

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TEMPERATURA BASE, CRESCIMENTO E  
DESENVOLVIMENTO DE CRAMBE (*Crambe  
abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Tatiani Reis da Silveira**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2012**

**TEMPERATURA BASE, CRESCIMENTO  
E DESENVOLVIMENTO DE CRAMBE (*Crambe abyssinica*  
Hochst ex R.E. Fries)**

**Tatiani Reis da Silveira**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial, para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

**Orientador: Prof. Sidinei José Lopes**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2012**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silveira, Tatiani Reis Da

Temperatura base, crescimento e desenvolvimento de crambe (Crambe abyssinica Hochst ex R.E. Fries) / Tatiani Reis Da Silveira.-2012.

67 f.; 30cm

Orientador: Sidinei José Lopes

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2012

1. Crambe abyssinica 2. temperatura base 3. Soma térmica 4. análise de crescimento 5. análise de desenvolvimento I. Lopes, Sidinei José II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**TEMPERATURA BASE, CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE  
CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)**

elaborado por  
**Tatiani Reis da Silveira**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. (UFSM)**

---

**Leandro Homrich Lorentz, Dr. (UNIPAMPA)**

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2012.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela dádiva da vida e por, em muitos momentos aflitivos, proporcionar-me a sua paz e a serenidade para enfrentar os obstáculos que surgiram e superar os desafios.

Ao meu pai Abrahão Moreira da Silveira e minha mãe Loreci dos Reis Schmidt pela educação, confiança, amor, carinho e dedicação.

Aos meus irmãos Odilon, Ceneri, Juarez e Eliane pelo incentivo, amizade, carinho, por serem meus conselheiros e, de certa forma, por me protegerem.

Ao meu noivo Edemar pelo amor, carinho, compreensão, por ter sido companheiro e ajudar em todas as fases do trabalho desde os trabalhos de campo até ficar acordado ao meu lado nas madrugadas em que eu escrevia.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa iniciação científica.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Sidinei José Lopes, pelos ensinamentos, amizade, e compreensão, pois muitas vezes atendeu-me em domingos e horários alternativos e nem por isso mostrou-se menos atencioso.

As minhas colegas e amigas Betania Brum, Djeimi Isabel Janisch, Mara Grohs e Katiule Pereira Moraes pelo companherismo, amizade, carinho, e pela parceria de todos os momentos.

Aos bolsistas Ismael Albino Schwantes, Pedro Hernandez Padilha e Fernando Henrique Baldissera Casagrande pela amizade e a ajuda na realização dos trabalhos de campo.

Enfim, a todos que estiveram presentes direta ou indiretamente nesta fase de minha vida e que contribuíram para a realização deste trabalho:

**Muito Obrigada!**

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **TEMPERATURA BASE, CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)**

AUTORA: TATIANI REIS DA SILVEIRA

ORIENTADOR: Dr. SIDINEI JOSÉ LOPES

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2012.

O crambe é uma oleaginosa que pertence a família das Brassicaceae, é considerada uma cultura de inverno, com boa tolerância a geadas. No Estado do Rio Grande do Sul, faltam informações sobre o crescimento, desenvolvimento e adaptação do crambe, fato que limita a adoção da cultura pelos produtores. O conhecimento da soma térmica e da temperatura base permite dimensionar o ciclo das culturas, ajudando na definição da data de semeadura e o momento correto da realização das práticas de manejo. Sendo assim, o presente trabalho visa avaliar e caracterizar o crescimento e o desenvolvimento do crambe, determinar a soma térmica durante o ciclo e estimar através de diferentes métodos a temperatura base para a cultivar FMS Brilhante. Conduziu-se um experimento na Universidade Federal de Santa Maria, nos anos de 2010 e 2011, nas seguintes épocas de semeadura: 10/06/2010, 05/07/2010, 03/08/2010, 19/08/2010, 09/09/2010, 17/09/2010, 18/02/2011, 06/04/2011, 28/04/2011, onde avaliou-se duas vezes por semana o estágio fenológico a altura e o número de folhas de 20 plantas de cada época. Utilizando dados de temperaturas diários, calculou-se a temperatura base para os subperíodos semeadura-emergência, emergência-florescimento, florescimento-frutificação, frutificação-maturação e emergência-maturação, pelos métodos tradicionais: menor desvio em graus-dia, menor desvio padrão em dia, X-intercepto, coeficiente de variação em graus-dia, coeficiente de variação em dias e coeficiente de regressão; por métodos modificados por Yang et al.(1995), que são: desvio em graus-dia, menor desvio padrão em dia, coeficiente de variação em graus-dia e coeficiente de regressão; e por novos métodos propostos: pseudo-sigma e pseudo-sigma em dias. Os métodos estimaram com maior precisão subperíodos maiores, sendo a temperatura base média para o subperíodo emergência maturação de 4,5°C. O crescimento tanto em altura quanto em número de folhas é baixo até os 300°dias, a partir de então as plantas apresentaram crescimento rápido das variáveis até cerca dos 900° dias, quando a altura estabiliza e o número de folhas decresce em razão da senescência.

**Palavras-chave:** *Crambe abyssinica*, temperatura base, soma térmica, análise de crescimento.

## ABSTRACT

Master thesis  
Pos-Graduation Program in  
Federal University of Santa Maria

### **BASED TEMPERATURE, GROWTH AND DEVELOPMENT OF CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex RE Fries)**

AUTHOR: TATIANI REIS DA SILVEIRA

ADVISER: Prof. Dr. SIDINEI JOSÉ LOPES

Place and Date of the defense: Santa Maria, 28<sup>th</sup> February, 2012.

The crambe is an oilseed that belongs to the Brassicaceae family, is considered a winter crop, with good tolerance to frost. In the state of Rio Grande do Sul, missing information on the growth, development and adaptation of crambe, which limits the adoption by producers of culture. The knowledge of thermal and base temperature scale allows the crop cycle, helping to define the sowing date and correct timing of the implementation of management practices. Thus, this study aims to evaluate and characterize the growth and development of crambe, to determine the thermal over the cycle and by different methods to estimate the base temperature for the cultivar Brilliant FMS. An experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria, in the years 2010 and 2011, the following sowing dates: 06/10/2010, 07/05/2010, 08/03/2010, 08/19/2010, 09/09/2010, 09/17/2010, 02/18/2011, 04/06/2011, 04/28/2011, which was evaluated twice a week the phenological stage of the height and number of leaves of 20 plants each time. Using daily temperature data, we calculated the basis for the subperiods temperature sowing-emergence, emergence, flowering, fruiting, flowering, fruit-maturation and maturation-emergence, by traditional methods: a smaller deviation in degree-days, the lower standard deviation days, X-intercept, coefficient of variation in degree-day coefficient of variation in days and the regression coefficient; by methods modified by Yang et al. (1995), which are offset in degree-days, lower standard deviation in days, coefficient of variation in degree-days and the regression coefficient, and proposed new methods: pseudo-pseudo-sigma and sigma in days. The method estimated more accurately subperiods higher, with the temperature average basis for emergency subperiod maturation of 4.5 ° C. The increase both in height and in the number of sheets is down to 300 ° days, thereafter the plants grew faster variable up to about 900 ° days, when the stabilizing time and the number of sheets decreases because of senescence.

**Key words:** *Crambe abyssinica*, base temperature, thermal, growth analysis.

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO I - TEMPERATURA BASE DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)**

- Tabela 1- Ranqueamento das épocas de semeadura do crambe. Santa Maria,RS/Brasil, 2010/2011.....23
- Tabela 2 - Data de semeadura, temperatura média (°C), precipitação (mm), ciclo (dias) e soma térmica (ST), do período emergência- maturação ad cultivar FMS Brilhante de crambe. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....24
- Tabela 3- Duração média (dias), temperatura média (°C), e temperatura base (°C), para os subperíodos semeadura-emergência (S-E); emergência-florescimento (E-Flor); florescimento-frutificação (Flor-Frut); frutificação-maturação (Frut-Mat); emergência- maturação (E-Mat). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....25

### **CAPÍTULO II - MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)**

- Tabela 1- Soma térmica (°dias), altura média (cm) e n° médio de folhas, no florescimento e na frutificação e rendimento (Kg ha<sup>-1</sup>) do crambe.Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....45

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I - TEMPERATURA BASE DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)

- Figura 1- Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo semeadura-emergência, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E – Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em Dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H –Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....27
- Figura 2- Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo emergência-florescimento, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E – Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ) Modificado ( $DP_{dia} Ps$ ), F - Desvio Padrão em Dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....29
- Figura 3- Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo florescimento-frutificação, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E –Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....30
- Figura 4 – Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo frutificação-maturação, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E – Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em Dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....32
- Figura 5- Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo emergência-maturação, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E – Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em Dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....34

## **CAPÍTULO II - MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)**

- Figura 1- Altura de planta (cm), da época de semeadura 10/06/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....45
- Figura 2- Altura de planta (cm), da época de semeadura 05/07/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a pré-colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....46
- Figura 3- Altura de planta (cm), da época de semeadura 03/08/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....46
- Figura 4- Altura de planta (cm), da época de semeadura 19/08/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....47
- Figura 5- Altura de planta (cm), da época de semeadura 09/09/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....47
- Figura 6- Altura de planta (cm), da época de semeadura 17/09/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....48
- Figura 7- Altura de planta (cm), da época de semeadura 18/02/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.....48
- Figura 8- Altura de planta (cm), da época de semeadura 06/04/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.....49
- Figura 9- Altura de planta (cm), da época de semeadura 28/04/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.....49
- Figura 10- Número de folhas por planta, das plantas de crambe avaliada da época de semeadura 10/06/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....50
- Figura 11- Número de folhas por planta, de crambe avaliada da época de semeadura 05/07/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a pré-colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....50

Figura 12- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 03/08/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....	51
Figura 13- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 19/08/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010. ....	51
Figura 14- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 09/09/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....	52
Figura 15- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 17/09/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.....	52
Figura 16- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 18/02/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.....	53
Figura 17- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 06/04/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.....	53
Figura 18- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 28/04/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.....	54

## LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice A- Temperaturas bases candidatas ( $T_b$ ), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de semeadura-emergência, considerando dez épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....69
- Apêndice B- Temperaturas bases candidatas ( $T_b$ ), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de emergência-florescimento, considerando dez épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....70
- Apêndice C- Temperaturas bases candidatas ( $T_b$ ), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de florescimento-frutificação, considerando nove épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....71
- Apêndice D- Temperaturas bases candidatas ( $T_b$ ), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de frutificação-maturação, considerando nove épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....72
- Apêndice E- Temperaturas bases candidatas ( $T_b$ ), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de emergência-maturação, considerando nove épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.....73

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 CAPÍTULO I - TEMPERATURA BASE DE CRAMBE (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst ex R.E. Fries) .....</b>	<b>16</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>17</b>
<b>Material e Métodos .....</b>	<b>18</b>
<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>22</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>36</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>37</b>
<b>3 CAPÍTULO II - MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO CRAMBE (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst ex R.E. Fries) .....</b>	<b>40</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>41</b>
<b>Material e Métodos .....</b>	<b>42</b>
<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>43</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>54</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>54</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>57</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O *Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries (crambe) é uma espécie originária do Mediterrâneo, pertencente à família das *Brassicaceae*. É uma cultura de inverno, altamente resistente à seca e tolerante à geada (SANTOS et al., 2008). Possui um crescimento e produção em ciclo curto, variando entre 83 a 105 dias (FALASCA et al., 2010). É considerada uma cultura, com potencial para a produção industrial de biocombustíveis, pelo elevado potencial lubrificante, visto que, o teor de óleo, em sua composição, pode chegar a 38% (PITOL, 2008). O óleo de crambe possui um alto teor de ácido erúico, de 50 a 60% (MEIJER et al., 1999; FALASCA et al., 2010). O ácido erúico é um ácido graxo cristalino ( $C_{22}H_{42}O_2$ ), encontrado na forma de glicerídeos, e, indesejável em óleo destinado à alimentação (EMBRAPA, 2010), mas tem potencial industrial como lubrificante, inibidor da corrosão, surfactante, entre outros (MEIJER et al., 1999).

No Brasil, o crambe é essencialmente cultivado na região centro-oeste, na época da safrinha. As plantas cultivadas em regiões diferentes, embora na mesma época de cultivo, apresentam crescimento desigual devido, entre outros motivos, à variação nas temperaturas. Soma térmica é uma medida de tempo biológico que leva em conta o efeito da temperatura nos processos biológicos da planta, e assim, é uma medida de tempo mais realística do que o tempo expresso em dia do calendário civil (GILMORE; ROGERS, 1958; RUSSELE et al., 1984; YIN et al., 1995; STRECK, 2002).

O número de dias nem sempre é uma estimativa precisa do ciclo de vida das plantas, pois não leva em consideração o principal elemento que comanda o crescimento e desenvolvimento das plantas, que é a temperatura (BRUNINI et al., 1976). Por isso, tem-se utilizado a soma térmica que a planta necessita para completar um subperíodo ou todo o ciclo para caracterizar o ciclo de vida das plantas, e esta é assumida como constante e independente do local ou da época de semeadura. O cálculo da soma térmica leva em consideração a temperatura média do ar, e a temperatura base ( $T_b$ ) da cultura, sendo esta última, definida como sendo a temperatura abaixo da qual o crescimento e desenvolvimento da planta é

paralisado e, se houver, será em quantidade extremamente reduzida (BRUNINI et al., 1976; VILLA NOVA et al., 2007).

