a temperatura base ( $T_b$ ) quanto à temperatura máxima ( $T_c$ ) para cada subpopulação de sementes, foram utilizadas as porcentagens de germinação sob temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C. Foi elaborada, para cada temperatura de incubação, uma curva de porcentagem acumulada de germinação. Os pontos foram ajustados por meio de um ajuste de curva sigmoidal Gompertz3 Parameter, utilizando o software SigmaPlot 11. Em seguida, foram calculados o tempo médio ( $t_g$ ) e a velocidade média ( $1/t_g$ ) de cada fração percentual ( $g$ ) de 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 e 60, 70% para cada temperatura. Na ausência de algumas das frações, foi feito o máximo apresentado para cada espécie (adaptado de CARDOSO, 2011). Não foi determinado  $T_b$  ou  $T_c$  para as espécies que não apresentaram no mínimo germinação em pelo menos duas temperaturas abaixo da  $T_o$  ou acima.

A velocidade de germinação ( $1/t_g$ ) para cada uma das frações percentuais foi estimada a partir de  $t_g$  (GARCIA-HUIDOBRO *et al.*, 1982). Em seguida foi plotado um gráfico relacionando as velocidades obtidas (ordenadas) com as temperaturas (abscissas). Os pontos foram ajustados por regressão linear, de modo a produzir uma reta para cada fração percentual ( $g$ ) da velocidade. A intersecção de cada reta com o eixo x (temperatura), quando  $y=0$ , corresponde à  $T_b$  para as temperaturas infra-ótimas, considerando-se a aparente convergência

na abscissa das retas do gráfico de velocidades contra temperatura, o mesmo procedimento foi usado para as temperaturas supra-ótimas para se encontrar a temperatura máxima ( $T_c$ ). A  $T_0$  para germinação foi estimada através do intercepto, de mesmas frações percentuais, das retas utilizadas para determinar  $T_b$  e  $T_c$ , ou seja, igualando-se as duas equações da reta, de mesma fração percentual, ( $y=a+bx$ ) e isolando-se o  $x$ .

### **b) Modelo tempo termal (graus-dia) (método probit)**

Além do método gráfico de regressão linear mencionado acima, o valor de  $T_b$  foi estimada pelo método de regressão probítica (BRADFORD, 1995). Conhecendo-se a relação entre velocidade e temperatura, as porcentagens diárias acumuladas de germinação, correspondente a cada  $tg$  para as temperaturas consideradas infra-ótimas, foram transformadas em probit (recurso INV. NORM do programa Excel) e plotados contra  $[(T-T_b)tg]$  num único gráfico (CARDOSO & PEREIRA, 2009). Os pontos foram então ajustados de acordo com o modelo linear da equação 5:

$$\text{probit}(g) = a + \{\log [(T-T_b)tg]\} / \sigma \text{ (equação 5),}$$

onde  $T$  é a temperatura experimental,  $a$  o intercepto; e  $\sigma$  é o desvio padrão representado pelo inverso do coeficiente de inclinação da reta.

Para a escolha da temperatura base, diferentes valores foram experimentados até se obter o melhor ajuste da curva (maior  $R^2$ ) (BRADFORD 1995). Procedimento similar foi usado para as temperaturas supra-ótimas para se encontrar a temperatura máxima ( $T_c$ ), apenas substituindo-se  $[(T-T_b)tg]$  por  $[(T_c-T)tg]$  na equação 5. Por meio da regressão probítica foram experimentados diferentes valores de tempo térmico no modelo, até obter o melhor ajuste (maior  $R^2$ ). Para exibir o decurso da germinação isotérmica em escala de graus-dia, multiplicou-se o tempo (dias) pelo fator  $(T - T_b)$  para o intervalo infra-ótimo. Os tempos esperados para a germinação nas faixas térmicas infra foram estimados partir da equação 5, isolando-se o  $tg$ :

$$tg = [10^{(\text{probit}(g)-a)/\sigma}] / (T-T_b) \text{ - para a faixa infra-ótima, (equação 6)}$$

A relação entre a distribuição de  $\theta_g$  e as porcentagens de germinação foi feita a partir da equação  $[\text{probit}(g) = 5 + 1/\sigma \cdot (\log \theta_g - \mu)]$ , (equação 7), onde  $\sigma$  (desvio padrão) é a recíproca da inclinação da reta de  $\log \theta_g$  versus probit  $g$ ; e  $\mu$  o valor mediano da distribuição de  $\theta_g$  (GUMERSON, 1986; BRADFORD, 1995). Esse modelo assume que  $\theta_g$  apresenta distribuição normal dentro da população de sementes. Os valores de germinação esperada e observada

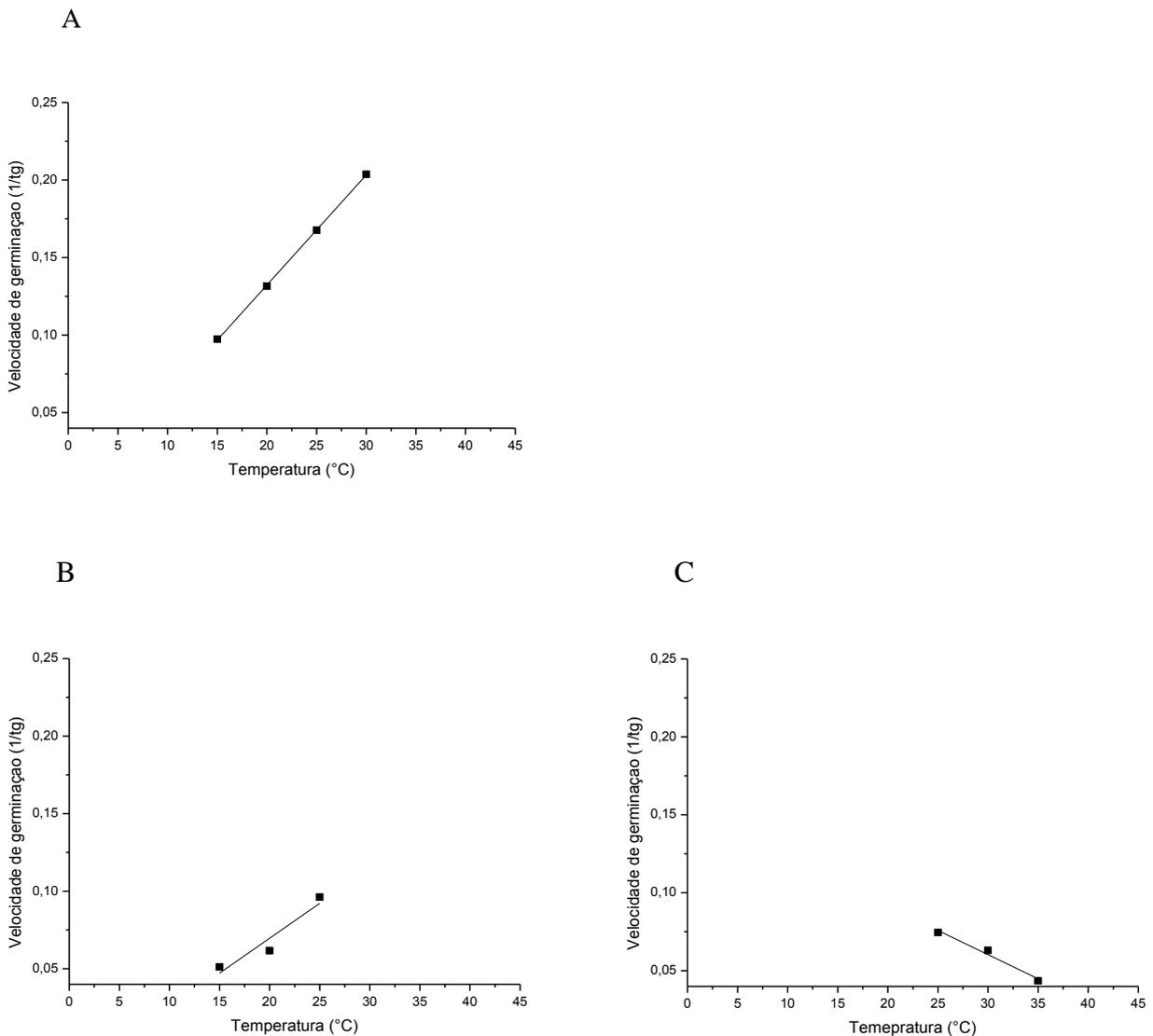
foram comparados pelo teste de coeficiente de variação de Pearson utilizando programa da “Microsoft Excel (2007)”.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes equações lineares das curvas de velocidade de germinação de diferentes frações percentuais das sementes germinadas em função da temperatura na faixa infra-ótima e na supra-ótima, assim como a temperatura cardinal de cada fração, tanto para as sementes germinadas na luz, quanto no escuro estão no anexo 1 e 2 de *Vriesea friburgensis*, o 3 e 4 de *Vriesea bituminosa* e o 5 e 6 de *Racinaea aerisincola*

#### A) *Vriesea friburgensis*:

A temperatura base para germinação das sementes submetidas à luz, determinada tanto pelo método regressão linear das velocidades de germinação pela temperatura (figura 4A) quanto pela análise de regressão probítica (tabela 3) foram relativamente semelhantes para *V. friburgensis*, que apresentou a  $T_b$  (1,4 e 1,3°C). Para as sementes submetidas à luz, não foi possível determinar a  $T_c$  por meio do método regressão linear das velocidades de germinação pois não apresentaram no mínimo germinação em pelo menos duas temperaturas acima da  $T_o$ , não sendo também possível determinar a  $T_o$ . A  $T_c$  obtida pelo método probítico foi de 45°C (tabela 3).



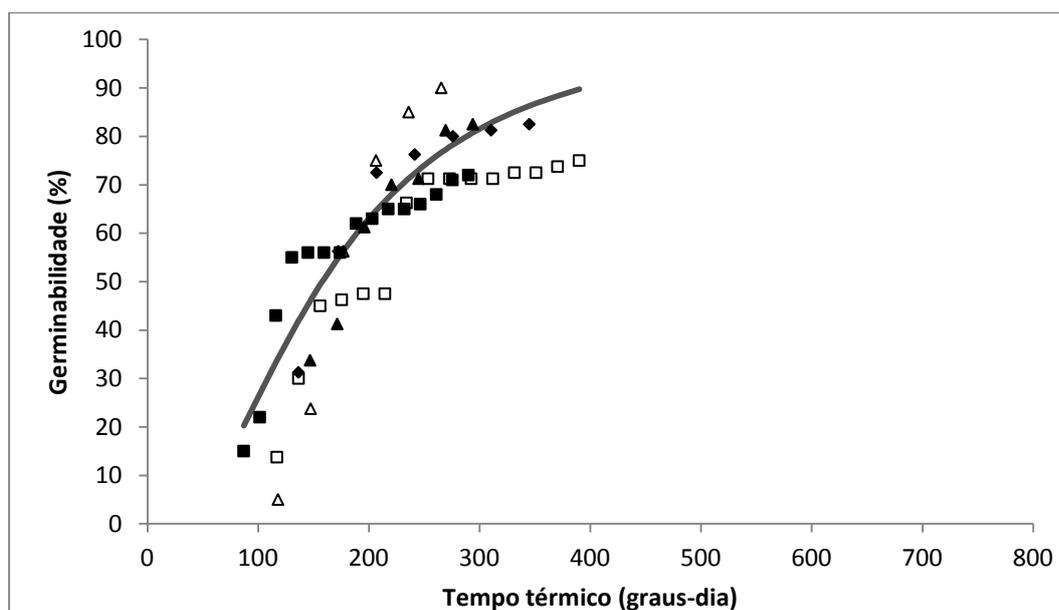
**Figura 4:** Relação entre a velocidade de germinação ( $1/t$ ) e temperatura da espécie *Vriesea friburgensis*, para fração de sementes germinadas nas temperaturas infra-ótimas com maior  $R^2$ : 55%,  $y = 0,00710x - 0,00973$ ,  $R^2=0,99975$ ,  $T_b=1,4^\circ\text{C}$ , submetidas a luz (A); 55%,  $y = 0,00450x - 0,01025$ ,  $R^2= 0,82724$ ,  $T_b=2,3^\circ\text{C}$ , submetidas ao escuro (B); temperaturas supra-ótimas: 55%,  $y = - 0,00486x + 0,20334$ ,  $R^2=0,87502$ ,  $T_c= 41,8$  , submetidas ao escuro (C). As sementes submetidas à luz, não germinaram no mínimo em duas temperaturas supraótimas, não sendo possível determinar sua  $T_c$ . As regressões lineares das velocidades de germinação das frações de sementes são representadas pelas linhas contínuas.

Para as sementes de *V. friburgensis* germinadas no escuro os valores obtidos para  $T_b$  pelo método regressão linear das velocidades de germinação foi de  $2,3^\circ\text{C}$  (figura 4B) enquanto o probiótico foi de  $0^\circ\text{C}$  (tabela 3). A  $T_c$  das sementes germinadas no escuro, determinada através do método regressão linear das velocidades de germinação foi de  $41,8^\circ\text{C}$  (figura 4 C) esse valor foi menor que os  $56,6^\circ\text{C}$  obtidos pelo método probiótico (Tabela 3). Através do método gráfico da regressão linear das velocidades de germinação, a  $T_o$  da fração de 70% das sementes germinadas e mantidas no escuro foi de  $26,3^\circ\text{C}$ .

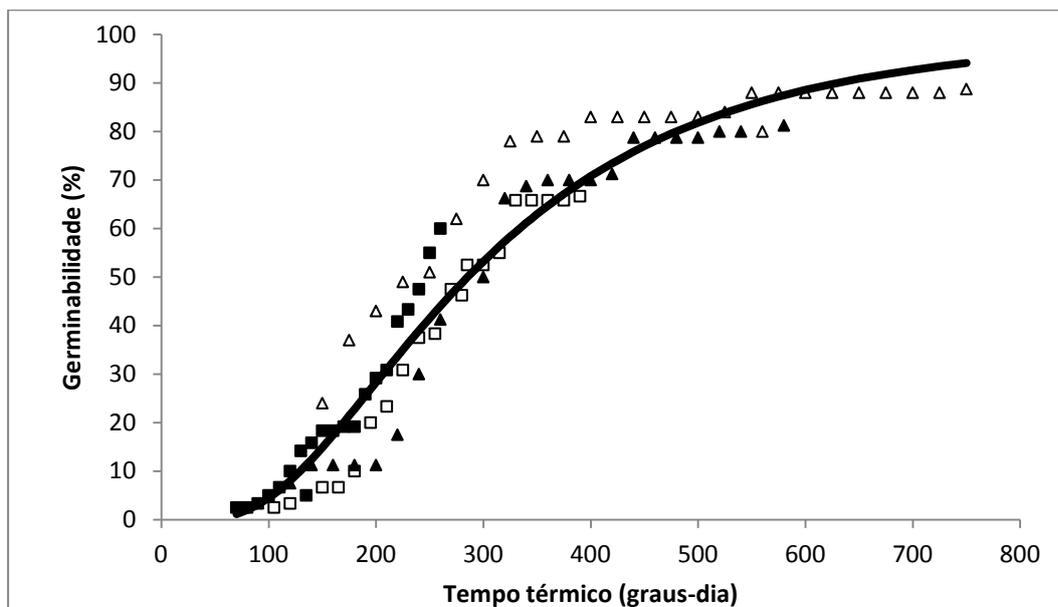
**Tabela 3:** Parâmetros da germinação gerados pela análise de Probit para *Vriesea friburgensis*, germinadas na luz e no escuro.

	LUZ			
	T <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>	T <sub>C</sub>	R <sup>2</sup>
<i>V.friburgensis</i>	1,3	0,64	45,0	0,86
	ESCURO			
	0,0	0,97	56,6	0,92

Tomando-se por base, apenas as temperaturas infra-ótimas, as porcentagens de germinação acumulada e esperada, obtidas pela equação 7 apresentaram o valor de coeficiente de correlação de Pearson, próximos a 1, com valores de 0,95 e 0,96, para as sementes germinadas, a luz e no escuro, respectivamente (figuras 5 e 6). Para as sementes submetidas a luz alcançarem 50% de germinação, foram necessários 159°graus-dia para *V. friburgensis* (figura 5) enquanto o requerimento para que as sementes submetidas a ausência de luz alcançassem também 50% de germinação foram 300graus-dia (figura 6).



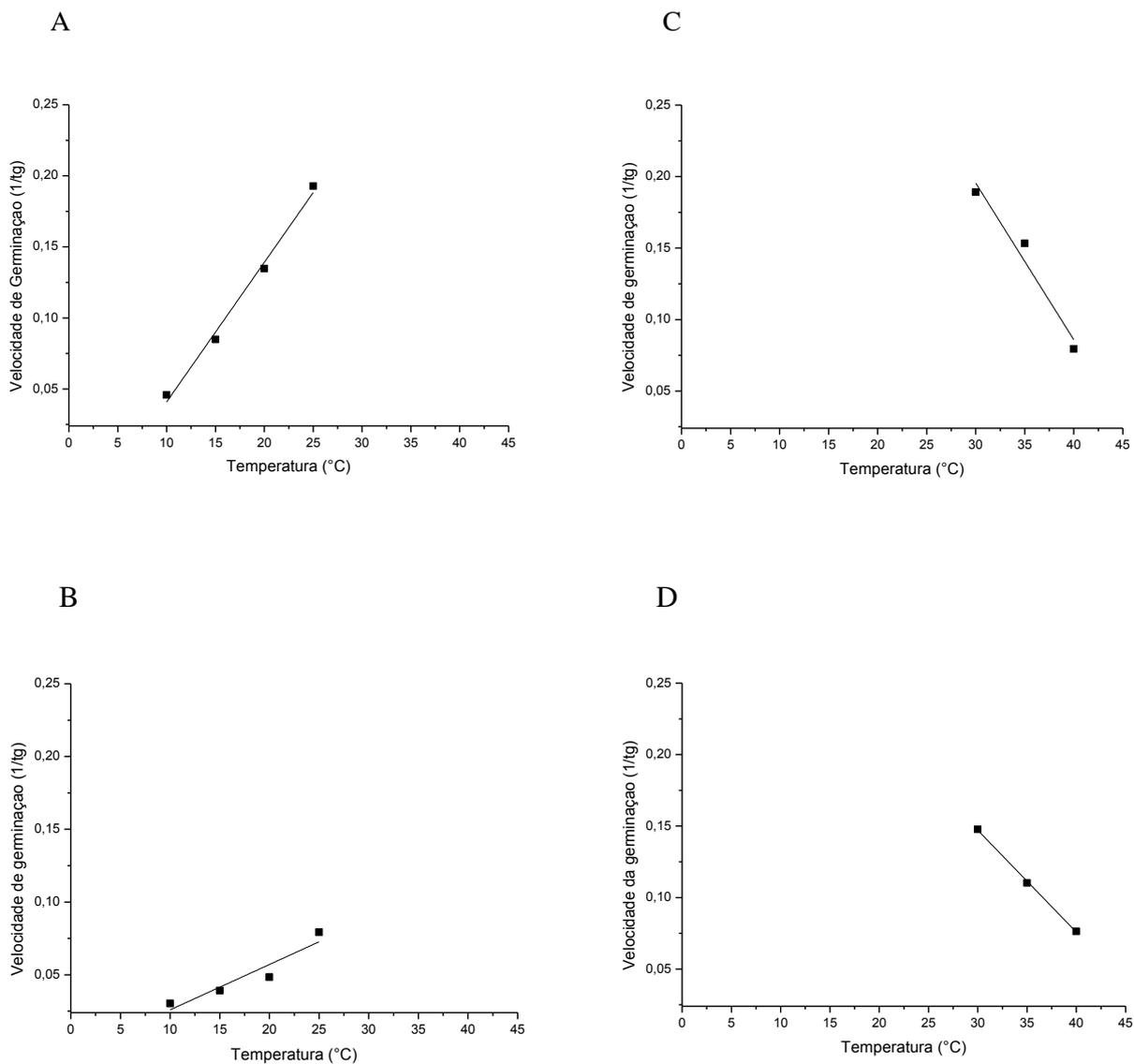
**Figura 5:** Curvas de germinação isotérmica de sementes de *Vriesea friburgensis* submetidas à luz. Símbolos representam valores experimentais para as temperaturas de 10°C (■), 15°C(□), 20°C(▲), 25°C(△) e 30°C(◆) na escala de graus-dia, enquanto a linha contínua representa o modelo esperado, descritos pela equação 7. Os valores do coeficiente de correlação de Pearson entre a germinação esperada e observada foram de **0,95**.