Na literatura, para a cultura do crambe, identificam-se diferentes valores de temperatura base, com uma amplitude de 9,2°C. Adamsen; Coffelt (2005) visando observar o efeito da data de semeadura na floração, utilizaram para a cultivar Meyer de crambe a Tb de 0°C. Kmec et al. (1998), em trabalho desenvolvido no norte do Estado de Dakota, encontraram para esta mesma cultivar uma Tb de 2,5°C. Meijer et al. (1996), Falasca et al. (2010) citam que a temperatura base do crambe no período vegetativo é de 6,8°C e, ainda, Pilau et al. (2011) estimou uma Tb média de 9,2°C, para a cultivar FMS Brilhante. Diferentes espécies vegetais e genótipos dentro de cada espécie, geralmente possuem diferentes valores de Tb, a qual ainda pode variar em função da fase do desenvolvimento (STRECK et al., 2003). Existem vários métodos para a estimativa da temperatura base mínima para o desenvolvimento vegetal (BRUNINI et al., 1998), sendo que cada método pode gerar um valor diferente de temperatura base (MÜLLER et al., 2009).

No Rio Grande do Sul, são escassas as informações sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura do crambe. Assim, torna-se necessário gerar mais informações sobre o desempenho da cultivar, relacionando-as a soma térmica, para que possa ter uma ampla aplicabilidade.

Os objetivos do presente trabalho foram: avaliar a cultivar de crambe FMS Brilhante, pela da caracterização do crescimento e desenvolvimento da cultura e relacionar à soma térmica; estimar a temperatura base, por diferentes metodologias; e calcular a soma térmica requeridas pela cultivar nas diferentes fases fenológicas e em diferentes épocas de semeadura.

## 2 CAPÍTULO I - TEMPERATURA BASE DE CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)

### Based temperature of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst ex RE Fries)

#### Resumo

Com o objetivo de estimar a temperatura base do crambe, conduziu-se um experimento na Universidade Federal de Santa Maria, nos anos de 2010 e 2011, nas seguintes épocas de semeadura: 10/06/2010, 05/07/2010, 03/08/2010, 19/08/2010, 09/09/2010, 17/09/2010, 18/02/2011, 06/04/2011, 28/04/2011, onde avaliou-se duas vezes por semana o estágio fenológico de 20 plantas de cada época. Utilizando dados de temperaturas diários, calculou-se a temperatura base para os subperíodos semeadura-emergência, emergência-florescimento, florescimento-frutificação, frutificação-maturação e emergência-maturação, pelos métodos tradicionais: menor desvio em graus-dia, menor desvio padrão em dia, X-intercepto, coeficiente de variação em graus-dia, coeficiente de variação em dias e coeficiente de regressão; por métodos modificados por Yang et al.(1995), que são: desvio em graus-dia, menor desvio padrão em dia, coeficiente de variação em graus-dia e coeficiente de regressão; e por novos métodos propostos: pseudo-sigma e pseudo-sigma em dias. Os métodos menor desvio padrão (tradicional) em graus-dia, pseudo-sigma e pseudo-sigma em dias não conseguiram estimar a  $T_b$  para a maioria dos subperíodos, já os métodos modificados por Yang et al. (1995), menor desvio padrão em graus-dia e em dias superestimaram o valor da  $T_b$ . Na média a  $T_b$  para os subperíodos semeadura-emergência, emergência-florescimento, florescimento-frutificação, frutificação-maturação e emergência-maturação foram, respectivamente: -3,14 °C; -0,64 °C; 6,19 °C; 2,22 °C e 4,5 °C.

**Palavras chave:** crambe, soma térmica, desenvolvimento vegetal, temperatura base, graus-dia

#### Abstract

In order to estimate the base temperature of crambe, an experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria, in the years 2010 and 2011, the following sowing dates: 06/10/2010, 07/05/2010, 08/03/2010, 08/19/2010, 09/09/2010, 09/17/2010, 02/18/2011, 04/06/2011, 04/28/2011, which was evaluated twice a week stage phenology of 20 plants each season. Using daily temperature data, we calculated the basis for the subperiods temperature sowing-emergence, emergence-flowering, flowering-fructing, fructing-maturation and maturation-emergency, by traditional methods: a smaller deviation in degree-days, the lower

standard deviation day X-intercept coefficient of variation in degree-days, coefficient of variation in days and regression coefficient, by methods modified by Yang et al. (1995), which are offset in degree-days, the lower standard deviation in days, coefficient of variation in degree-days and the regression coefficient, and proposed new methods: pseudo-pseudo-sigma and pseudo-sigma in days. The methods lower standard deviation (traditional) in degree-days, and pseudo-sigma pseudo-sigma days failed to estimate the most  $T_b$  subperiods, since the methods modified by Yang et al. (1995), smaller standard deviation in degree-days and days overestimated the value  $T_b$ . On average  $T_b$  for subperiods sowing-emergence, emergence, flowering, fruiting, flowering, fruiting and ripening-emergence-ripening were, respectively: -3.14°C, -0.64°C, 6.19°C, 2.22°C and 4, 5°C.

**Key words:** crambe, thermal, plant development, base temperature, degree-days.

## Introdução

A maioria das culturas possui seu ciclo de desenvolvimento controlado pela temperatura. Segundo Brunini et al. (1976), a temperatura do ar é o principal elemento a influenciar o desenvolvimento e crescimento vegetal. Assim, a temperatura deve ser incluída na determinação do tempo vegetal e, uma das melhores maneiras de incluí-la, é utilizando a soma térmica, cuja unidade é o grau-dia (GILMORE JUNIOR; ROGERS, 1958).

O uso de graus-dia admite uma relação linear entre o acréscimo de temperatura do ar e a taxa de desenvolvimento, a qual, apesar das restrições, permite determinar a temperatura base ou mesmo a duração das fases fenológicas da cultura (CAMARGO, 1987). Meijer et al. (1999) constataram que a variação na duração dos estádios na cultura de crambe foram menores quando expressas em graus-dia do que em número de dias, o que prova o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento. Segundo Kmec et al. (1998), a avaliação da soma térmica (GDD) requerida para o crambe ajudará na determinação da época de semeadura e, também, na estimativa da data de colheita.

Todos os processos biológicos respondem à temperatura, e todas as respostas podem ser resumidas em termos de três temperaturas cardiais, ou seja, a

base ou mínima, a ótima e a máxima (YAN et al., 1999). De maneira geral, desconsidera-se a temperatura superior (máxima), pois ela geralmente é elevada e raramente é atingida em campo durante o ciclo de desenvolvimento das culturas e, assim utiliza-se somente a temperatura base inferior (MÜLLER et al., 2009).

Existem diferentes valores de temperatura base e de soma térmica estimados para o crambe (KMEC et al., 1998, FALASCA et al., 2010, MEIJER et al., 1996, PILAU et al., 2011). Para cada espécie vegetal e, mesmo para genótipos dentro de cada espécie, há uma temperatura base inferior, que pode também ser variável em função do estágio fenológico da planta (YANG et al., 1995; STRECK et al., 2003).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a duração em graus-dia de cada fase fenológica; estimar a temperatura base e sugerir metodologias de estimativa de temperatura base.

## **Material e métodos**

Conduziu-se um experimento, em campo, com a cultura de crambe, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS (29°43'S; 53°43'W e altitude de 95m). O clima do local, segundo a classificação climática de Köppen, é Cfa, subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 1999), de textura superficial franco arenosa.

Utilizou-se a cultivar FMS Brilhante, semeada em dezesseis épocas diferentes: 10/06/2010, 05/07/2010, 16/07/2010, 03/08/2010, 19/08/2010, 09/09/2010, 17/09/2010, 01/10/2010, 18/02/2011, 02/03/2011, 16/03/2011, 06/04/2011, 28/04/2011, 18/05/2011, 30/05/2011, 13/06/2011, porém, as épocas semeadas em 16/07/2010, 01/10/2010 e 13/06/2011, não emergiram devido ao excesso de chuva após a semeadura.

Na época do dia 18/05/2011, no momento em que as plantas estavam no florescimento, houve um período chuvoso, aproximadamente 15 dias, em que ocorreu uma precipitação de cerca de 150mm, isso causou a mortalidade de muitas plantas e prejudicou o desenvolvimento de outras, então optou-se por aproveitar

somente as informações coletadas até o estágio de florescimento para aquela época.

As sementes foram semeadas manualmente, na densidade de 12Kg ha<sup>-1</sup>. Anterior a semeadura, procedeu-se a análise química do solo e a partir desta, corrigiu-se o pH do solo para 6,0; na base aplicou-se 30Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; e, em cobertura, 50Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de uréia. O controle de plantas daninhas, durante todo ciclo da cultura, foi realizado através de capinas manuais.

O tamanho de cada parcela foi de 16m<sup>2</sup>, e nesta área observou-se duas vezes por semana, em 20 plantas marcadas, os estádios fenológicos, sendo as datas de emergência, florescimento, frutificação e maturação, consideradas aquelas do dia em que 70% das 20 plantas atingiram estes estádios de desenvolvimento.

A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada por (ARNOLD, 1960):

$$STd = T_{\text{méd}} - T_b \cdot 1 \text{ dia} \quad (1)$$

Em que: T<sub>méd</sub> é a temperatura média diária do ar (°C) obtida a partir da média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diárias do ar, e T<sub>b</sub> é a temperatura basal mínima ou temperatura base (T<sub>b</sub>).

Os dados diários de temperatura do ar, durante o período experimental, foram coletados em estação meteorológica convencional, pertencente ao 8° Distrito de Meteorologia (8° DISME), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada, aproximadamente, a 100m da área experimental.

A soma térmica acumulada (STa, °C dia), a partir da semeadura foi calculada por:

$$STa = \sum STd \quad (2)$$

A T<sub>b</sub> foi estimada pelos seguintes métodos:

(I) método do menor desvio padrão em graus dias (Arnold, 1959)

$$DP_{gdd} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (GDD_i - MGDD)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (3)$$

Em que:  $DP_{gdd}$  = é o menor desvio padrão em graus-dia;  $GDD_i$  = graus-dia do desenvolvimento do i-ésimo dia da sementeira;  $MGDD$  = valor médio dos graus-dia para uma determinada fase (obtido a partir dos dados de todas as épocas de sementeira) e  $n$  = número de épocas.

(II) método do menor desvio padrão em dias (Arnold, 1959):

$$DP_{dia} = \frac{DP_{gdd}}{T - t_b} \quad (4)$$

Em que:  $DP_{dia}$  = desvio padrão em dias;  $DP_{gdd}$  é o menor desvio padrão em graus-dia;  $T$  é a temperatura média de todas as épocas, em °C; e,  $T_b$  é a temperatura-base, em °C.

(III) método do X-intercepto (Arnold, 1959):

$$Y = a + bx, \text{ onde } Y=0 \text{ e } x = -a/b \quad (5)$$

Em que:  $a$  é o coeficiente linear da equação,  $b$  é o coeficiente angular e  $Y$  é a razão de desenvolvimento, ou seja,  $Y = 1/d$ , em que  $d$  = número de dias para um subperíodo.

(IV) método do coeficiente de variação em graus-dia (Nuttonson, 1958):

$$CV_{gdd} = (DP_{gdd} / MGDD) * 100\% \quad (6)$$

Em que:  $CV_{gdd}$  = coeficiente de variação em graus-dia;  $DP_{gdd}$  é o menor desvio padrão em graus-dia;  $MGDD$  = Valor médio dos graus dias para uma determinada fase (obtido a partir dos dados de todos os plantios).

(V) método do coeficiente de variação em dias (Nuttonson, 1958):

$$CV_{dia} = (DP_{dia} / X_d) * 100\% \quad (7)$$

Em que:  $CV_{dia}$  = coeficiente de variação em dias;  $DP_{dia}$  é o menor desvio padrão em dias e  $X_d$  = número médio de dias requerido para alcançar um determinado subperíodo de desenvolvimento.

(VI) Método do coeficiente de regressão (Hoover, 1955):

$$Y_i = a + bT_i, \quad Y_i = (T_i - T_b)d_i \quad (8)$$

Em que:  $Y_i$  = GDD para a  $i$ -ésima sementeira;  $a$  e  $b$  = parâmetros da equação;  $T_i$  = temperatura média para a  $i$ -ésima sementeira, °C;  $d_i$  = número de dias requeridos para um subperíodo de desenvolvimento da  $i$ -ésima sementeira.

(VII) Método do menor desvio padrão em graus-dia (Yang et al., 1995):

$$T_b = \frac{\sum_{i=1}^n T_i d_i \sum_{i=1}^n d_i - n \sum_{i=1}^n d_i^2 T_i}{(\sum_{i=1}^n d_i)^2 - n \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (9)$$

(VIII) Método do menor desvio padrão em dias (Yang et al., 1995):

$$T_b = T - \frac{(\sum_{i=1}^n t_i d_i)^2 - n \sum_{i=1}^n t_i^2 d_i^2}{n \sum_{i=1}^n d_i^2 t_i - n \sum_{i=1}^n t_i d_i \sum_{i=1}^n d_i} \quad (10)$$

(IX) Método do coeficiente de variação em graus-dia (Yang et al., 1995):

$$T_b = \frac{\sum_{i=1}^n T_i d_i^2 \sum_{i=1}^n T_i d_i - \sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i^2 d_i^2}{\sum_{i=1}^n d_i^2 \sum_{i=1}^n T_i d_i - \sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i d_i^2} \quad (11)$$

(X) Método do coeficiente de regressão (Yang et al., 1995):

$$T_b = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot \sum_{i=1}^n d_i T_i - n \sum_{i=1}^n d_i T_i^2}{\sum_{i=1}^n d_i \sum_{i=1}^n T_i - n \sum_{i=1}^n d_i T_i} \quad (12)$$

Em que:  $T_b$  é a temperatura-base inferior, °C;  $T_i$  = temperatura média para a  $i$ -ésima sementeira, °C;  $T$  = temperatura média de todas as sementeiras, °C;  $T_i$  = diferença entre a temperatura média de todas as sementeiras e a temperatura média para o  $i$ -ésima sementeira, °C;  $d_i$  = número de dias requeridos para um subperíodo de desenvolvimento da  $i$ -ésima sementeira; e  $n$  = número de sementeiras.

As  $T_b$  candidatas escolhidas foram de -10 a 15, variando de 0,5 em 0,5°C. Para cada temperatura base candidata, calculou-se a média, a mediana, a variância, o pseudo-sigma e a normalidade para a soma térmica do período.

A  $T_b$  também foi calculada por dois métodos propostos:

(I) Pseudo-sigma (PS): foi calculado para propor uma modificação nos métodos que se utilizavam do desvio-padrão, sendo obtido por:

$$PS = IQR/1,35 \quad (13)$$

Em que: IQR é a amplitude interquartílica (IQR = Q3 - Q1), Q1 e Q3 são o primeiro e terceiro quartis, respectivamente.

(II) Pseudosigma em dias (PS<sub>dia</sub>): modificou-se o método do menor desvio padrão em graus-dia, substituindo o desvio padrão em graus-dia pelo pseudosigma, sendo assim, os métodos modificados são:

$$\text{Pseudo-sigma} = DP_{gdd} \quad (14)$$

$$PS_{dia} = \text{Pseudo-sigma}/T - t_b \quad (15)$$

A normalidade foi testada pelo teste de Anderson-Darling, com o software Action 1.1, já para os demais cálculos utilizou-se o aplicativo Office Excel, 2007.

## Resultados e discussão

De posse dos dados das 12 épocas com ciclo completo, estas foram ranqueadas, considerando as seguintes variáveis: altura e número de folhas no florescimento e na frutificação, produtividade e mortalidade, e as 25% piores foram excluídas. (Tabela 1), restando nove épocas com ciclo completo (10/06/2010, 05/07/2010, 03/08/2010, 19/08/2010, 09/09/2010, 17/09/2010, 18/02/2011, 06/04/2011, 28/04/2011) e a época 18/05/2011 com variáveis coletadas até o florescimento.

Tabela 1- Ranqueamento das épocas de semeadura do crambe. Santa Maria,RS/Brasil, 2010/2011.

Época	Florescimento				Frutificação				Produtividade		Mortalidade		Soma
	Altura (cm)	Ranque	N° Folhas	Ranque	Altura (cm)	Ranque	N° Folhas	Ranque	g/planta	Ranque	N° plantas	Ranque	
10/06/2010	18,45	8,00	20,42	10,00	38,80	10,00	47,50	12,00	2,32	12,00	5,00	-3,00	49,00
05/07/2010	23,55	9,00	19,53	8,00	33,26	8,00	30,39	9,00	2,16	11,00	6,00	-4,00	41,00
03/08/2010	19,90	9,00	21,31	12,00	22,42	5,00	24,50	6,00	2,24	10,00	6,00	-4,00	38,00
19/08/2010	15,95	6,00	22,26	13,00	25,65	6,00	28,84	8,00	1,74	7,00	1,00	-1,00	39,00
09/09/2010	13,27	4,00	17,70	6,00	21,34	4,00	35,46	11,00	2,09	9,00	6,00	-4,00	30,00
17/09/2010	11,43	1,00	19,94	9,00	19,27	3,00	30,83	10,00	1,76	8,00	8,00	-6,00	25,00
18/02/2011	13,53	5,00	21,06	11,00	16,84	1,00	25,00	7,00	1,19	6,00	7,00	-5,00	25,00
02/03/2011	12,46	3,00	17,87	7,00	31,33	7,00	17,54	4,00	0,86	5,00	8,00	-6,00	20,00
16/03/2011	26,42	10,00	9,93	2,00	41,07	11,00	18,60	5,00	0,62	2,00	10,00	-7,00	23,00
06/04/2011	27,96	11,00	10,20	3,00	46,02	12,00	17,00	3,00	0,39	1,00	0,00	0,00	30,00
28/04/2011	34,54	12,00	16,08	5,00	35,72	9,00	7,60	1,00	0,65	3,00	4,00	-2,00	28,00
30/05/2011	11,57	2,00	9,69	1,00	18,00	2,00	12,61	2,00	0,76	4,00	12,00	-8,00	3,00

Na tabela 2, são apresentados dados referentes ao período emergência-maturação da cultura do crambe. A temperatura média do período (18,25°C) foi favorável a cultura, pois, Roscoe (2010) afirma que temperaturas do ar menores do que 25°C, principalmente na fase vegetativa aumentam o potencial produtivo da cultura. Quanto a média de precipitações (365,61mm), o mesmo autor afirma que a espécie necessita um total de 150 a 200mm de água para completar o ciclo da semeadura ao florescimento, e que o excesso de chuva é favorável ao aparecimento de doenças.

Falasca et al. (2010) afirma que a cultura se desenvolve bem em regiões com precipitação média anual variando de 350 mm a 1200 mm. No geral, pode-se observar que o excesso de chuva alongou o ciclo da cultura, uma vez que as épocas de semeadura com ocorrência de maior volume de precipitação (10/06/2010 e 06/04/2011) foram as que apresentaram maior ciclo (109 e 136 dias, respectivamente) e, a época que apresentou menor precipitação (17/09/2010) foi também a que apresentou menor ciclo (79 dias). A duração do ciclo em dias foi semelhante a constatada por Pilau et al. (2011), que verificaram uma duração variando de 74 a 136 dias para o subperíodo emergência maturação.

A soma térmica necessária para completar o ciclo variou entre as épocas de 1213,98 °C dia a 1481,08 °C dia, uma diferença de 267,10 °C dia. Considerando uma  $T_b$  de 4,5°C (Tabela 3), e temperatura média de 18,25°C, tem-se uma diferença de cerca de 20 dias. Quando se considera somente o ciclo em dias, a diferença chega a 57 dias (épocas 06/04/2011 e 17/09/2010), o que confirma que a

temperatura tem grande efeito no desenvolvimento vegetal (BRUNINI et al., 1976). Embora haja grande diferença em número de dias, em soma térmica a diferença é pequena, o que indica que nas épocas semeadas no primeiro semestre do ano de 2011 a temperatura foi menor, ou seja, as plantas acumularam menos soma térmica por dia.

Tabela 2- Data de semeadura, temperatura média (°C), precipitação (mm), ciclo (dias) e soma térmica (ST), do período emergência- maturação da cultivar FMS Brilhante de crambe. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.

Semeadura	T média	Precip. (mm)	Ciclo (dias)	S T (°dias)
10/06/2010	16,66	539,50	109,00	1235,08
05/07/2010	17,35	354,30	101,00	1213,98
03/08/2010	19,26	315,10	87,00	1244,69
19/08/2010	19,48	365,50	87,00	1271,14
09/09/2010	20,70	245,20	84,00	1344,88
17/09/2010	21,06	236,40	79,00	1272,08
18/02/2011	19,82	284,70	95,00	1476,75
06/04/2011	14,82	502,10	136,00	1481,08
28/04/2011	15,11	447,70	122,00	1276,28
Média	18,25	365,61	100,00	1312,88
CV (%)	12,83	29,97	19,11	7,68

Na Tabela 3, pode-se observar o comportamento dos diferentes métodos em cada subperíodo. Os métodos propostos, Pseudo-sigma e Pseudo-sigma em dias, apresentaram resultados muito diferentes aos demais métodos. O método pseudo-sigma somente encontrou valor de  $T_b$  para o subperíodo frutificação-maturação, sendo o valor (11,5°C), muito superior aos valores encontrado nos demais métodos, o mesmo ocorreu no método do pseudo-sigma dias, que encontrou uma  $T_b$  de 10°C, enquanto que a média das  $T_b$  calculada pelos outros métodos foi de 2,22°C (Tabela 2). Porém, estes resultados corroboram com os encontrados por Pilau et al. (2011), que verificaram uma  $T_b$  de 10°C, para o método menor desvio padrão em dias, e 9,2°C para o método desenvolvimento relativo considerando o subperíodo início florescimento ao final do florescimento.

Tabela 3- Duração média (dias), temperatura média (°C), e temperatura base (°C), para os subperíodos semeadura-emergência (S-E); emergência-florescimento (E-Flor); florescimento-frutificação (Flor-Frut); frutificação-maturação (Frut-Mat); emergência- maturação (E-Maet), cultivar FMS Brilhante de crambe. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.

	S-E	E-Flor	Flor-Frut	Frut-Mat	E-Mat
Duração média (dias)	12,00	55,00	13,00	32,00	100,00
Temperatura média (°C)	17,87	17,11	18,50	18,78	18,25
Temperatura Base (°C)					
DPgdd	–	–	–	–	6,50
Dpdia	-2,00	-0,50	7,50	4,00	4,50
CVgdd	-2,50	-1,00	5,00	3,00	4,00
CV dia	-2,00	-0,50	7,50	4,00	4,50
X intercepto	-5,97	-0,36	6,45	-7,00	4,57
CR	-3,50	-0,50	6,00	-0,50	5,00
Pseudo-sigma	–	–	–	11,50	–
PS dia	–	–	–	10,00	3,00
Yang et al. (1995)					
DPgdd	7,43	7,41	14,92	13,07	5,22
DP dia	15,11	14,92	15,86	15,33	16,04
CVgdd	-2,41	-1,05	4,9	3,19	4,51
CR	-3,59	-0,58	5,99	-0,4	4,42
*Média	-3,14	-0,64	6,19	2,22	4,50
CV (%)	44,84	42,15	17,01	95,02	6,49

\* A média não considera os métodos DPgdd e DP dia modificados por Yang e os métodos DPgdd, pseudosigma e PS dia, e no subperíodo Frut-Mat, desconsidera também o x intercepto.

O método  $DP_{gdd}$  também não encontrou valor de  $T_b$  para a maioria dos subperíodos, com exceção do subperíodo emergência-maturação. O comportamento deste método pode ser verificado nas figuras 1A, 2A, 3A, 4A, e 5 A, nas quais pode-se observar uma diminuição no valor do desvio-padrão, quando o valor da  $T_b$  candidata aumenta.

A  $T_b$  dos subperíodos semeadura-emergência e emergência-florescimento foram negativas para a maioria dos métodos (Figura 1 e 2;). Massignan; Angelocci (1993) também encontraram valores negativos de  $T_b$  para o girassol no subperíodo floração-colheita e atribuíram a baixa correlação entre a temperatura do ar e a duração do subperíodo. Essa baixa correlação pode ser vista na figura 1G, 2G, 3G,

e 4G, em que, o coeficiente de determinação da regressão entre a razão de desenvolvimento e a temperatura média, foi de apenas 0,39; 0,44; 0,07; e 0,14. A correlação é influenciada pela duração do subperíodo, pois o subperíodo emergência-maturação, o qual teve uma duração média de 100 dias (Tabela 3, Figura 5 G) apresentou uma alta correlação com a temperatura, isso também pode ser visto nos resultados encontrados na cultura do milho por Andrada (2004).

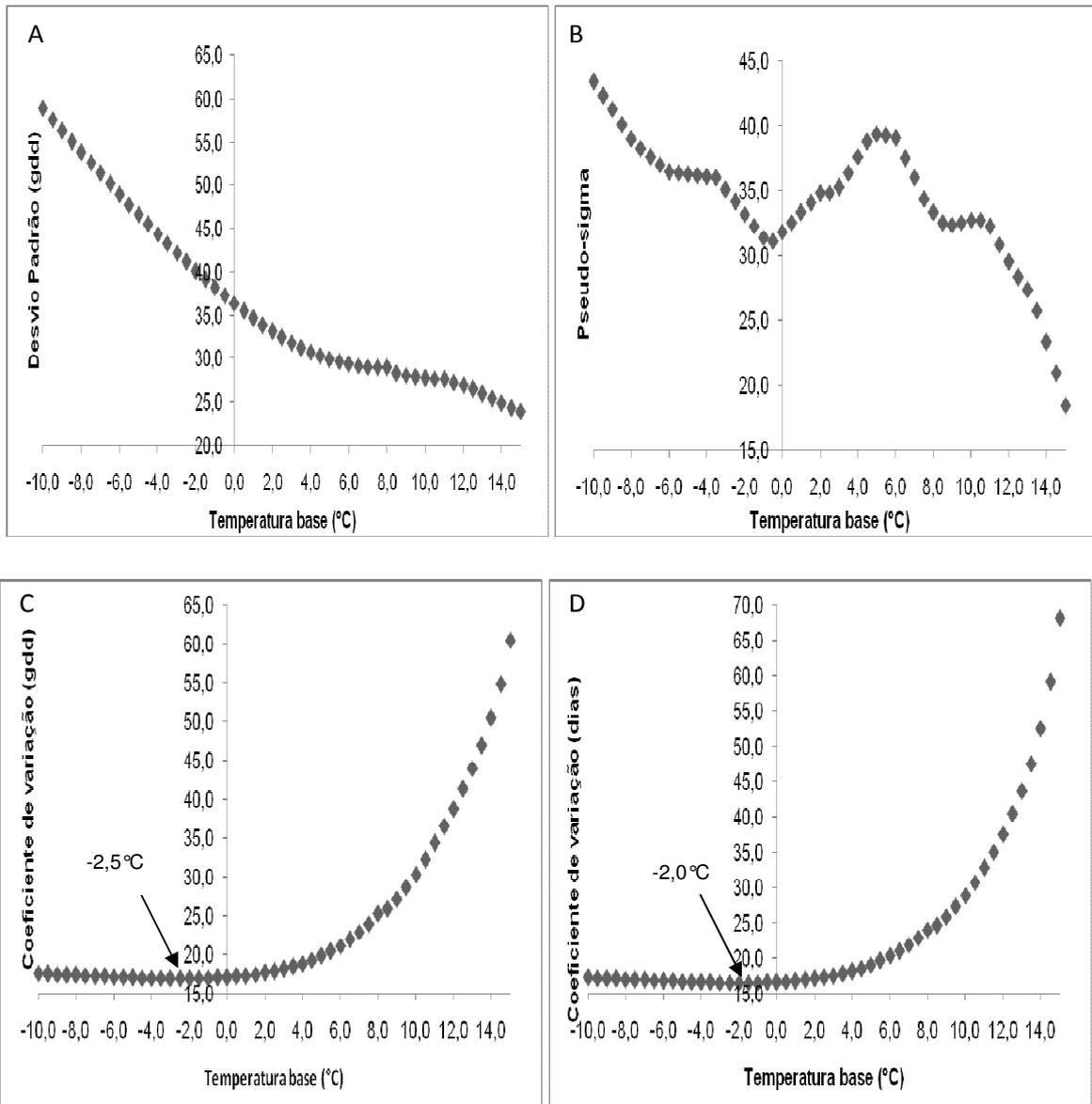
Com os métodos  $DP_{gdd}$ , pseudo-sigma e  $PS_{dia}$ , não se encontrou um valor de temperatura base para a maioria dos subperíodos, com exceção do subperíodo frutificação-maturação e emergência-maturação (Figura 4B, 4E, 5A e 5E; Tabela 2). Vieira et. al. (1992) também não conseguiu calcular a  $T_b$  para a cultura do pepino nos subperíodos reprodutivos e, atribuiu ao não atendimento das pressuposições do modelo matemático graus-dia: linearidade entre temperatura média do ar e crescimento do vegetal; igualdade de efeitos de temperatura diurna e noturna; existência de uma única temperatura basal para o cultivo da espécie em determinado local; e, constância dos valores de graus-dia obtidos entre diferentes localidades.