**Figura 6:** Curvas de germinação isotérmica de sementes de *Vriesea friburgensis* submetidas ao escuro. Símbolos representam valores experimentais para as temperaturas de 10°C (■), 15°C(□), 20°C(▲), 25°C(Δ) na escala de graus-dia, enquanto a linha contínua representa o modelo esperado, descritos pela equação 7. Os valores do coeficiente de Pearson entre a germinação esperada e observada foram de **0,96**.

#### **B) *Vriesea bituminosa*:**

A  $T_b$  para germinação das sementes submetidas à luz, determinada tanto pelo método regressão linear das velocidades de germinação por temperatura (figura 7A) quanto pela análise de regressão probítica (tabela 4) foram relativamente próximas para *Vriesea bituminosa*, que apresentou a  $T_b$  de 5,8 e 5,0°C, respectivamente. A  $T_c$  das sementes germinadas a luz, determinada através do método regressão linear das velocidades de germinação por temperatura foi de 46,25°C (figura 7C) esse valor foi superior aos 40,4°C obtidos pelo método probítico.



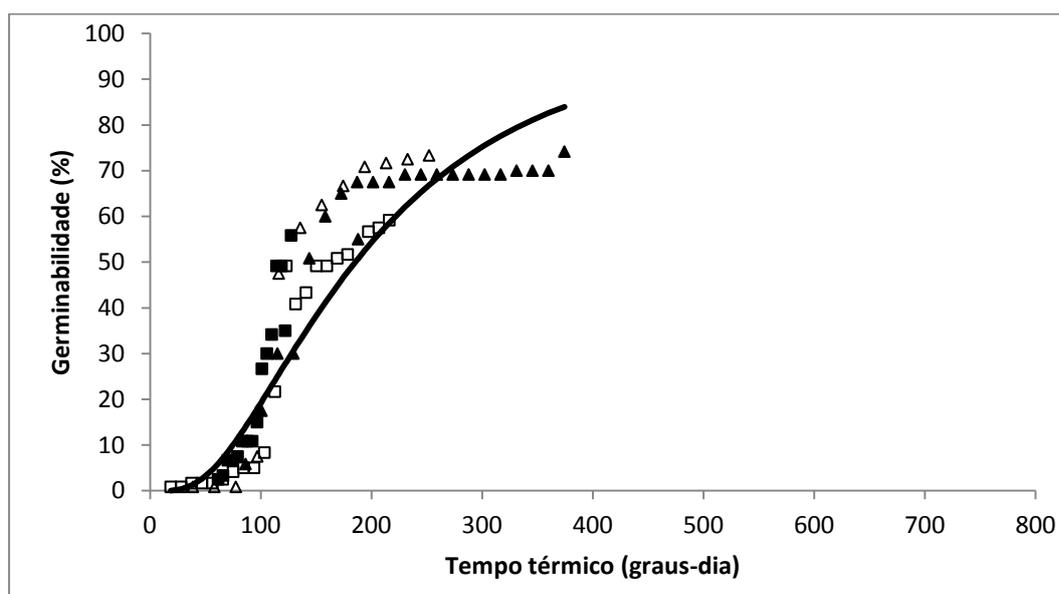
**Figura 7:** Relação entre a velocidade de germinação (1/t) e temperatura da espécie *Vriesea bituminosa*, para as frações de sementes germinadas nas temperaturas infraótimas: 20%,  $y = 0,00982x + 0,05725$ ,  $R^2=0,98895$ ,  $T_b=5,8^\circ\text{C}$  submetida a luz (A); 30%,  $y = 0,00377x - 0,02008$ ,  $R^2= 0,9367$ ,  $T_b=5,3$  submetida ao escuro (B); temperaturas supraótimas: 15%,  $y = - 0,01147x + 0,53053$ ,  $R^2=0,92333$ ,  $T_b=46,25$  submetida a luz (C); 10%,  $y = - 0,00713x + 0,36087$ ,  $R^2= 0,99839$ ,  $T_c=50,61^\circ\text{C}$  submetida ao escuro (D). As regressões lineares das velocidades de germinação das frações de sementes são representadas pelas linhas contínuas.

A  $T_b$  para germinação das sementes submetidas ao escuro, determinada tanto pelo método regressão linear das velocidades de germinação (figura 7B) quanto pela análise de regressão probítica (tabela 4) não foram tão próximos, para *V. bituminosa*, que apresentou a  $T_b$  de 2,3 e  $0^\circ\text{C}$ , respectivamente. A  $T_c$  das sementes germinadas no escuro, determinada através do método regressão linear das velocidades de germinação por temperatura foi de  $50,61^\circ\text{C}$  (figura 7D) esse valor foi maior que os  $48,0^\circ\text{C}$  obtidos pelo método probítico (Tabela 4). A  $T_o$  para para a fração de 30% é de  $27,5^\circ\text{C}$  para as sementes germinadas a luz, em quanto as de escuro para a mesma fração de 30% foi de  $31^\circ\text{C}$ .

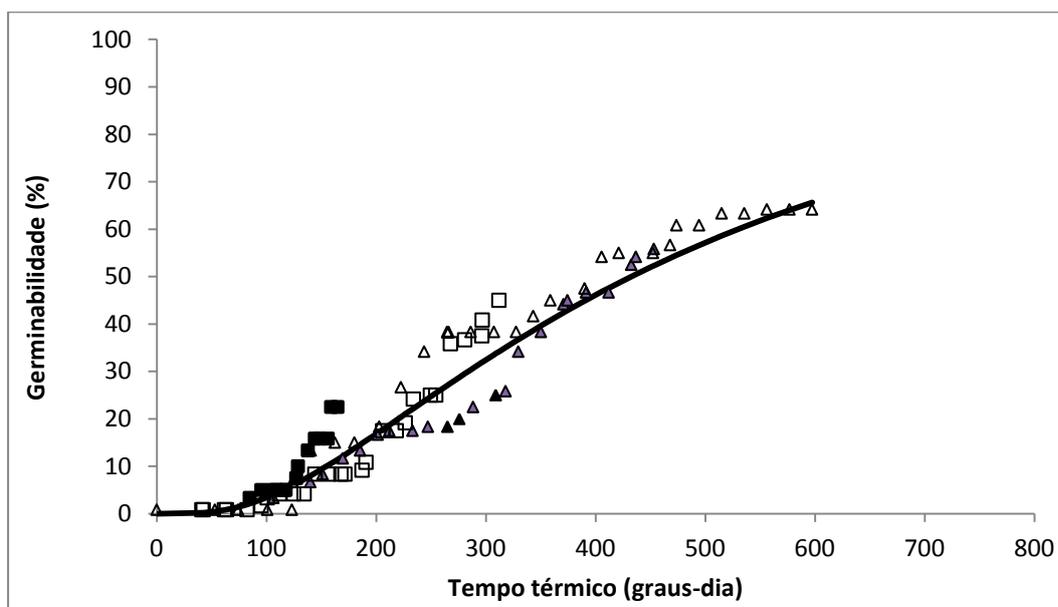
**Tabela 4:** Parâmetros da germinação gerados pela análise de Probit para *Vriesea bituminosa*, germinadas na luz e na ausência de luz.

	LUZ			
	T <sub>b</sub>	R <sup>2</sup>	T <sub>C</sub>	R <sup>2</sup>
<i>V. bituminosa</i>	5	0,85	40,4	0,95
ESCURO				
	1,4	0,97	48,0	0,82

As porcentagens de germinação acumulada e esperada, obtidas pela equação 7, apenas das temperaturas infraótimas, apresentaram valores de coeficiente de correlação de Pearson, de 0,92 para as sementes submetidas a luz e de 0,97 para as submetidas ao escuro (figuras 8 e 9), mostrando que o modelo é indicado para descrever germinação dessa espécie. Para as sementes submetidas a luz alcançarem 50% de germinação, foram necessários 187 graus-dia para *V. bituminosa* (Figura 8) enquanto o requerimento para que as sementes submetidas a ausência de luz alcançassem 50% de germinação foram 432 graus-dia (Figura 9), logo as sementes submetidas a luz apresentaram menor requerimento térmico que as submetidas ao escuro.