Os métodos modificados por Yang et al. (1995),  $PD_{gdd}$  e  $DP_{dia}$ , apresentaram valores de  $T_b$  muito superiores aos demais. Segundo Andrada (2004) isso acontece porque estes métodos apresentam em sua estrutura, somente as variáveis de duração do subperíodo e temperatura do ar e são extremamente dependentes da correlação entre estes.

Para o subperíodo emergência-maturação, os métodos encontraram valores de  $T_b$  mais próximos entre si, sendo que somente um método não obteve a  $T_b$ , o pseudo-sigma. Para este subperíodo, inclusive o método  $DP_{gdd}$  modificado por Yang et. al. (1995), estimou satisfatoriamente a  $T_b$ . Isso sugere que os métodos apresentam melhor desempenho quando estimam  $T_b$  para subperíodos maiores. Fagundes et al. (2010) não conseguiu calcular a  $T_b$  para alguns subperíodos de desenvolvimento da *Aspilia montevidensis* (mal-me-quer amarelo) e atribuiu à pequena duração dos subperíodos e a pequena variação de temperatura do ar nas diferentes épocas de cultivo.

Os resultados apresentados na tabela 3 e nas figuras 1, 2, 3, 4, e 5, mostram que a cultura de crambe é tolerante às baixas temperaturas, principalmente no período de semeadura-emergência ( $T_b = -3,14^\circ\text{C}$ ) e no período vegetativo ( $T_b = -$

0,64°C), sendo mais sensível no período reprodutivo ( $T_b = 6,19^\circ\text{C}$ ), considerando o ciclo total, a partir da emergência da cultura, a  $T_b$  média é de 4,5, esse valor é  $2^\circ\text{C}$  superior ao encontrado por Kmec et al. (1998) e  $4,7^\circ\text{C}$  inferior a  $T_b$  média relatada por Pilau et al. (2011).



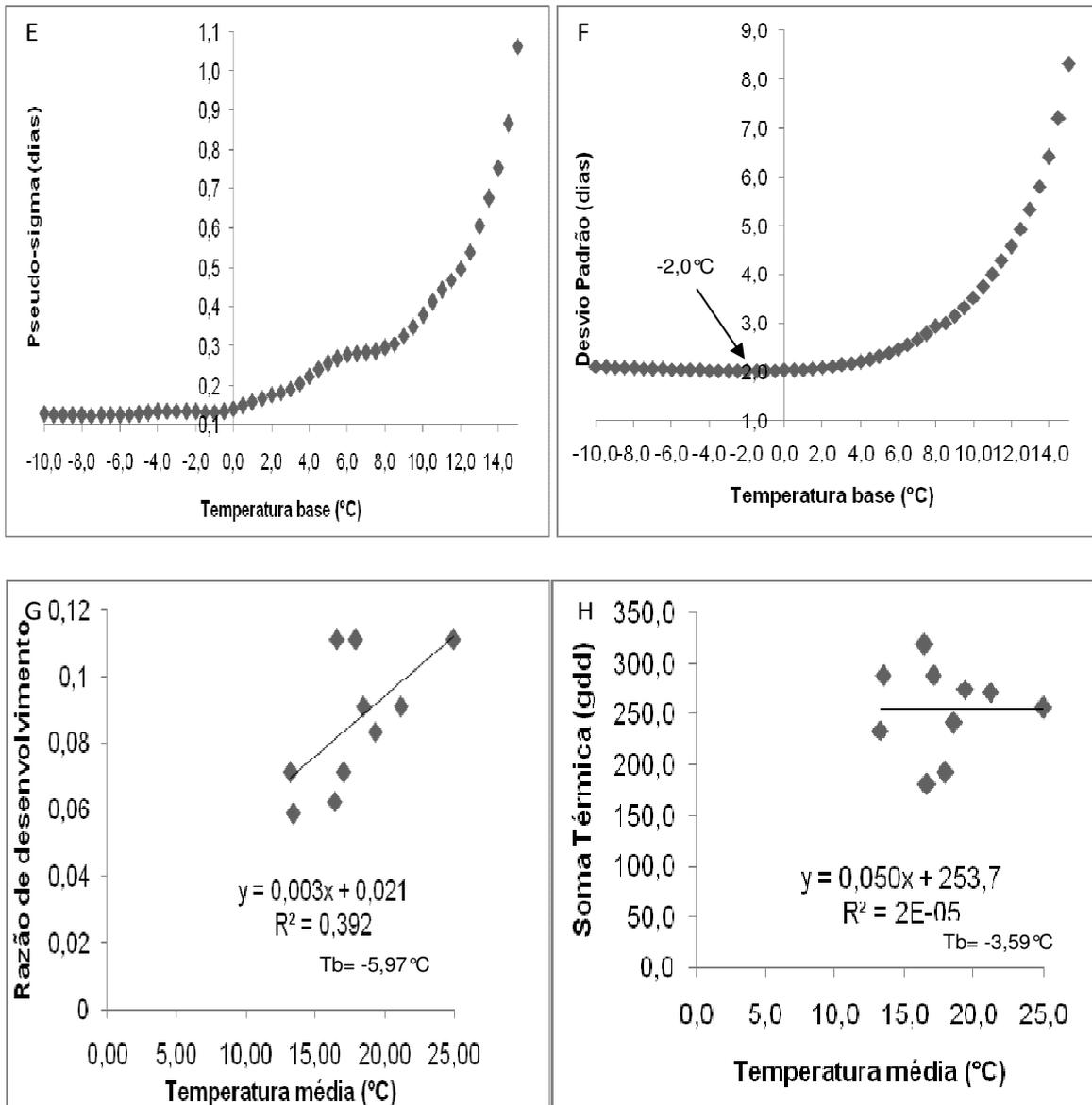
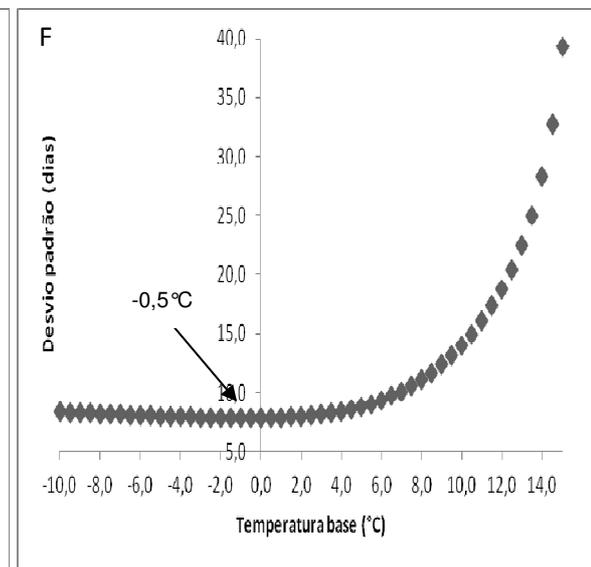
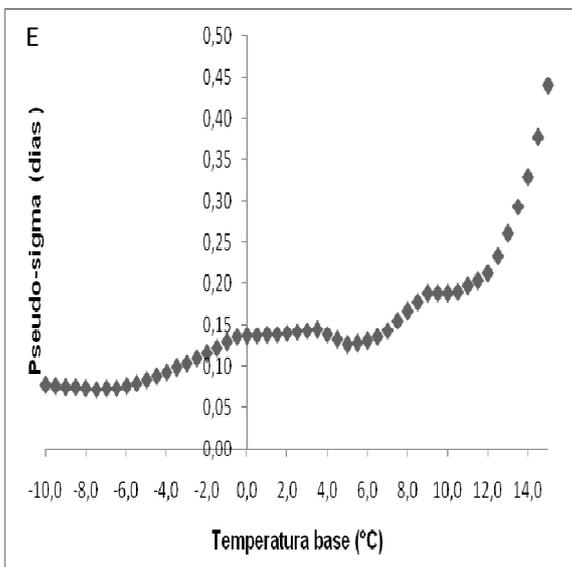
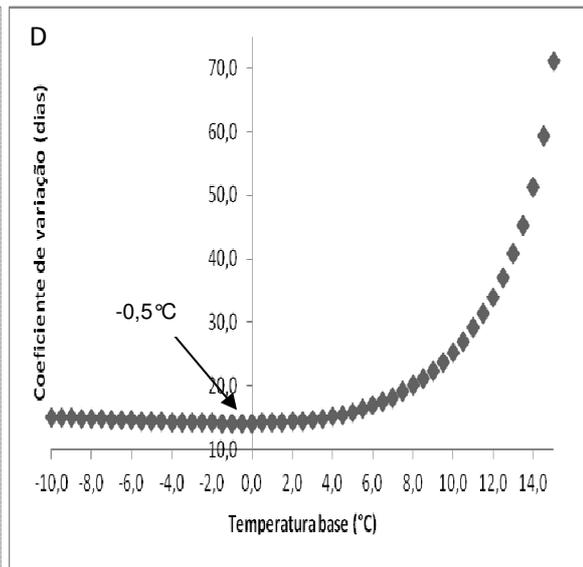
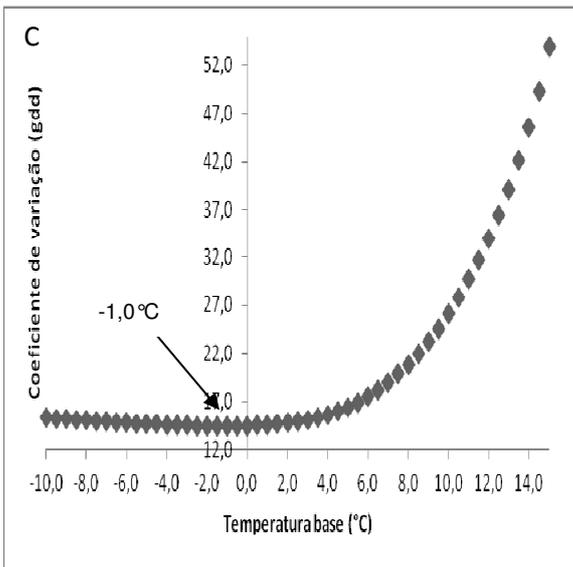
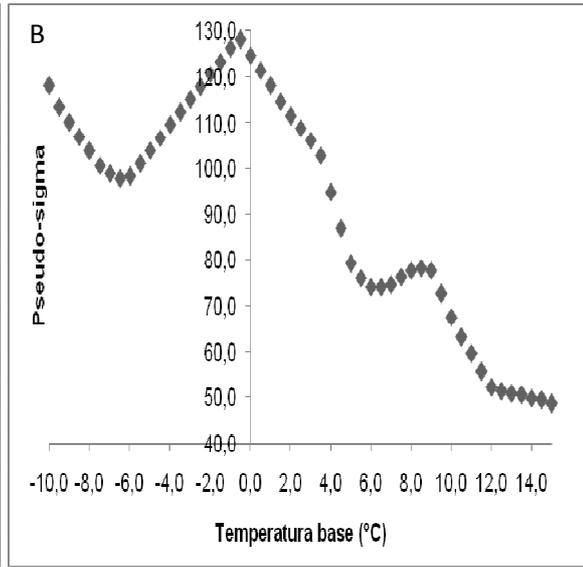
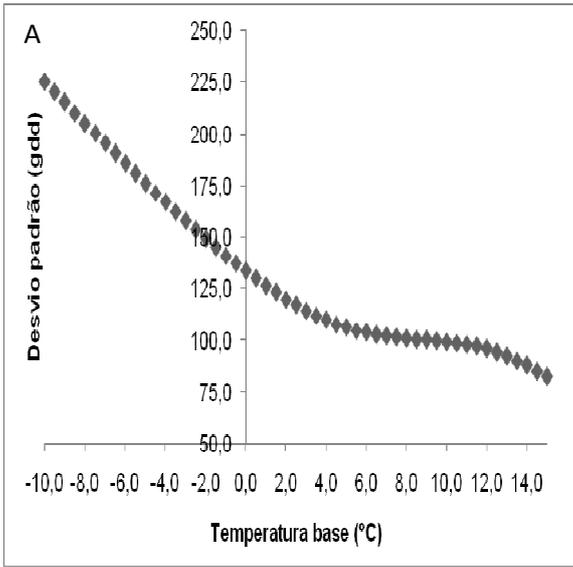


Figura 1- Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo semeadura-emergência, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E - Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em Dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.



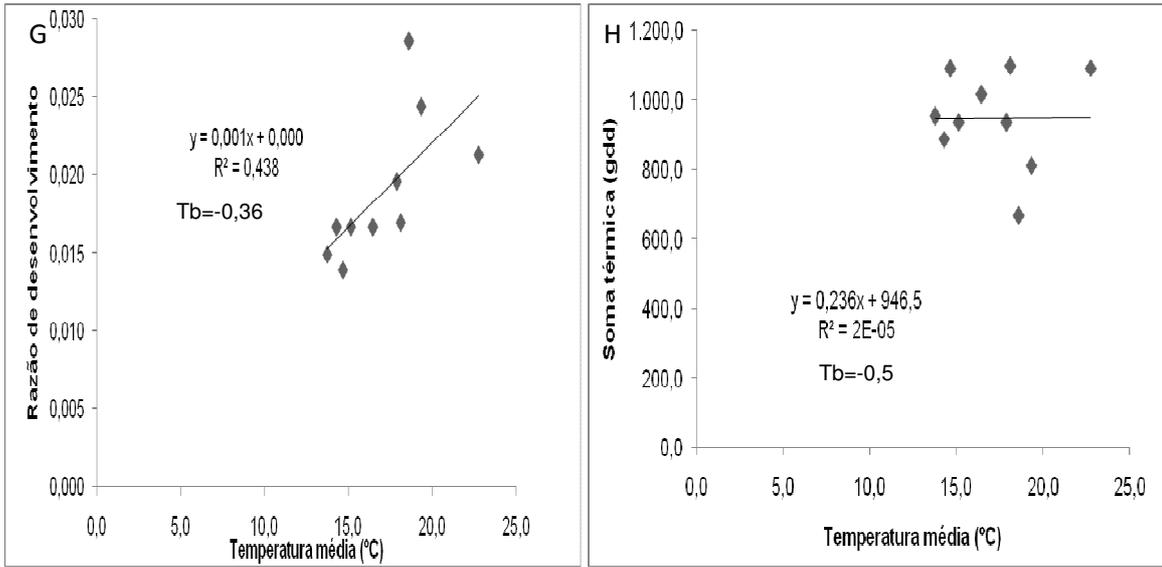
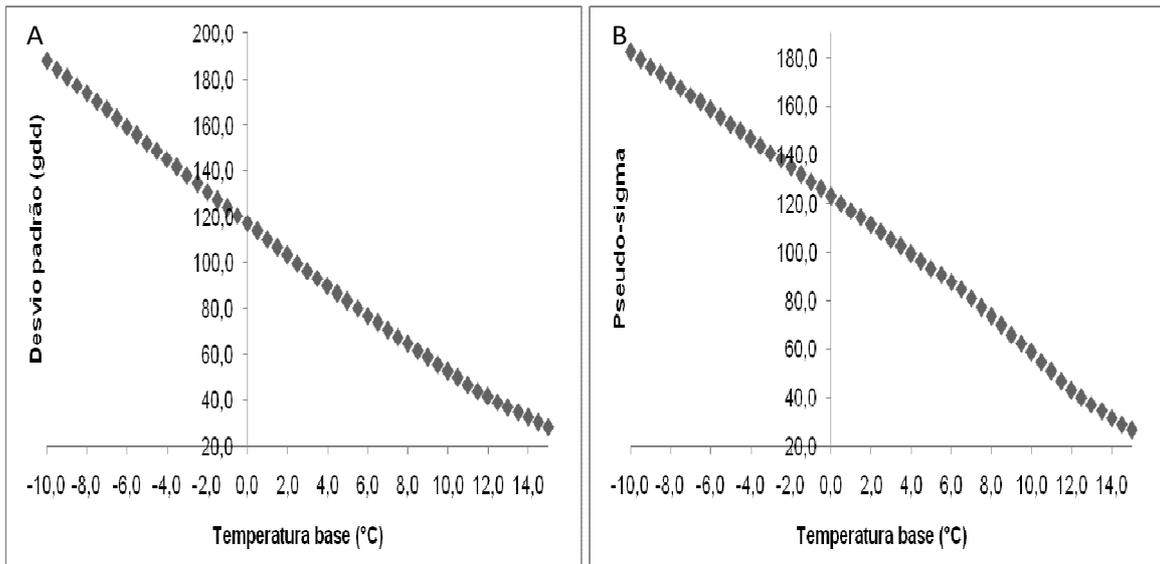


Figura 2- Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo emergência-florescimento, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E - Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em Dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.



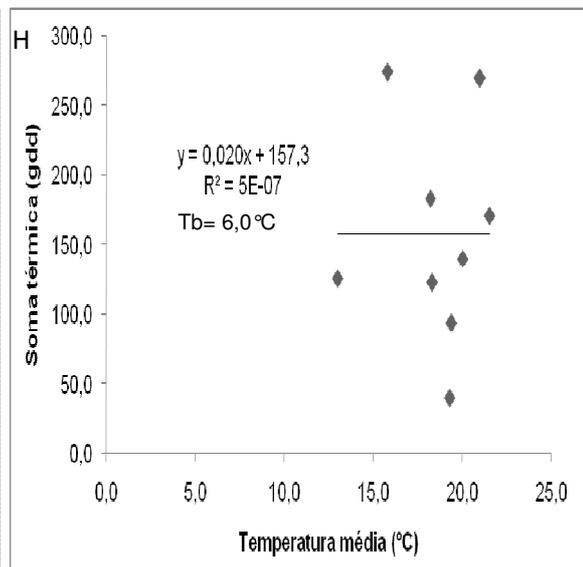
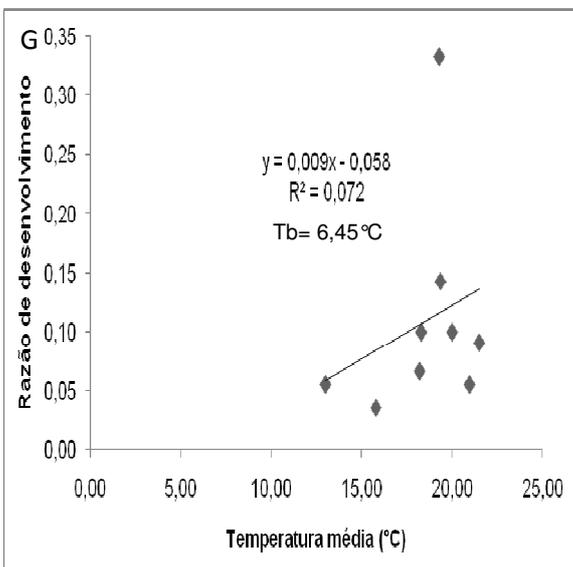
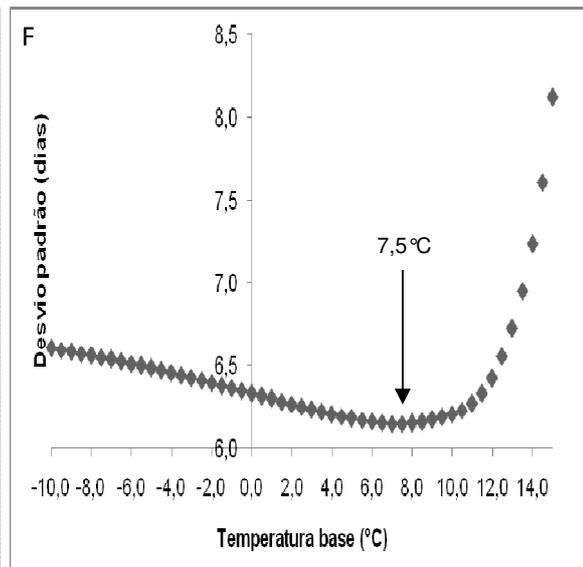
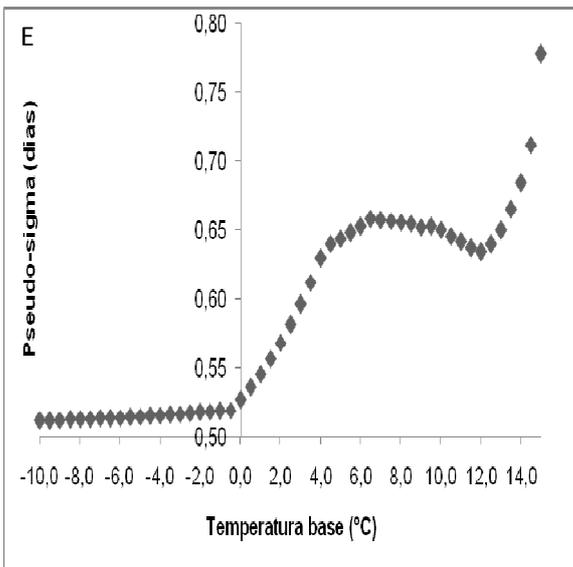
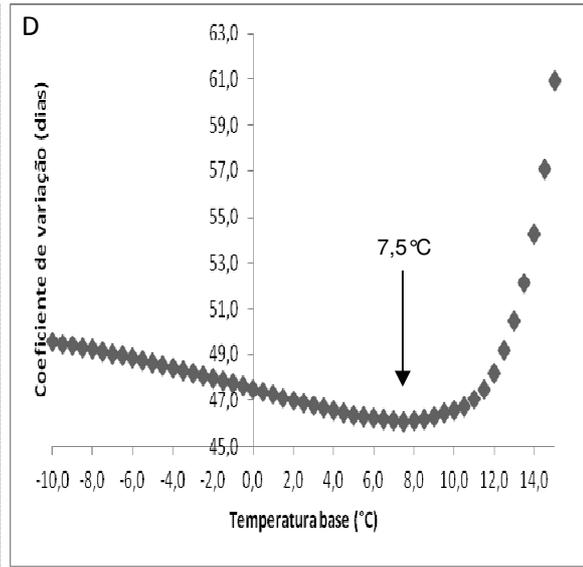
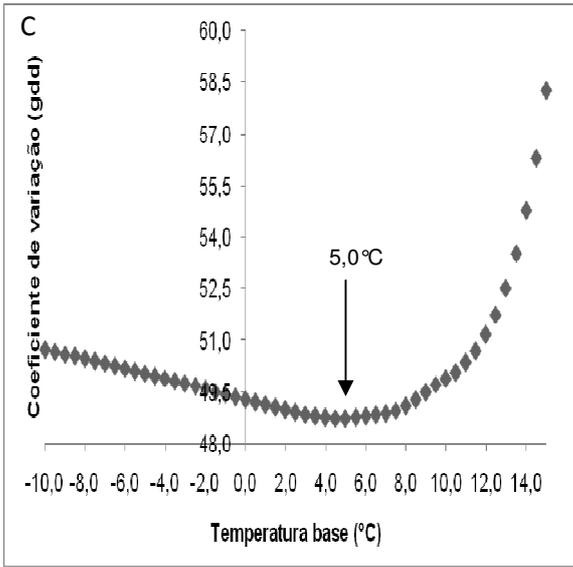
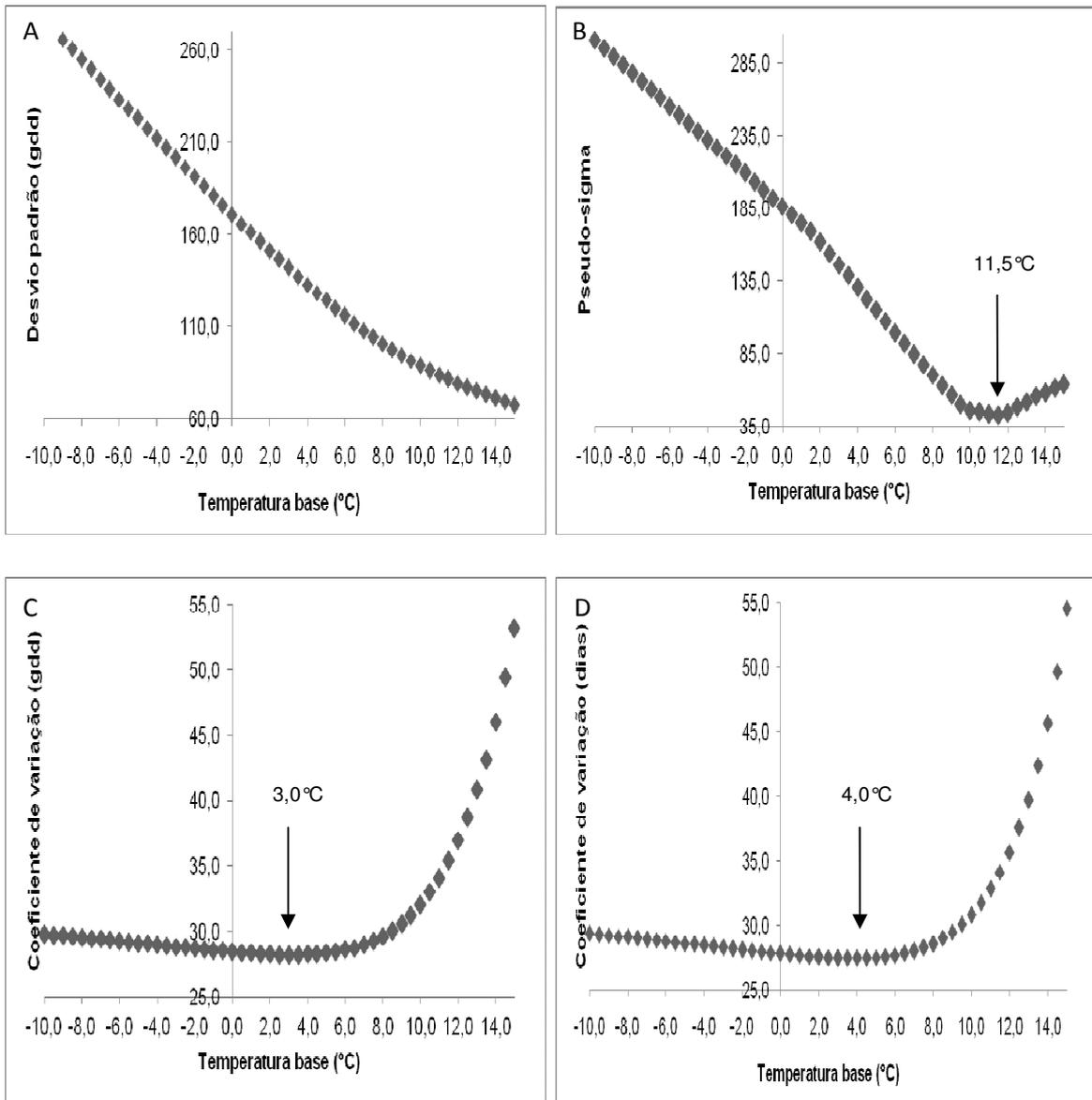