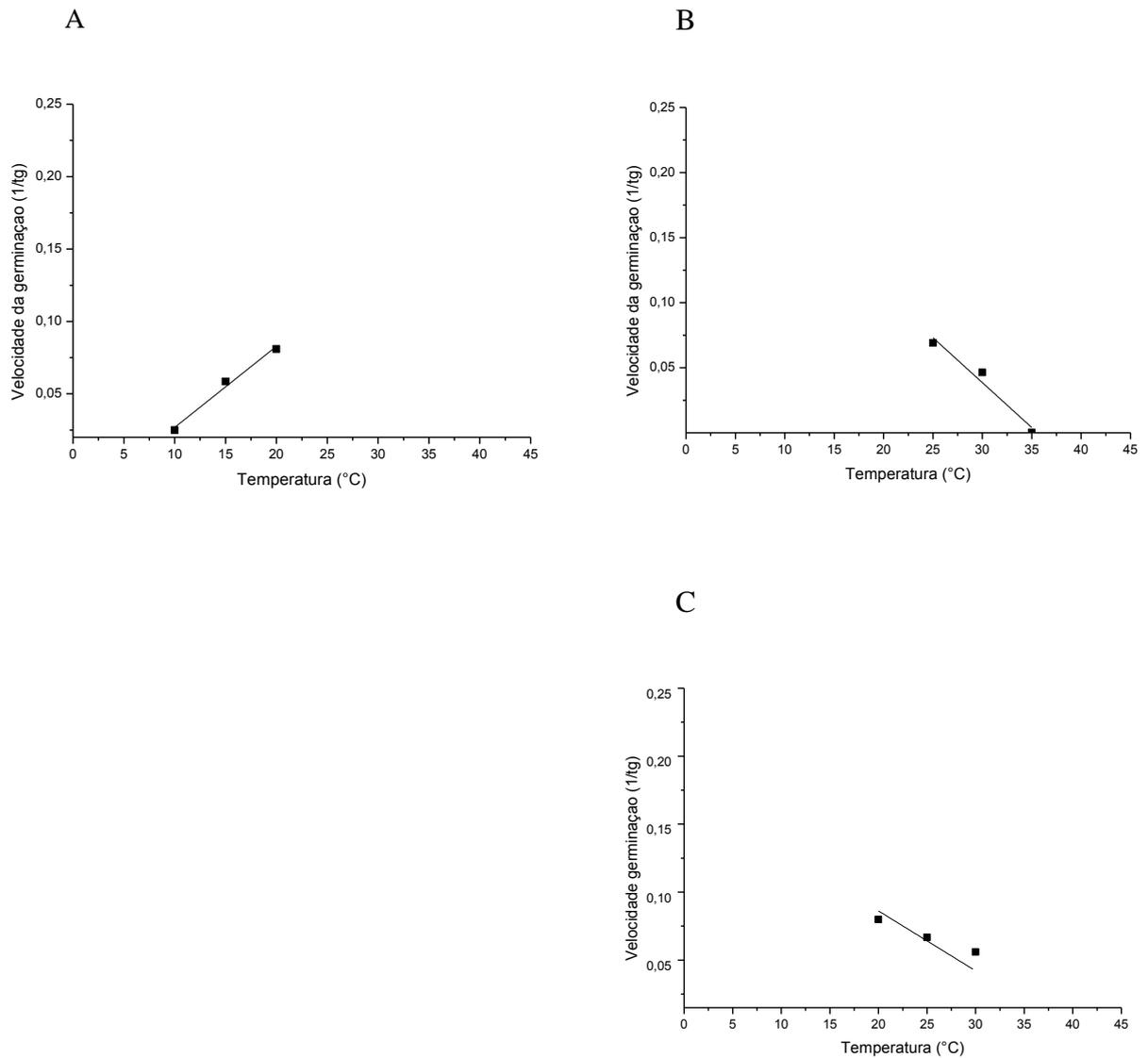
**Figura 8:** Curvas de germinação isotérmica de sementes de *Vriesea bituminosa* submetidas à luz. Símbolos representam valores experimentais para as temperaturas de 10°C (■), 15°C(□), 20°C(▲), 25°C(Δ) na escala de graus-dia, enquanto a linha contínua representa o modelo esperado, descritos pela equação 7. Os valores do coeficiente de Pearson entre a germinação esperada e observada foram de 0,92.



**Figura 9:** Curvas de germinação isotérmica de sementes de *Vriesea bituminosa* submetidas ao escuro. Símbolos representam valores experimentais para as temperaturas de 10°C (■), 15°C(□), 20°C(▲), 25°C(Δ) na escala de graus-dia, enquanto a linha contínua representa o modelo esperado, descritos pela equação 7. Os valores do coeficiente de Pearson entre a germinação esperada e observada foram de 0,97.

### C) *Racinaea aerisincola*:

A  $T_b$  para germinação das sementes submetidas à luz, determinada tanto pelo método regressão linear das velocidades de germinação (figura 10A) quanto pela análise de regressão probítica (tabela 5) foram respectivamente 5,2 e 6,0°C, essas temperaturas são relativamente próximas. A  $T_c$  das sementes germinadas à luz, determinada através do método regressão linear das velocidades de germinação por temperatura foi de 35,6°C (figura 10B) esse valor foi inferior aos 38,4°C obtidos pelo método probítico (tabela 5).



**Figura 10:** Relação entre a velocidade de germinação (1/tg) e temperatura da espécie *Racinaea aerisicola*, para as frações de sementes das temperaturas infra-ótimas: 15%,  $y = 0,00560x - 0,02915$ ,  $R^2=0,97457$ ,  $T_b=5,2^\circ\text{C}$  submetida a luz (A); temperaturas supra-ótimas: 50%,  $y = - 0,00692x + 0,2460$ ,  $R^2=0,92485$ ,  $T_b=35,6^\circ\text{C}$ , submetida a luz (B); 20%,  $y = - 0,00501x + 0,18828$ ,  $R^2= 0,76821$ ,  $T_c=37,6^\circ\text{C}$  submetida ao escuro (C). As sementes submetidas ao escuro, não germinaram no mínimo em duas temperaturas infraótimas, não sendo possível determinar a sua  $T_b$ . As regressões lineares das velocidades de germinação das frações de sementes são representadas pelas linhas contínuas.

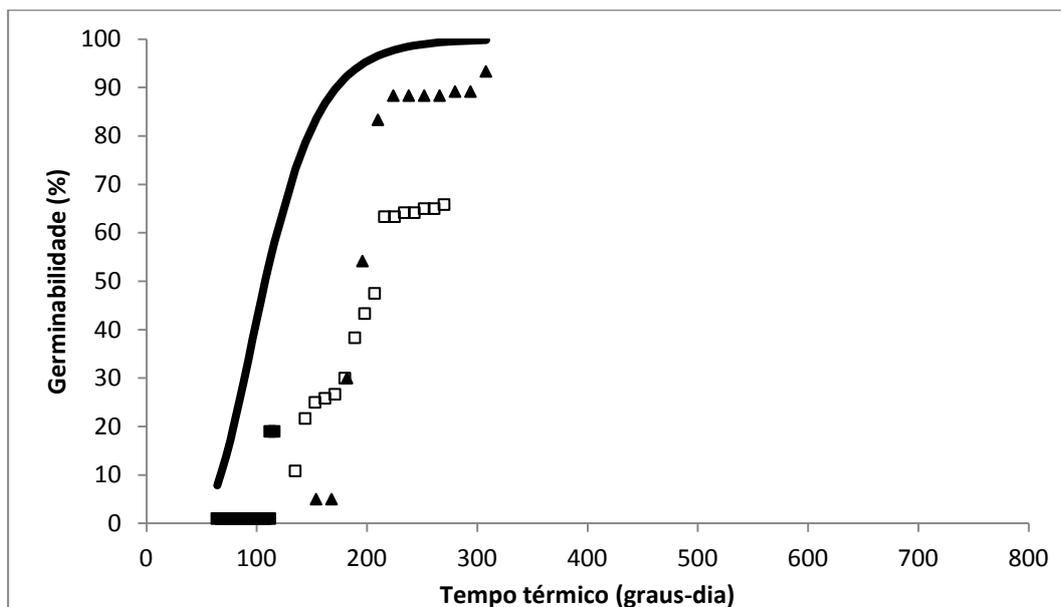
Para as sementes submetidas ao escuro, não foi possível determinar a  $T_b$  através do método regressão linear das velocidades de germinação pela temperatura por não apresentarem germinação em pelo menos duas temperaturas infraótimas não sendo possível determinar a  $T_o$ . A  $T_b$  para germinação das sementes germinadas submetidas ao escuro, determinada pela análise de regressão probítica (tabela 5) apresentou a  $T_b$  de  $10,3^\circ\text{C}$ . A  $T_c$  das sementes germinadas no escuro determinada através do método regressão linear das velocidades de germinação foi de  $37,6^\circ\text{C}$  (figura 10C) esse valor foi maior que os  $34,8^\circ\text{C}$  obtidos pelo método

probótico (Tabela 5). Os valores de Tb obtidos para as sementes germinadas a luz são relativamente semelhantes independente do método, mas o mesmo não foi observado para as Tc das sementes submetidas a luz e ao escuro. A To da fração de 15% para as sementes submetidas a luz foi de 23,2°C.

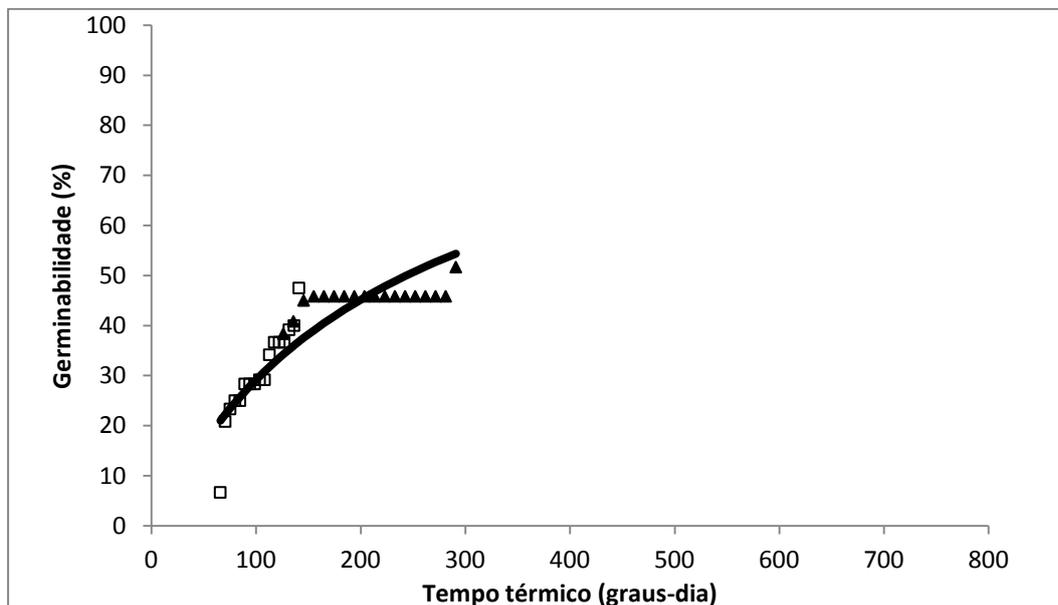
**Tabela 5:** Parâmetros da germinação gerados pela análise de Probit para *Racinaea aerisicola*, germinadas na luz e na ausência de luz

	LUZ			
	Tb	R <sup>2</sup>	Tc	R <sup>2</sup>
<i>R. aerisicola</i>	6	0,87	38,4	0,76
	ESCURO			
	10,3	0,88	34,8	0,81

As porcentagens de germinação acumulada e esperada, obtidas pela equação 7, apenas das temperaturas infraótimas, apresentaram valores de coeficiente de correlação de Pearson, de 0,80 para as sementes submetidas a luz (figura 11) e de 0,87 para as submetidas ao escuro (figura 12), mostrando que o modelo necessita da germinação em outras temperaturas para melhor descrever a germinação dessa espécie, pois os valores da correlação de Pearson são baixos. Para as sementes submetidas a luz alcançarem 50% de germinação, foram necessários 108 graus-dia (Figura 11) para *R. aerisicola* enquanto o requerimento para que as sementes submetidas a ausência de luz alcançassem 50% de germinação foram 242,5 graus-dia (Figura 12), logo, as sementes submetidas a luz apresentaram menor requerimento térmico que as submetidas ao escuro.



**Figura 11:** Curvas de germinação isotérmica de sementes de *Racineae aerisincola* submetidas à luz. Símbolos representam valores experimentais para as temperaturas de 10°C (■), 15°C(□), 20°C(▲), na escala de graus-dia, enquanto a linha contínua representa o modelo esperado, descritos pela equação 7. Os valores do coeficiente de Pearson entre a germinação esperada e observada foram de 0,80.



**Figura 12:** Curvas de germinação isotérmica de sementes de *Racineae aerisincola* submetidas ao escuro. Símbolos representam valores experimentais para as temperaturas de 10°C (■), 15°C(□), na escala de graus-dia, enquanto a linha contínua representa o modelo esperado, descritos pela equação 7. Os valores do coeficiente de Pearson entre a germinação esperada e observada foram de 0,87.

O menor valor de  $T_0$  foi observado para *R. aerisincola* que foi de 23,2°C. Para as outras espécies esses valores ficaram entre 26 e 31°C. Os valores de  $T_b$  para as sementes expostas à luz ou ao escuro, obtidos a partir do método de análise da regressão probitica, (equação 5) foram respectivamente, para *V. friburgensis* de 1,3 e 0°C, *V. bituminosa* de 5 e 1,4°C e *R.*

*aerisincola* de 6 e 10,3°C, esses valores são próximos daqueles extrapolados das retas de regressão das velocidades sobre as temperaturas infra-ótimas, respectivamente, foram para *V. friburgensis* de 1,4 e 2,3°C, *V. bituminosa* 5,8 e 5,3°C e *R. aerisincola* de 5,2°C para as sementes submetidas à luz, pois não foi possível determinar a Tb de suas sementes germinadas no escuro. Estando esses resultados entre 0 e 6°C para as três espécies. Resultados de Tb abaixo de 4°C foram encontrados para *Trifolium rapens* L. (0°C), *Lolium perenne* L. (1,7°C) e *Cichorium intybus* L.(3,2°C), três espécies de clima temperado (MOOT *et al.*2000). Em outro trabalho Kamkar (2012) ressalta que a Tb de *Papaver somniferum* L. é de 3,2°C. Os valores encontrados para as Bromeliaceae, principalmente *V. friburgensis* e *V. bituminosa*, estão abaixo do esperado para espécies tropicais (LARCHER *et al.*, 2000; BASKIN & BASKIN, 2001). No entanto esses valores são semelhantes aos de leguminosas cultivadas, que costumam apresentar Tb's mais baixas, algumas até mesmo próximas ao ponto de congelamento ou abaixo de 0°C (COVELL *et al.*, 1986; ELLIS *et al.*, 1986). Esses valores de Tb são próximos para as duas espécies do gênero *Vriesea* deste trabalho, principalmente *V. friburgensis* que mesmo não sendo de clima temperado está sujeita à temperaturas baixas, devido a seu habitat rupícola e por ser encontrada na porção mais elevada da Serra. Adiciona-se a isso, o fato de ser dispersa no final do período de inverno (MARQUES & LEMOS-FILHO, 2008), quando as nuvens que passam pelo cume da serra podem trazer umidade possibilitando sua germinação ainda sob baixas temperaturas, facilitando seu estabelecimento na estação da primavera, ou até mesmo durante os dias mais frios e úmidos.

Trabalhos com valores de Tb's mais próximos dos encontrados para *V. bituminosa* e *R. aerisincola* são encontrados na literatura, como a Tb de 7°C de uma Cactaceae da espécie *Hylocereus setaceus* (CARDOSO *et al.*, 2010), resultados um pouco maiores que este são relatados por Scott *et al.* (2000), que trabalhando com nove espécies de ervas daninhas anuais encontraram para as espécies de inverno uma Tb de 8,3 °C. No entanto para as espécies de verão esse valor foi de 13,8°C. Ainda Pires *et al.* (2009b), encontraram para a espécie *Ocotea pulchella* (Nees) Mez, típica de restinga, uma Tb de 11°C. Esses resultados sugerem que *V. bituminosa*, uma espécie com hábitat terrestre e epífita, com período de dispersão de março a maio (MARQUES & LEMOS-FILHO, 2008), seja mais propensa a germinar em temperaturas acima de cinco graus. Podendo iniciar sua germinação com o aumento da umidade, ainda na estação fria, antecipando-se a estação de maior umidade, apresentando maiores chances de estabelecimento, principalmente quando ocorre como epífita em áreas com maior adensamento de outras espécies vegetais, onde há maior retenção da umidade deixada pelas nuvens que passam pela serra.

Enquanto *R. aerisicola* esta inserida na mata nebulosa, local com maior retenção de umidade e menor oscilação térmica, sendo sua dispersão de setembro a fevereiro (MARQUES & LEMOS-FILHO, 2008), período de maior disponibilidade hídrica e de temperaturas mais elevadas, e favoráveis a germinação. No entanto, devido a maior altitude desse fragmento de mata, ele pode estar sujeito a temperaturas mais baixas, sendo então favorável a germinação, desde que expostas a luz, necessitando de menor requerimento térmico para seu estabelecimento. Quando na ausência de luz, o requerimento térmico é maior, isso pode ocorrer com a população de sementes que estão mais no interior da mata. Esse comportamento pode garantir que as sementes submetidas a uma menor intensidade luminosa, possam germinar quando a temperatura for favorável a seu estabelecimento, garantido as sementes que estão em microhabitats cobertas por material vegetal disperso a germinarem e se estabelecer.

Dentre as sementes submetidas ao regime de luz, as temperaturas acima de 30°C foram desfavoráveis a germinabilidade da espécie *R. aerisicola*, devido a ausência da germinação. Para *Vriesea bituminosa* essa temperatura é acima de 30°C e para *V. friburgensis* é acima de 35°C, sendo ausente a germinação à 40°C. Esses dados sugerem que fisiologicamente a temperatura máxima esteja próxima desses valores para as respectivas espécies. Resultados semelhantes aos obtidos para *Vriesea friburgensis* foram observados para as famílias de Poaceae e Casuarinaceae, apresentando alta germinabilidade à 35°C (BELL *et al.*, 1999). No entanto alguns trabalhos mostram que altas temperaturas, acima de 30°C, são desfavoráveis à germinação das sementes, como foi observado por Johnston *et al.* (2011) para as espécies *Brunonia australis* Sm.ex R. Br. e *Calandria* sp, semelhante ao observado para *R. aerisicola*. Na literatura é ressaltada a perda da viabilidade das sementes de algumas espécies à altas temperaturas, como por exemplo, temperaturas elevadas, como 35 °C, são responsáveis pela morte das sementes da espécie *Velleia trinervis* (BELLAIRS & BELL 1990). Essa perda da viabilidade da população de sementes pode ser atribuída a diminuição da permeabilidade de membrana e perda de K<sup>+</sup> e outros eletrólitos (CORBINEAU *et al.*, 2002).