Figura 3- Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo florescimento-frutificação, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E - Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.



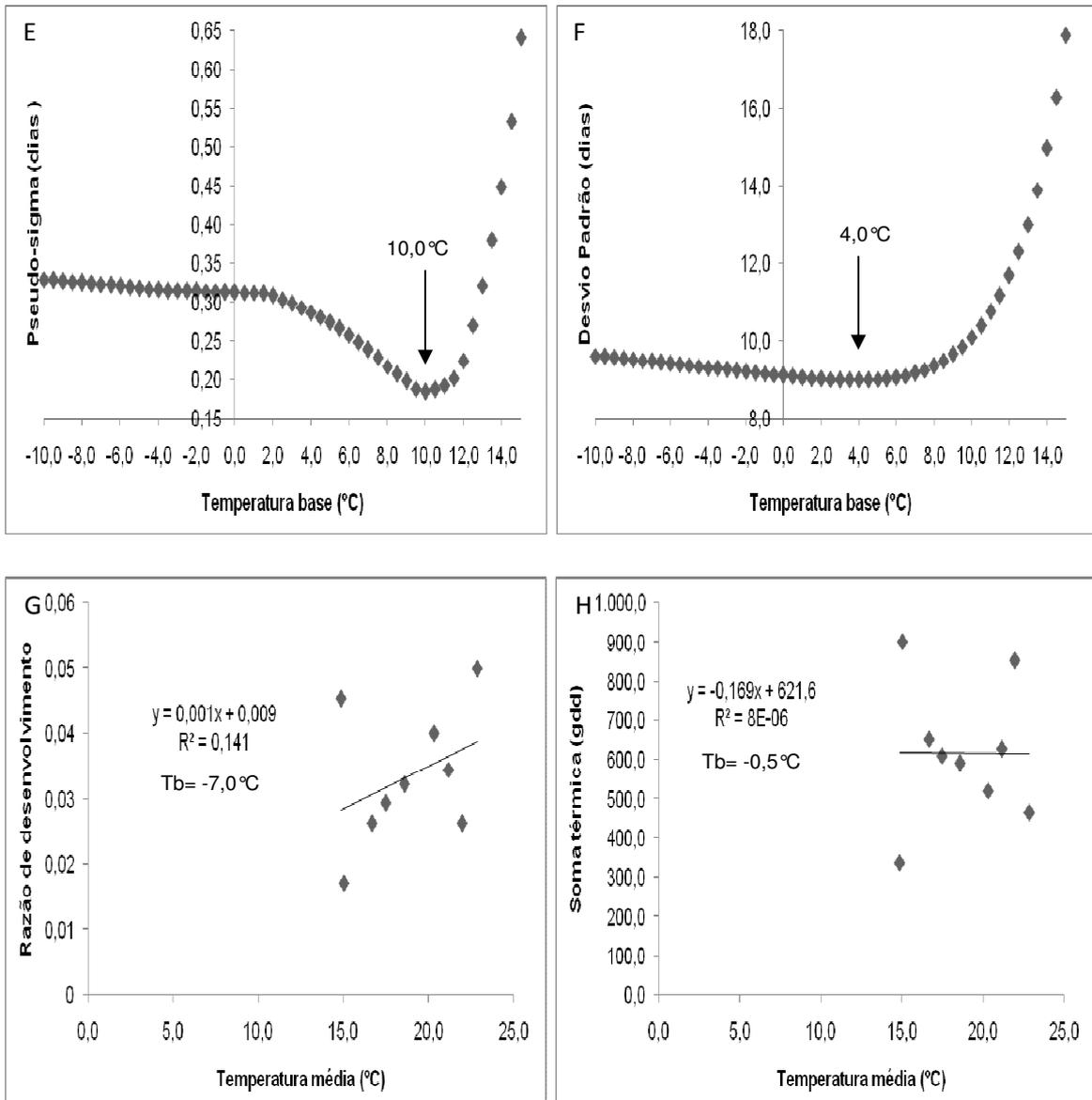
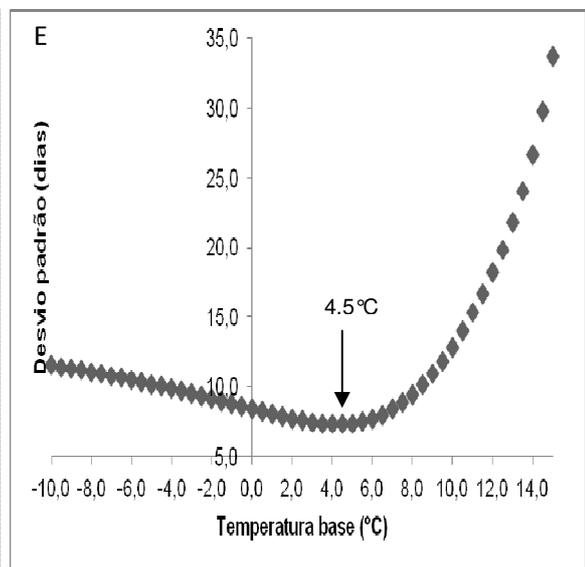
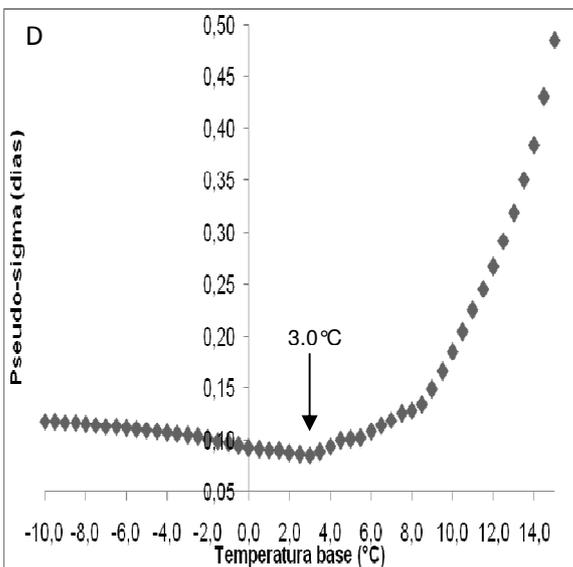
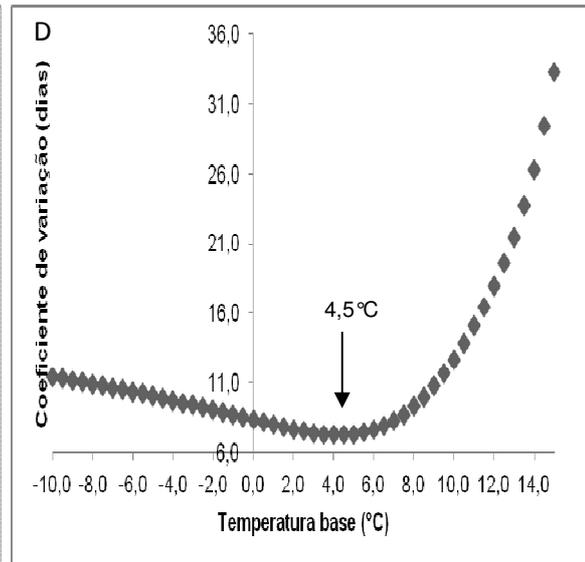
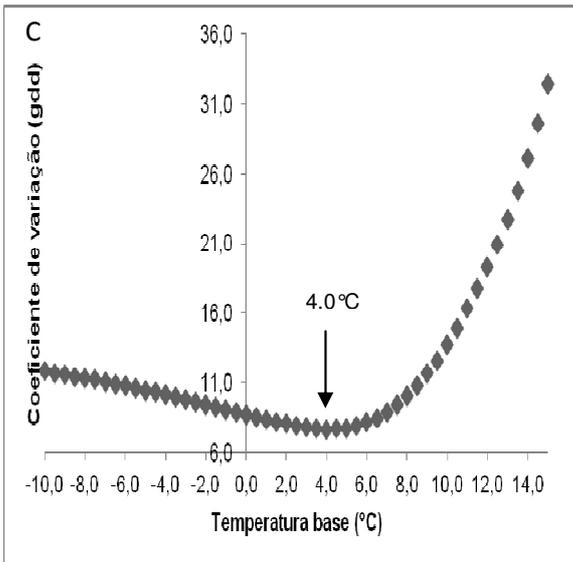
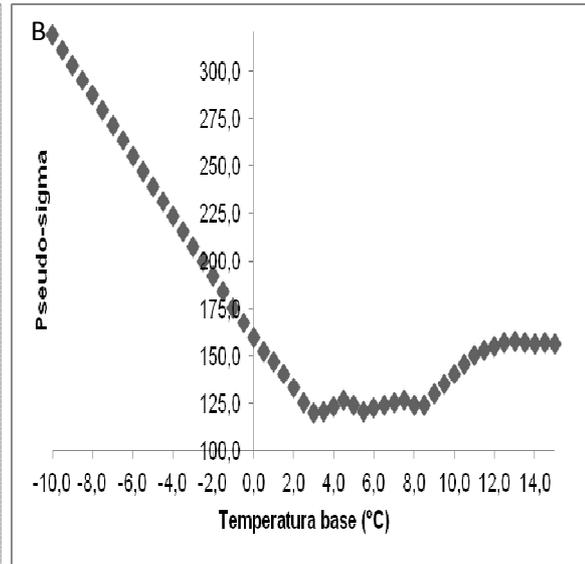
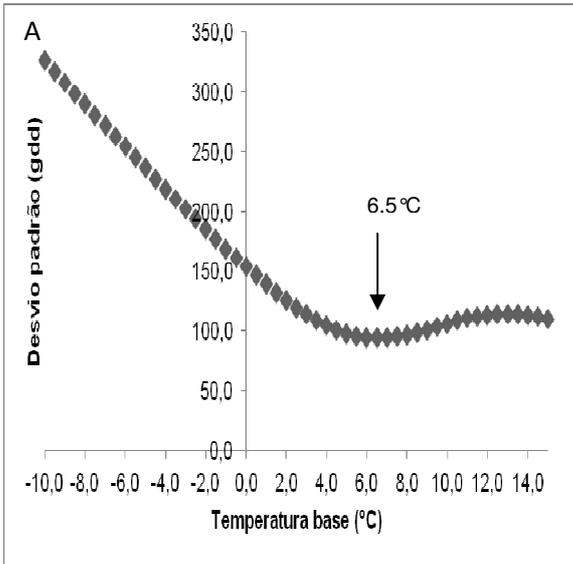


Figura 4 – Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo frutificação-maturação, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E – Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em Dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.