Como pode ser observado, independentemente do regime de luz ou não que as sementes foram submetidas, as espécies *V. friburgensis* e *V. bituminosa* apresentaram valores de Tc superiores a 40°C e inferiores a 57°C, independente do método, portanto as Tc's encontradas para o gênero *Vriesea* foram superiores aos encontrados para *R. aerisicola* (espécie típica de mata nebulosa), que apresentou Tc's entre a 34 e 38,5°C, independente do método utilizado, esses resultados sugerem que as espécies do gênero *Vriesea* são mais resistentes as temperaturas elevadas. Talvez esse comportamento evite que *Racineae aerisicola* germine sobre ambientes descobertos, como pedras e solo do campo rupestre, sujeitos a maiores

temperaturas, mantendo a espécie restrita a ambientes de mata onde as temperaturas podem ser mais baixas. É possível que *V. friburgensis* possa se estabelecer sobre ambientes xéricos pedregosos, encontrados nas partes mais altas da serra. Resultado semelhante com valores altos de  $T_c$  foi encontrado para uma Cactaceae, variando de 43,5 à 49°C conforme a fração percentual (CARDOSO *et al.*, 2010), obtido pelo método probítico. Esses autores relatam que possivelmente os valores de  $T_c$  estejam superestimados, possivelmente, isso ocorra, com as Bromeliaceae deste trabalho. É indicado nestas situações aumentar as temperaturas supraótimas testadas, como as temperaturas intermediárias às testadas.

Segundo Ellis *et al.* (1986), quando as retas do método de regressão linear das velocidades de germinação apresentam-se aproximadamente paralelas, o modelo de análise de regressão probítica é mais indicado, pois assume-se nessa situação que para cada fração percentual de germinação tenha uma  $T_c$  diferente. Este comportamento é observado nas espécies aqui testadas. Logo, é mais indicado utilizar o método probítico para minimizar essas variações.

Sugere-se que a temperatura ótima de germinação de uma espécie corresponde a uma adaptação das espécies a seus habitat, bem como a dispersão de suas sementes e estabelecimento das plântulas (VÁZQUEZ-YANES, 1976). Para as espécies submetidas à luz, a  $T_o$  para a espécie de *V. bituminosa* foi de 27,45°C, e *V. friburgensis* foi de 30,17°C, e independente do regime de luz, as  $T_o$ 's das duas espécies oscilaram de 27,5 a 31°C, variando conforme a fração utilizada, no entanto para *R. aerisicola* esse valor é menor, sendo de 23,2°C para as sementes submetidas a luz. Valores de  $t_o$ 's próximos de 25°C, mas ainda abaixo dos encontrados para as duas espécies de *Vriesea*, foram encontrados para quatro espécies do gênero *Trifolium*, por Moot *et al.* (2009). No entanto valores de  $T_o$ 's baixos, próximos aos obtidos para *R. aerisicolis*, em torno de 20 °C foram encontrados para *Ratibida columnifera* (ROMO & EDDLEMAN, 1995). Para duas cultivares de *Linum usitatissimum* L. a  $T_o$  foi de 22°C (KURT, 2012).

Para germinação de 50% das sementes das três espécies, as submetidas a ausência de luz apresentaram requerimento térmico superior as submetidas à luz. Entre as espécies submetidas a luz para atingir 50% de germinação *R. aerisicola* apresentou o menor requerimento térmico. Entre as *Vriesea* que ocupam áreas afins, em alguns pontos da Serra, *V. bituminosa* apresentou um maior requerimento térmico em relação à *V. friburgensis*, essa característica talvez possa ser vantajosa para que a última se estabeleça no ambiente sob as mesmas temperaturas.

Entre as três Bromeliaceae, *R. aerisicola* apresentou menor amplitude térmica para a germinação e tendo sua germinabilidade intensificada às temperaturas mais baixas, sendo ainda favorecida pela luz. Essas características limitam essa espécie a mata nebulosa, onde o ambiente apresenta maior umidade e menor amplitude térmica, na Serra da Piedade. Sendo também mais susceptível as elevações térmicas causadas pela intensificação do efeito estufa. Esses resultados chamam atenção por essa espécie ser encontrada em um pequeno fragmento de mata nebulosa, sendo a conservação deste fragmento de suma importância para manutenção dessa espécie na Serra da Piedade.

O modelo tempo térmico, obtido pelo método probítico, para as temperaturas infraótimas, mostrou-se capaz de prever, com grande acurácia, a resposta germinativa das sementes à temperatura para as espécies de *V. friburgensis* e *V. bituminosa*, apresentando um coeficiente de correlação de Pearson superior a 0,90 no entanto para *R. aerisicola* esses valores foram menores, sendo necessárias analisá-las em temperaturas intermediárias as testadas aqui. Por outro lado o modelo assume que a  $T_b$  é relativamente constante, para as diferentes frações percentuais consideradas, condição que permite que as curvas de germinação em diferentes temperaturas caiam em uma única curva quando plotadas em escala de tempo térmico (LARSEN & BIBBY 2005). O modelo descreve de igual forma a germinação no escuro.

### 3.4. CONCLUSÃO

As espécies apresentam maior requerimento térmico para germinar, quando submetidas ao escuro, sugerindo que a luz leva a um menor requerimento térmico e estabelecimento das mesmas. As  $T_b$ 's foram aproximadamente as mesmas para as sementes germinadas à luz, tanto para o método de regressão linear das velocidades de germinação de cada fração pela temperatura quanto para o método de regressão probítica. A  $T_c$  apresentou maior variação entre os métodos, sendo o modelo probítico o mais indicado para determinar a  $T_c$  dessas espécies, pois cada fração das sementes germinadas nas temperaturas supraótimas apresentem  $T_c$ 's distintas. Além disso *R. aerisicola* é a espécie mais vulnerável a temperaturas mais elevadas, enquanto *V. friburgensis* e *V. bituminosa* não o são.

O modelo tempo térmico foi capaz de descrever com acurácia a germinação de *Vriesea friburgensis* e *Vriesea bituminosa*, o mesmo não ocorreu com a espécie *Racinaea aerisicola*, sendo sugerido avaliação da germinação desta última espécie em temperaturas intermediárias as testadas neste trabalho, para melhor avaliação da acurácia do modelo em prever as respostas germinativas desta espécie. É importante que mais trabalhos com essas

espécies sejam realizados para melhor compreensão do comportamento dessas frente as diferentes variações térmicas que elas estão sujeitas.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, V.C., Pedro júnior, M.J., Sentelhas, P.C., Azzini, L.E. (2000). Exigências térmicas do arroz irrigado 'IAC 4440'. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria. 8, 2, 171-174.
- Arnold, C. Y. (1959) The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Journal of the American Society for Horticultural Science. Geneva. 74, 1, 430-445.
- Barbano, M. T., Duarte, A.P., Brunini, O., Reco, P.C., Paterniani, M.E.A.Z.G., Kanthack, R.A.D. (2000). Acúmulo térmico e duração do subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Uberlândia. Resumos. Uberlândia: ABMS/UFU/Embrapa Milho e Sorgo. CD-ROM.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M. (2001). Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Elsevier.
- Bell D. T., King L. A. & Plummer J. A. (1999) Ecophysiological effects of light quality and nitrate on seed germination in species from Western Australia. Australian Journal of Ecology. 24, 2–10.
- Bellairs S. M. & Bell D. T. (1990) Temperature effects on the seed germination of ten Kwongan species from Eneabba, Western Australia. Australian Journal of Botany. 38, 451–8.
- Bradford K. J. (1995). Water relations in seed germination. In: Kigel J, Galili G (Ed.). Seed development and germination. New York: Marcel Dekker. 351-396.
- Brunini, O., Lisbão, R. S., Bernar-DI, J. B., Fornasier, J. B., & Pedro Júnior, M. J. (1976). Temperatura-base para alface cultivar " White Boston", em um sistema de unidades térmicas. Bragantia. 35, 1, 213-219.
- Camargo, M.B.P., Brunini, O. & Miranda, M.A.C. (1986). Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 45, 2, 279-292.
- Cardoso, V.J.M. and Pereira, F.J.M. (2009). Dependência térmica da germinação de sementes de *Drymaria cordata* (L.) Willd. Ex Roem. and Schult. (Cariophyllaceae). Acta Botanica Brasílica.

- Cardoso, V.J.M. (2011). Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus.dia. *Oecologia australis*. 15, 2, 236-248.
- Cardoso, V. J. M. (2010). An Adapted Thermal-gradient Block for the Germination of Photoblastic Seeds. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 53, 6, 1267-1277.
- Chantre G.R., Sabbatini M.R., Orioli G.A. (2009). Effect of burial depth and soil water regime on the fate of *Lithospermum arvense* seeds in relation to burial time. *Weed Research*. 49, 81–89.
- Corbineau, F., J. Bianco, G. Garello and D. Come. (2002). Breakage of *Pseudotsuga menziesii* seed dormancy by cold treatment as related to changes in seed ABA sensitivity and ABA levels. *Physiology Plant*. 114, 313–319.
- Covell S., Ellis R.H., Roberts E.H., Summerfield R.J. (1986). The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of chickpea, lentil, soyabean and cowpea at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*. 37, 178, 705-715.
- Dellai, J., Trentin, G., Bisognin, D.A., Streck, N.A. (2005). Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. *Ciência Rural*. 35, 1269-1274.
- Ellis R.H., Covell S., Roberts E.H., Summerfield R.J. (1986). The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*. 37, 183, 1503-1515.
- Garcia-Huidobro J., Monteith J.L., Squire G.R. (1982). Time, temperature and germination of Pearl Millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). *Journal of Experimental Botany*. 33, 133, 288-296.
- Gilmore, E.C.J., Rogers, J. S. (1986). Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal*. Madison. 50, 10, 611-615, 1958.
- Gumerson, 1986;. Scott, J.S., Prather, T.S., Holt, J.S. (2000) Estimate of base temperature for nine wide species. *Journal Experimental Botany*. 51, 343, 275-286.
- Infeld, J. A., Silva, J. B., Assis, F. N. (1998). Temperatura base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria. 6, 2, 187-191.
- Izquierdo, J., González-Andújar, J.L., Bastida, F., Lezaún, J.A. & Delarco, M.J.S. (2009). A Thermal Time Model to Predict Corn Poppy (*Papaver rhoeas*) Emergence in Cereal Fields. *Weed Science*. 57, 660–664.

- Johnston M., Licker R., Foley J., Holloway T., Mueller N.D., Barford C., Kucharik C. (2011). Closing the gap: global potential for increasing biofuel production through agricultural intensification. *Environmental Research Letters*. 6, 1–11.
- Kamkar, B., Al-Alahmadi, M.J., Mahdavi-Damghani, A., Villalobos, F. (2012). Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models. *Industrial Crops and Products* 35, 192–198.
- Kebreab, E. & Murdoch, A.J. (1999). Modelling the effects of water stress and temperature on germination rate of *Orobanche aegyptiaca* seeds. *Journal of Experimental Botany*. 50, 334, 655–664.
- Kurt O. (2012). A predictive model for the effects of temperature on the germination period of flax seeds (*Linum usitatissimum* L.). *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*. 36, 654-658.
- Kurtar, E.S. (2010). Modelling the effect of temperature on seed germination in some cucurbits. *African Journal of Biotechnology*. 9, 9, 1343-1353.
- Labouriau L.F.G. (1983). A germinação das sementes. Washington: Organização dos Estados Americanos. 174p.
- Larcher, W. (2000). *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima. 531p.
- Larsen, S.U. & Bibby, B.M. (2005). Differences in thermal time requirement for germination of three turfgrass species. *Crop Science*. 45, 2030-2037.
- Lonati, M., Moot, D.J., Aceto, P., Cavallero, A. & Lucas, R. J. (2009). Thermal time requirements for germination, emergence and seedling development of adventive legume and grass species. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 52, 17-29.
- Marques A.R., Lemos Filho J.P. (2008). Reproductive phenology of bromeliad species at Serra da Piedade, Minas Gerais state, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*. 22, 417–424.
- McDonald C.K. (2002). Germination response to temperature in tropical and subtropical pasture legumes. 1. Constant temperature. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 42, 407-419.
- Miranda, M. N., Campelo Júnior. Soma térmica para o subperíodo semeadura-maturação de feijão cv. carioca em colorado do oeste, Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. Goiânia. 40, 2, 180-185.
- Moot, D., Mills, A., Lucas, D., Scott, W., (2009). Country Pasture/Forage Resource Profiles. Report prepared for Food and Agriculture Organization of the United Nations. 38-39.

- Moot, D.J., Scott, D.J., Roy, A.M. and Nicholls, A.C. (2000). Base temperature and thermal time requirements for germination and emergence of temperate pasture species. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 43, 15-25.
- Nassif, S.M.L., Perez, S.C.J.G. (2000). Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). *Revista Brasileira de Sementes*. 22, 1, 1-6.
- Pires, L.A., Cardoso, V.J.M., Joly, C.A. and Rodrigues, R.R. (2009b). Germination of *Ocotea pulchella* (Nees) Mez (Lauraceae) seeds in laboratory and natural restinga environment conditions. *Brazilian Journal of Biology*. 69, 3, 935-942.
- Pires, L.A., Cardoso, V.J.M., Joly, C.A. & Rodrigues, R.R. (2009a). Germinação de *Ternstroemia brasiliensis* Cambess. (Pentaphylacaceae) de Floresta de Restinga. *Acta Botanica Brasilica*. 23, 57-66.
- Romo, J.T., Eddleman, L.E. (1995). Use of degree-days in temperature experiments. *Journal of Range Management*. 48, 5, 410-416.
- Rosa, S. G. T., Ferreira, A. G. (2001). Germinação de sementes de plantas medicinais lenhosas. *Acta Botanica Brasilica*. 15, 2, 147-154.
- Russele, M.P., Wilhelm W.W., Olson, R.A. and Power, J.F. (1984). Growth analysis based on degree days. *Crop Science*. 24, 1, 28-32.
- Santos, D.L. and Cardoso, V.J.M. (2001), Thermalbiological aspects on the seed germination of *Cucumis anguria* L.: influence of the seed coat. *Revista Brasileira de Botânica*. 24, 435-440.
- Streck, N.A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.). *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria. 10, 1, 105-111.
- Trudgill D.L., Honek A., Li D., Van Straalen N.M. (2005). Thermal time – concepts and utility. *Annals of Applied Biology*. 146, 1-14.
- Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A. (1982). Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnell-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. *Physiologia Plantarum*. 56, 3, 295-298.
- Velten, S. B., Garcia, Q. S. (2005). Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. São Paulo. 19, 4, 753-761.

- Wagner, M. V., Jadoski, S. O., Lima, A. S., Maggi, M. F., Pott, C. A., Suchoronczec, A. (2011). Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guara-puava, Sul do Brasil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*. 4.
- Washitani, I. (1985). Germinatin-rate dependency on temperature of *Geranium carolinianum* seeds. *Journal of Experimental Botany*. 36, 330-337.
- Wutke, E.B., Brunini, O., Barbano, M.T., Castro, J.L. de., Gallo, P.B., Kanthack, R.A.D., Martins, A.L.M., Pereira, J.C.V.N.A., Bortoletto, N., Paulo, E.M., Sakai, M., Saes, L.A., Ambrosano, E.J., Carbonell, S.A.M., Silveira, L.C.P. (2000). Estimativa de temperatura base e grausdia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. 8, 1, 55-61.
- Yin, X., Kropff, M.J, McLaren, G., Visperas, R.M. (1995). A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agricultural and Florest Meteorology*. 7, 1-16.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mais recente documento do IPCC (2014) destacou a vulnerabilidade dos países em desenvolvimento às mudanças climáticas e esta avaliação permitirá o dimensionamento dos impactos dos cenários futuros sobre o meio ambiente. Medidas de mitigação e adaptação são portanto preconizadas para todos os biomas brasileiros incluindo os campos rupestres por se tratar de um ambiente que além da crescente pressão antrópica (JACOBI *et al.*, 2007) estão sujeitos às consequências das mudanças no clima. Essas modificações climáticas globais podem ter grande importância nas respostas fisiológicas, na permanência e distribuição das espécies nos Campos Rupestres. Portanto, embora mal compreendida, a atual e rápida mudança climática poderá resultar em grandes perdas de espécies (MALCOM & MARKHAM, 2000).

Em virtude das previsões de elevação da temperatura mundial para os próximos anos, entre as três espécies, *Racinaea aerisicola* é a mais vulnerável na Serra da Piedade, uma vez que necessita de condições ambientais muito específicas para o início do processo germinativo, pois apresenta a menor amplitude térmica de germinação e valores baixos de temperatura ótima ( $T_o$ ) e máxima ( $T_c$ ), sendo extremamente dependente da conservação do fragmento de mata nebulosa existente na Serra da Piedade. A grande amplitude térmica de germinação apresentada pelas espécies de *Vriesea friburgensis* e *Vriesea bituminosa* e os valores elevados de  $T_o$  e  $T_c$  sugerem que essas espécies são mais competitivas às variações térmicas dos diferentes microhabitats da Serra da Piedade, e a possível elevação da temperatura mundial.

O modelo tempo térmico mostrou que as exigências térmicas das três espécies é maior na ausência da luz. E é um modelo aplicável para prever o comportamento germinativo das espécies *V. friburgensis* e *V. bituminosa*, no entanto é necessário um número maior de temperaturas intermediárias as testadas neste trabalho para melhor prever a resposta germinativa de *R. aerisicola*. Assim como um número maior de temperaturas intermediárias as testadas neste trabalho pode-se diminuir os valores superestimados de temperaturas cardinais, principalmente a Tc, para todas as espécies. Em virtude das previsões de elevação da temperatura mundial para os próximos anos é urgente a necessidade de mais estudos voltados para a compreensão das respostas as variações térmicas das diferentes espécies, principalmente dos campos rupestres.