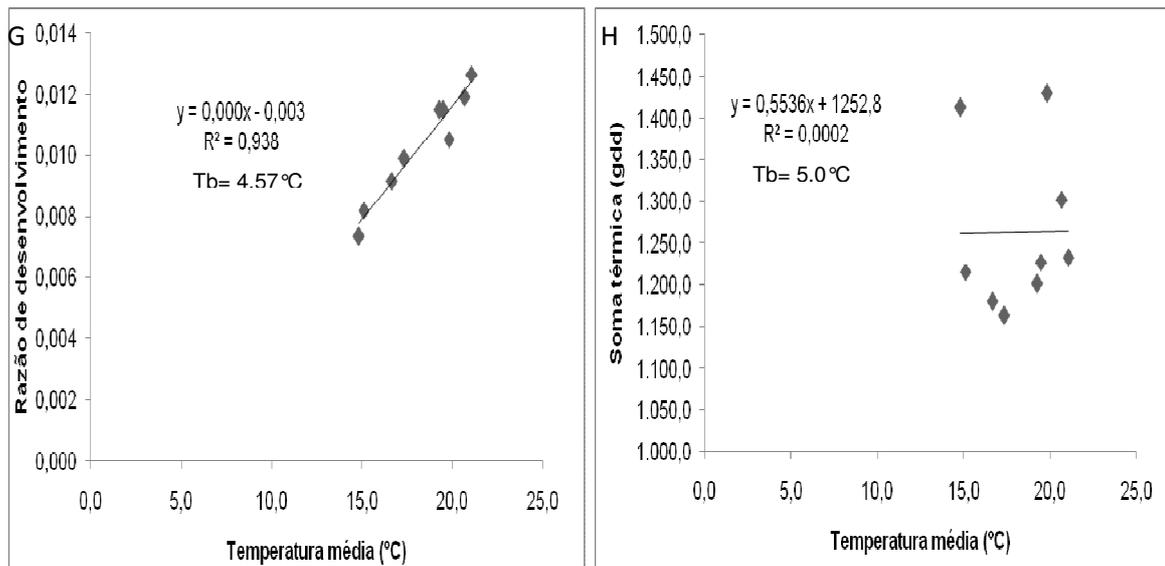


Figura 5- Determinação da temperatura base inferior do crambe, cultivar FMS Brilhante, no subperíodo emergência-maturação, pelos métodos: A - Desvio Padrão em Graus-dia ( $DP_{gdd}$ ), B - Pseudo-sigma, C - Coeficiente de Variação em Graus-dia ( $CV_{gdd}$ ), D - Coeficiente de Variação em dias ( $CV_{dia}$ ), E - Pseudo-sigma em dias ( $PS_{dias}$ ), F - Desvio Padrão em Dias ( $DP_{dia}$ ), G - X intercepto e H - Coeficiente de Regressão (CR). Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.

A média, mediana, variância, pseudo-sigma, e o p-valor do teste Anderson-Darling, encontram-se nos Apêndices A, B, C, D e E, para os subperíodos semeadura-emergência, emergência-florescimento, florescimento-frutificação, frutificação-maturação e emergência-maturação, respectivamente. Considerando um nível de significância de 5%, podemos afirmar que em algumas  $T_b$  testadas, a soma térmica não apresenta distribuição normal são elas: de 14; 14,5 e; 15 $^\circ\text{C}$ , no subperíodo emergência-florescimento (Apêndice B); 9,5 e 10 $^\circ\text{C}$  no subperíodo frutificação-maturação (Apêndice D); e, de 1,5 a 4,5 $^\circ\text{C}$  no subperíodo emergência-maturação (Apêndice E) neste caso, segundo Costa et al. (2002), o uso da média e do desvio padrão não são adequados, sendo apropriados substituí-los pela mediana e pseudo-sigma, respectivamente. Estas metodologias são mais robustas já que valores extremos (25% maiores e 25% menores) são excluídos. Já, quando há normalidade essas metodologias são equivalentes (COSTA et al., 2002).

A média e a mediana para todos os subperíodos foram semelhantes (Apendices A, B, C, D, E). Portanto, na estimativa da soma térmica, foi utilizada a mediana, a  $T_b$  utilizada foi a de  $4,5^{\circ}\text{C}$  ( $T_b$  média da emergência-maturação).

A soma térmica para atingir os subperíodos semeadura-emergência, emergência-florescimento, florescimento-frutificação, frutificação-maturação e emergência-maturação foi de:  $165,05^{\circ}\text{C dia}$ ;  $661,19^{\circ}\text{C dia}$ ;  $155,15^{\circ}\text{C dia}$ ;  $441,35^{\circ}\text{C dia}$  e  $1272,08^{\circ}\text{C dia}$ , respectivamente (Apêndices B, C, D, E e F). Meijer et al. (1999), utilizando a temperatura base de  $0^{\circ}\text{C}$ , verificaram que na média, o período da semeadura à emergência durou  $120^{\circ}\text{C dia}$ ; o período de emergência a iniciação da floração,  $300^{\circ}\text{C dia}$ ; o período de florescimento à maturação das sementes,  $950^{\circ}\text{C dia}$ ; e, o período da emergência à maturação durou  $1640^{\circ}\text{C dia}$  ou, aproximadamente, 113 dias. Já Toebe et al. (2010), em dois experimentos realizados em Santa Maria, RS, utilizando uma temperatura base de  $2,5^{\circ}\text{C}$ , observaram valores médios de soma térmica de  $621^{\circ}\text{C dia}$ , no período da emergência a floração,  $846^{\circ}\text{C dia}$ , da emergência a frutificação, e  $1170^{\circ}\text{C dia}$ , da emergência a senescência.

## **Conclusões**

A temperatura base difere em função do método de cálculo.

A temperatura base média da emergência a maturação é de  $4,5^{\circ}\text{C}$ , superior aos valores encontrados na literatura.

A soma térmica para atingir os subperíodos semeadura-emergência, emergência-florescimento, florescimento-frutificação, frutificação-maturação e emergência-maturação foi de  $165,05^{\circ}\text{GDD}$ ;  $661,19^{\circ}\text{GDD}$ ;  $155,15^{\circ}\text{GDD}$ ;  $441,35^{\circ}\text{GDD}$  e  $1272,08^{\circ}\text{GDD}$ , respectivamente.

Os métodos propostos, pseudosigma e pseudosigma em dias, mostraram-se pouco eficientes na determinação da temperatura base.

## Referências bibliográficas

ANDRADA, R. G. **Estimativa da temperature base inferior e avaliação dos modelos Beta, RCM e GDD em diferentes subperíodos das culturas de milho, arroz e feijão**. 2004. 67f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Curso de Pós-graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.74, p.430-445, 1959.

ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Boston, v.76, p.682-692, 1960.

BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar "white boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.1, p. 213-219, 1976.

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Temperatura-base para cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.115-121, 1987.

COSTA, N.H.A.D.; SERAPHIN, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.243-249, 2002.

FAGUNDES J. D. et al. Temperatura-base e soma térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilia montevidensis*. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.499-507, 2010.

FALASCA, S. L. et al. Crambe abyssinica: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, London, v. 35, n. 11, p. 5808 – 5812, 2010.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

GILMORE Jr., E.C.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, n. 10, p. 911-615, 1958.

HOOVER, M. W. Some effects of temperature on the growth of southern peas. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 66, p. 308-312, 1955.

KMEC, P. et al. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 1, p. 108-112, 1998.

MASSIGNAM, A.M.; ANGELOCCI, L.R. Relações entre temperatura do ar, disponibilidade hídrica no solo, fotoperíodo e duração de sub-períodos fenológicos do girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, p.63-69, 1993.

MEIJER, W.J.M.; MATHIJSSSEN, E.W.J.M. Analysis of crop performance in research on inulin, fibre and oilseed crops. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.5, p. 253–264, 1996.

MEIJER, W. J. M. et al. Low pod numbers and inefficient use of radiation are major constraints to high productivity in Crambe crops. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.19, p. 221–233, 1999.

MULLER, L. et al., Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1343-1348, 2009.

NUTTONSON, M. Y. **Wheat-climate relationships and the use of phenology in ascertaining the phenothermal requirements of wheat**. American Institute of Crop Ecology, Washington, DC, 1958.

PILAU, F. G. et al. Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.4, p. 958-964, 2011.

ROSCOE, R.; PITOL, C.; BROCH, D. L. Necessidades climáticas e ciclo da cultura. In: PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Tecnologia e Produção: Crambe 2010. Maracaju: Fundação MS, 2010. p. 07-09.

STRECK, N. A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.115, n.2-3, p.139-150, 2003.

TOEBE, M. et al. Estimativa de plastocrono em crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 793-799, 2010.

VIEIRA, A.R.R. et al. Determinação da temperatura basal e somas térmicas em pepino para conserva, cultivar Ginga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.6, p.857-864, 1992.

YAN, W.; HUNT, L. A. An equation for modeling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. **Annals of Botany**, London, v.84, p.607-614, 1999.

YANG, S. et al. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.74, p. 61-74, 1995.

### **3 CAPÍTULO II - MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries)**

#### **Modeling the growth and development of the culture of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst ex RE Fries)**

##### **Resumo**

O trabalho tem por objetivo modelar o crescimento e desenvolvimento do crambe. Para isto, conduziu-se um experimento na Universidade Federal de Santa Maria, nos anos de 2010 e 2011, nas seguintes épocas de semeadura: 10/06/2010, 05/07/2010, 03/08/2010, 19/08/2010, 09/09/2010, 17/09/2010, 18/02/2011, 06/04/2011, 28/04/2011, onde avaliou-se duas vezes por semana a altura e o número de folhas de 20 plantas de cada época. Utilizando dados de temperaturas diárias, calculou-se a soma térmica de cada data de avaliação, e após foram ajustadas equações, relacionando as variáveis de crescimento e a soma térmica. No final do ciclo da cultura foi calculado o rendimento. As equações ajustadas para a altura foram sigmóides, já para o número de folhas foram exponenciais. O crescimento tanto em altura quanto em número de folhas é baixo até os 300° dias, a partir de então as plantas apresentaram crescimento rápido das variáveis até cerca dos 900° dias, quando a altura estabiliza e o número de folhas decresce em razão da senescência. Em geral quanto mais cedo a senescência começou, menor foi o rendimento da cultura, este variou de 187,38 a 1103,41 Kg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** soma térmica, altura, número de folhas, área foliar, rendimento.

##### **Abstract**

The study aims to model the growth and development of crambe. Para this, an experiment was conducted at the Federal University of Santa Maria, in the years 2010 and 2011, the following sowing dates: 06/10/2010, 07/05/2010, 08/03/2010, 08/19/2010, 09/09/2010, 09/17/2010, 02/18/2011, 04/06/2011, 04/28/2011, which was evaluated twice weekly height and number of leaves of 20 plants each season. Using data on daily temperatures, we calculated the thermal time of each valuation date, and after were adjusted equations relating the variables and the thermal growth. At the end of the cycle was calculated yield. The equations were fitted to sigmoidal height, as to the number of sheets are exponential. The increase both in height and in the number of sheets is down to 300 ° days, thereafter the plants grew faster variable up to about 900 ° days, when the stabilizing time and the number of sheets decreases because of senescence. In general the earlier senescence began, the lower crop yield, this ranged from 187.38 to 1103.41 kg / ha.

**Key words:** thermal, height, leaf number, leaf area, yield.

## **Introdução**

A simulação de crescimento das plantas tem por objetivo detectar fatores que podem limitar o crescimento, diminuindo assim a produtividade (LOPES et al., 2004). Sendo assim, a análise de crescimento fornece informações importantes para definir algumas práticas de manejo, como a escolha da cultivar e da época de semeadura (AIRES et al., 2011).

Para descrever o crescimento e desenvolvimento das plantas ao longo do tempo tem-se utilizados vários modelos lineares e não-lineares, contudo os modelos não-lineares apresentam vantagens pois utilizam parâmetros com interpretação biológica (MAIA, et al., 2009).

A época de semeadura causa variações na produção e em diversas características agronômicas, uma vez que ela é definida por um conjunto de fatores que interagem entre si e reagem com as plantas (BARROS et al., 2003). Ao incluir a soma térmica nos modelos de crescimento vegetal, os mesmos tornam-se mais realísticos, uma vez que levam em consideração a temperatura do ar, que é o principal fator que interfere no crescimento e desenvolvimento vegetal (BRUNINI, et al., 1976).

O número de folhas pode ser considerado uma medida de tempo fisiológico, o qual está associado ao momento de ocorrência dos diferentes estádios de desenvolvimento e ao início da ramificação lateral em diversas espécies vegetais, bem como à evolução da área foliar da planta (KOEFFENDER et al., 2008), a qual está relacionada com a interceptação da radiação solar pelo dossel vegetal, com a fotossíntese, com a acumulação de fitomassa e com o rendimento de grãos da cultura (McMASTER et al., 1991).

A partir dos dados de crescimento, podem-se avaliar as causas de alterações no desenvolvimento de espécies vegetais, ou entre plantas crescendo em ambientes diferentes (CALVETE et al., 2000). Neste sentido a análise de crescimento se faz necessária para a cultura do crambe, já que a cultura tem sido cultivada essencialmente na região centro-oeste do Brasil, sem registro de cultivos comerciais

no Rio Grande do Sul. Sendo assim o objetivo deste trabalho é modelar o crescimento desenvolvimento e da cultura do crambe.

## Material e métodos

Conduziu-se um experimento, em campo, com a cultura de crambe, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS (29°43'S; 53°43'W e altitude de 95m). O clima do local, segundo a classificação climática de Köppen, é Cfa, subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 1999), de textura superficial franco arenosa.

A cultivar utilizada foi a FMS Brilhante, esta foi semeada em nove épocas de semeadura, foram elas: 10/06/2010, 05/07/2010, 03/08/2010, 19/08/2010, 09/09/2010, 17/09/2010, 18/02/2011, 06/04/2011, 28/04/2011.

As sementes foram semeadas manualmente, na densidade de 12Kg ha<sup>-1</sup>. Anterior a semeadura, procedeu-se a análise química do solo e a partir desta, corrigiu-se o pH do solo para 6,0; na base aplicou-se 30Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; e, em cobertura, 50Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de uréia. O controle de plantas daninhas, durante todo ciclo da cultura, foi realizado através de capinas manuais.