#### 4.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Jacobi, C.M., Carmo, F.F.do. (2008). Flávio Fonseca do Carmo. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. Megadiversidade. 4, 1-2.
- Magalhães, R.A. (2009). As mudanças climáticas globais e a desertificação. In: Anngelotti, F., Sá, B.I., Menezes, E.A., Pellegrino, G. Q. (Editores Técnicos). Mudanças Climáticas e Desertificação no Semi-Árido Brasileiro. Petrolina-PE, Embrapa Semi-Árido. Cap. 1. p.19.
- Malcolm J.R. & Markham A. (2000). Global Warming and Terrestrial Biodiversity Decline. 34pp. WWF, Gland, Switzerland

## ANEXOS

**Anexo 1: Parâmetros das equações lineares de ajuste de curvas de velocidade de germinação de diferentes frações percentuais de sementes de *Vriesea friburgensis*, germinadas na presença de luz, em função da temperatura, na faixa infra-ótima e supra-ótima. Valores nas colunas  $T_b$  (temperatura base) e  $T_C$  (temperatura máxima) representam as projeções das retas na abscissa ( $y=0$ ).**

<i>Vriesea friburgensis</i>					
<i>Luz</i>					
Faixa	Fração	Equação ( $y = ax + b$ )	$R^2$	$T_b$	$T_C$
Infra - ótima	10%	$y = 0,00741x + 0,05906$	0,78227	-7,97	-
	15%	$y = 0,00750x + 0,04280$	0,85896	-5,71	-
	20%	$y = 0,00752x + 0,03165$	0,90535	-4,21	-
	25%	$y = 0,00750x + 0,02311$	0,93542	-3,08	-
	30%	$y = 0,00746x + 0,01613$	0,95664	-2,16	-
	35%	$y = 0,00740x + 0,01013$	0,97213	-1,37	-
	40%	$y = 0,00734x + 0,00477$	0,98354	-0,65	-
	45%	$y = 0,00726x - 0,00018$	0,99000	0,02	-
	50%	$y = 0,00718x - 0,00494$	0,99717	0,69	-
	55%	$y = 0,00710x - 0,00973$	0,99975	1,37	-
	60%	$y = 0,00702x - 0,01487$	0,99887	2,12	-
	65%	$y = 0,00695x - 0,02099$	0,99266	3,02	-
	70%	$y = 0,00696x - 0,03011$	0,97545	4,33	-

**Anexo 2: Parâmetros das equações lineares de ajuste de curvas de velocidade de germinação de diferentes frações percentuais de sementes de *Vriesea friburgensis*, germinadas na ausência de luz, em função da temperatura, na faixa infra-ótima e supra-ótima. Valores nas colunas T<sub>b</sub> (temperatura base) e T<sub>c</sub> (temperatura máxima) representam as projeções das retas na abscissa (y=0).**

<i>Vriesea friburgensis</i>					
Escuro					
Faixa	Fração	Equação (y = ax + b)	R <sup>2</sup>	T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>
Infra - ótima	10%	y = 0,01085x + 0,08800	0,73276	8,10	-
	15%	y = 0,00900x + 0,06700	0,75298	7,33	-
	20%	y = 0,00812x + 0,05500	0,76864	6,72	-
	25%	y = 0,00730x + 0,04535	0,78164	6,21	-
	30%	y = 0,00664x + 0,03837	0,79281	5,78	-
	35%	y = 0,00610x + 0,03287	0,80256	5,39	-
	40%	y = 0,00562x + 0,02846	0,81105	5,06	-
	45%	y = 0,00521x - 0,02493	0,81825	4,79	-
	50%	y = 0,00484x - 0,01025	0,82389	2,12	-
	55%	y = 0,00450x - 0,01025	0,82724	2,28	-
	60%	y = 0,00421x - 0,01025	0,82657	2,43	-
	65%	y = 0,00399x - 0,02105	0,81710	5,28	-
	70%	y = 0,00406x - 0,03108	0,78135	7,66	-
Supra - ótima	10%	y = - 0,01261x + 0,53893	0,74381	-	42,74
	15%	y = - 0,01105x + 0,47329	0,73278	-	42,83
	20%	y = - 0,00998x + 0,42805	0,72508	-	42,89
	25%	y = - 0,00916x + 0,39316	0,71960	-	42,92
	30%	y = - 0,00848x + 0,36439	0,71587	-	42,97
	35%	y = - 0,00790x + 0,33957	0,71376	-	42,98
	40%	y = - 0,00739x + 0,31740	0,71339	-	42,95
	45%	y = - 0,00691x + 0,29703	0,71513	-	42,99
	50%	y = - 0,00647x + 0,27783	0,71977	-	42,94
	55%	y = - 0,00605x + 0,25929	0,72889	-	42,86
	60%	y = - 0,00563x + 0,24091	0,74602	-	42,79
	65%	y = - 0,00522x + 0,22220	0,78069	-	42,57
	70%	y = - 0,00486x + 0,20334	0,87502	-	41,84

**Anexo 3: Parâmetros das equações lineares de ajuste de curvas de velocidade de germinação de diferentes frações percentuais de sementes de *Vriesea bituminosa*, germinadas na presença de luz, em função da temperatura, na faixa infra-ótima e supra-ótima. Valores nas colunas  $T_b$  (temperatura base) e  $T_c$  (temperatura máxima) representam as projeções das retas na abscissa ( $y=0$ ).**

<i>Vriesea bituminosa</i>					
Luz					
Faixa	Fração	Equação ( $y = ax + b$ )	$R^2$	$T_b$	$T_c$
Infra - ótima	10%	$y = 0,01197x + 0,07659$	0,97489	6,40	-
	15%	$y = 0,01072x + 0,06513$	0,98378	6,08	-
	20%	$y = 0,00982x + 0,05725$	0,98895	5,83	-
	25%	$y = 0,00931x + 0,05395$	0,98879	5,79	-
	30%	$y = 0,00904x + 0,05354$	0,98444	5,92	-
	35%	$y = 0,00878x + 0,05308$	0,97917	6,05	-
	40%	$y = 0,00852x + 0,05260$	0,97272	6,17	-
	45%	$y = 0,00826x - 0,05215$	0,96441	6,31	-
	50%	$y = 0,00800x - 0,05188$	0,95257	6,49	-
Supra - ótima	55%	$y = 0,00773x - 0,05251$	0,93053	6,79	-
	10%	$y = - 0,01096x + 0,52426$	0,92217	-	47,83
	15%	$y = - 0,01147x + 0,53053$	0,92333	-	46,25
	20%	$y = - 0,01158x + 0,52338$	0,91073	-	45,20
	25%	$y = - 0,01179x + 0,52073$	0,89876	-	44,17
	30%	$y = - 0,01328x + 0,55905$	0,86120	-	42,10
	35%	$y = - 0,00726x + 0,42756$	0,85748	-	58,89

**Anexo 4: Parâmetros das equações lineares de ajuste de curvas de velocidade de germinação de diferentes frações percentuais de sementes de *Vriesea bituminosa*, germinadas na ausência de luz, em função da temperatura, na faixa infra-ótima e supra-ótima. Valores nas colunas  $T_b$  (temperatura base) e  $T_c$  (temperatura máxima) representam as projeções das retas na abscissa ( $y=0$ ).**

<i>Vriesea bituminosa</i>					
Escuro					
Faixa	Fração	Equação ( $y = ax + b$ )	$R^2$	$T_b$	$T_c$
Infra - ótima	10%	$y = 0,00646x - 0,03701$	0,89394	5,73	-
	15%	$y = 0,00548x - 0,03287$	0,91755	6,00	-
	20%	$y = 0,00479x - 0,02847$	0,92682	5,94	-
	25%	$y = 0,00424x - 0,02422$	0,93128	5,71	-
	30%	$y = 0,00377x - 0,02008$	0,93367	5,33	-
	35%	$y = 0,00334x - 0,01596$	0,93511	4,78	-
	40%	$y = 0,00294x - 0,01174$	0,93617	3,99	-
Supra - ótima	10%	$y = - 0,00713x + 0,36087$	0,99839	-	50,61
	15%	$y = - 0,00639x + 0,31942$	0,98938	-	49,99
	20%	$y = - 0,00603x + 0,29562$	0,95334	-	49,02
	25%	$y = - 0,00598x + 0,28415$	0,89996	-	47,52
	30%	$y = - 0,00704x + 0,30978$	0,80051	-	44,00

**Anexo 5: Parâmetros das equações lineares de ajuste de curvas de velocidade de germinação de diferentes frações percentuais de sementes de *Racinea aerisicola*, germinadas na presença de luz, em função da temperatura, na faixa infra-ótima e supra-ótima. Valores nas colunas  $T_b$  (temperatura base) e  $T_C$  (temperatura máxima) representam as projeções das retas na abscissa ( $y=0$ ).**

<i>Racinea aerisicola</i>					
Luz					
Faixa	Fração	Equação ( $y = ax + b$ )	$R^2$	$T_b$	$T_C$
Infra - ótima	10%	$y = 0,00641x - 0,04123$	0,91711	6,4321373	-
	15%	$y = 0,00560x - 0,02915$	0,97457	5,2053571	-
Supra - ótima	10%	$y = - 0,00803x + 0,28928$	0,77333	-	36,02
	15%	$y = - 0,00783x + 0,28245$	0,74970	-	36,07
	20%	$y = - 0,00771x + 0,27752$	0,78888	-	35,99
	25%	$y = - 0,00762x + 0,27409$	0,80481	-	35,97
	30%	$y = - 0,00754x + 0,27069$	0,82860	-	35,90
	35%	$y = - 0,00747x + 0,26768$	0,83898	-	35,83
	40%	$y = - 0,00728x + 0,26106$	0,84544	-	35,86
	45%	$y = - 0,00711x + 0,25318$	0,91638	-	35,61
	50%	$y = - 0,00692x + 0,2460$	0,92485	-	35,55
55%	$y = - 0,00668x + 0,23766$	0,92402	-	35,58	

**Anexo 6: Parâmetros das equações lineares de ajuste de curvas de velocidade de germinação de diferentes frações percentuais de sementes de *Racinea aerisicola*, germinadas na ausência de luz, em função da temperatura, na faixa infra-ótima e supra-ótima. Valores nas colunas  $T_b$  (temperatura base) e  $T_C$  (temperatura máxima) representam as projeções das retas na abscissa ( $y=0$ ).**

<i>Racinea aerisicola</i>					
Escuro					
Faixa	Fração	Equação ( $y = ax + b$ )	$R^2$	$T_b$	$T_C$
Supra - ótima	10%	$y = - 0,00496x + 0,19034$	0,64294	-	38,38
	15%	$y = - 0,00497x + 0,18903$	0,69710	-	38,03
	20%	$y = - 0,00501x + 0,18828$	0,76821	-	37,58