O tamanho de cada parcela foi de 16m<sup>2</sup>, e nesta área observou-se duas vezes por semana, em 20 plantas marcadas, os estádios fenológicos, sendo as datas de emergência, florescimento, frutificação e maturação, consideradas aquelas do dia em que 70% das 20 plantas atingiram estes estádios de desenvolvimento. Nestas mesmas plantas e nesta mesma frequência, foram realizadas medições de altura da planta ao nível do solo, e contagem do número de folhas.

A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada por (ARNOLD, 1960):

$$STd = T_{\text{méd}} - T_b \cdot 1 \text{ dia} \quad (1)$$

Em que:  $T_{\text{méd}}$  é a temperatura média diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) obtida a partir da média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diárias do ar, e  $T_b$  é a temperatura basal mínima ou temperatura base ( $T_b$ ).

Os dados diários de temperatura do ar, durante o período experimental, foram coletados em estação meteorológica convencional, pertencente ao 8° Distrito de Meteorologia (8° DISME), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada, aproximadamente, a 100m da área experimental.

Os modelos ajustados para a altura, e o número de folhas, foram estimados no programa Table Curve 3D (JANDEL SCIENTIFIC, 1991)

Na colheita determinou-se o rendimento de grãos, através da massa de grãos das plantas marcadas, multiplicado pela mediana dos espaçamentos ajustados a uma umidade média de 11,68%.

## **Resultados e discussão**

O crescimento das plantas em altura (Figura 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) pode ser descrito por um modelo padrão sigmóide, típico dos vegetais, conforme as descrições de Resende et al. (2000); Salisbury; Ross (1985). Diversos autores como Resende et al. (2000), Schons et al. (2009) e Silva et al. (2009), ao trabalharem com a variável altura de plantas encontraram comportamento sigmóide. Em todas as épocas, a altura manteve-se praticamente estável até aproximadamente os 300° dias, a partir de então as plantas apresentaram um incremento rápido de altura até cerca do 900° dias, quando a altura voltou a estabilizar. Essa soma térmica coincide com parte do subperíodo vegetativo, até a frutificação, sendo o incremento em altura mais intenso do subperíodo floração a frutificação (Tabela 1). Na época semeada em 10/06/2010, a altura ajustou-se melhor ao modelo sigmóide, com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,86 (Figura 1), já o pior ajuste ocorreu na época semeada em 17/09/2010, com  $R^2 = 0,38$  (Figura 6). Em geral o comportamento da altura das plantas foi similar ao observado por Toebe et al. (2010), os quais trabalhando com duas épocas de semeadura, 18/06/08 e 12/07/08,

para o crambe, encontraram valores máximos de altura de 66,5 e 72,2cm, respectivamente.

A semeadura realizada em 06/04/2011, foi a que apresentou maior altura média de planta, mas não foi a que apresentou o segundo menor n° de folhas e o pior rendimento, apenas 187,38 Kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 1), sugerindo que a altura do crambe está pouco correlacionado com estas variáveis. As épocas semeadas de junho a setembro de 2010 foram as que apresentaram maiores rendimentos, produzindo de 826,22Kg ha<sup>-1</sup> a 1103,41Kg ha<sup>-1</sup>, já as épocas semeadas em 2011 apresentaram rendimento abaixo de 600Kg ha<sup>-1</sup>, muito abaixo da produção citada por Pitol (2008) de 1000 a 1500 Kg ha<sup>-1</sup>.

O baixo rendimento obtido nas épocas de fevereiro e abril de 2011 sugerem que a cultura sofra influência do fotoperíodo, pois quando as plantas floresceram em dias longos o ciclo foi menor e a produção foi muito superior, essa hipótese corrobora com os resultados relatados por Adamsen; Coffelt (2005), os quais estudando a influencia das épocas de semeadura nas datas de florescimento na cultura do crambe, constataram que as variações existentes entre as épocas não poderiam ser explicadas somente pela variação de temperatura (soma térmica), e sim por outros fatores, possivelmente o fotoperíodo.

Nas figuras 10 a 18, pode-se observar que as épocas semeadas em 2010, tiveram um grande incremento no número de folhas do subperíodo floração para a frutificação, já as semeadas em 2011 apresentaram pouco, ou nenhum incremento, nestas épocas a senescência foi antecipada, outro fator que deve ter influenciado o rendimento (Tabela 1). As plantas que tiveram maior rendimento foram as que tiveram maior incremento de folhas do subperíodo da floração para a frutificação.

As equações ajustadas para o número de folhas foram exponenciais. Equações semelhantes foram ajustadas por Butrinowski et al. (2011) para o n° de folhas e níveis de irrigação em crambe. A partir da frutificação, a queda de folhas torna-se mais intensa, sendo que no momento da colheita as folhas, praticamente, estão todas senescentes.

Tabela 1- Soma térmica (°dias), altura média (cm) e n° médio de folhas, no florescimento e na frutificação e rendimento (Kg ha<sup>-1</sup>) do crambe. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.

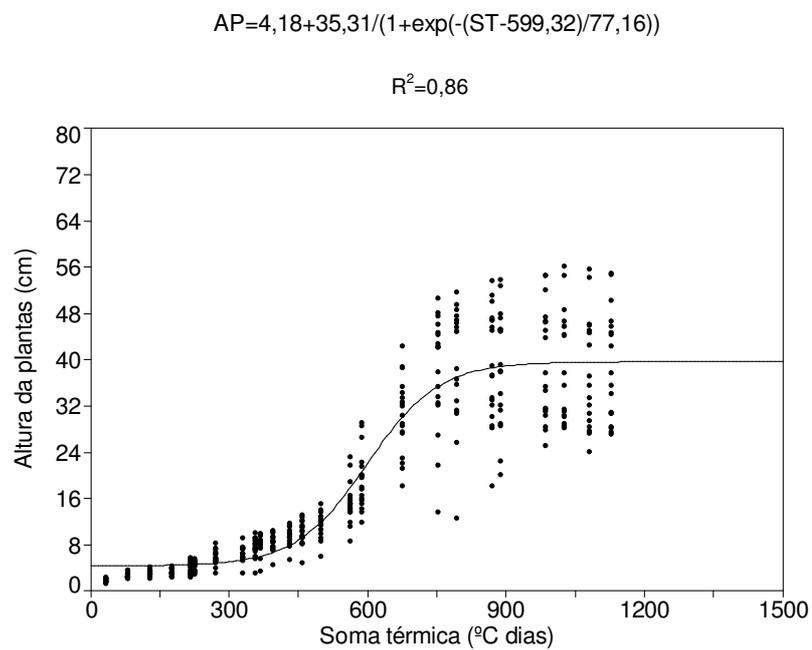
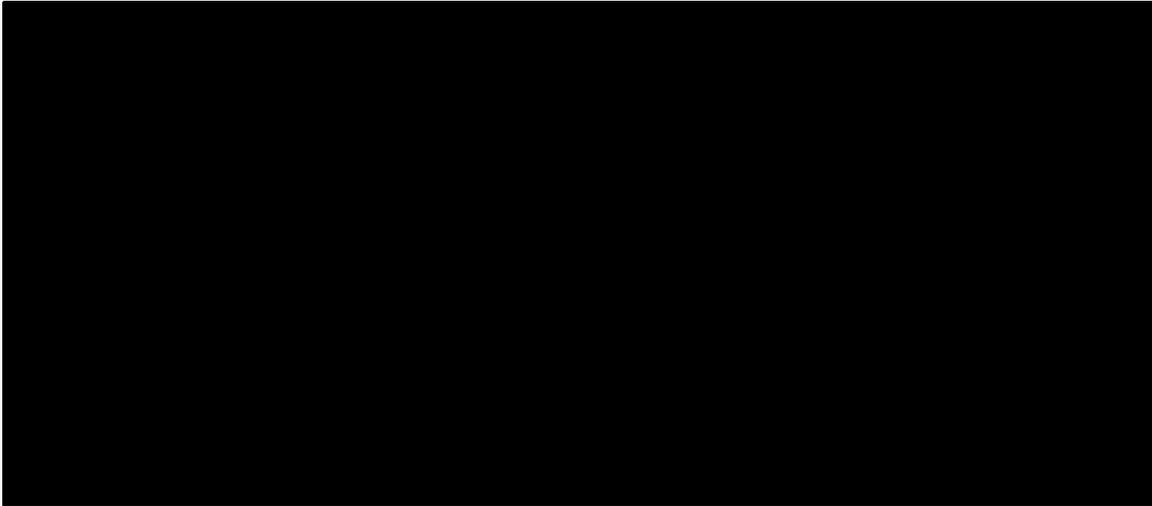


Figura 1- Altura de planta (cm), da época de semeadura 10/06/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

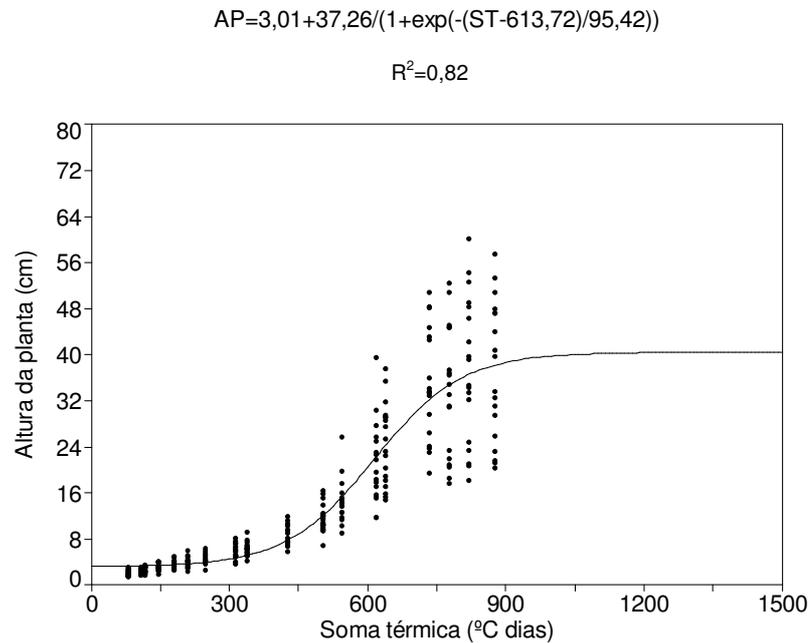


Figura 2- Altura de planta (cm), da época de semeadura 05/07/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a pré-colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

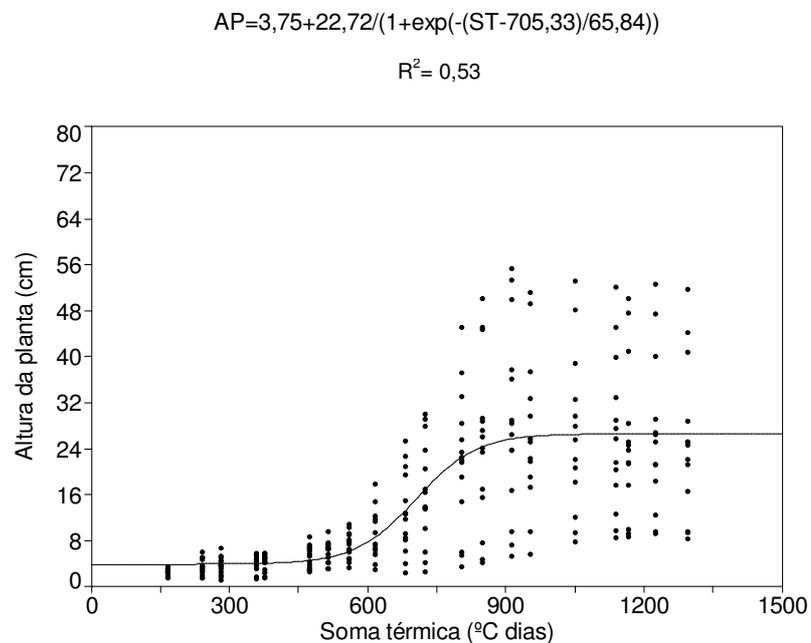


Figura 3- Altura de planta (cm), da época de semeadura 03/08/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

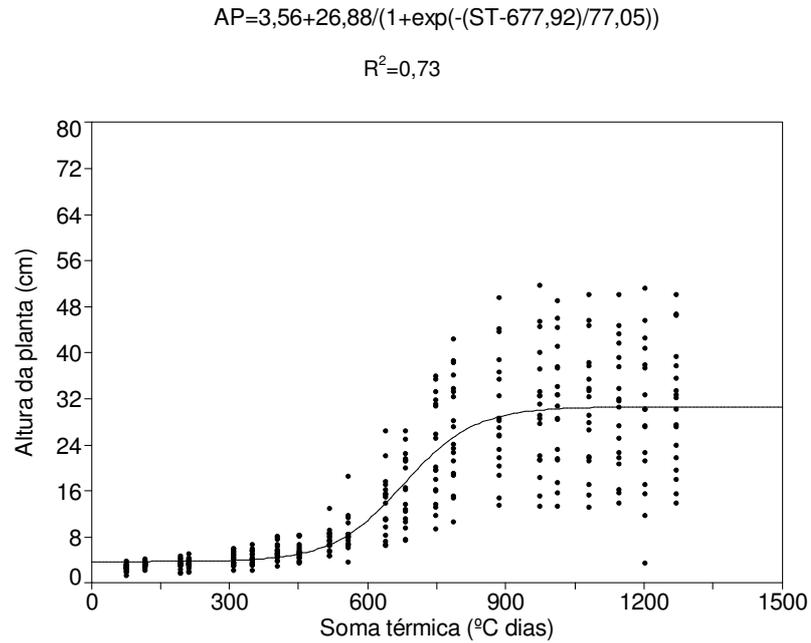


Figura 4- Altura de planta (cm), da época de semeadura 19/08/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

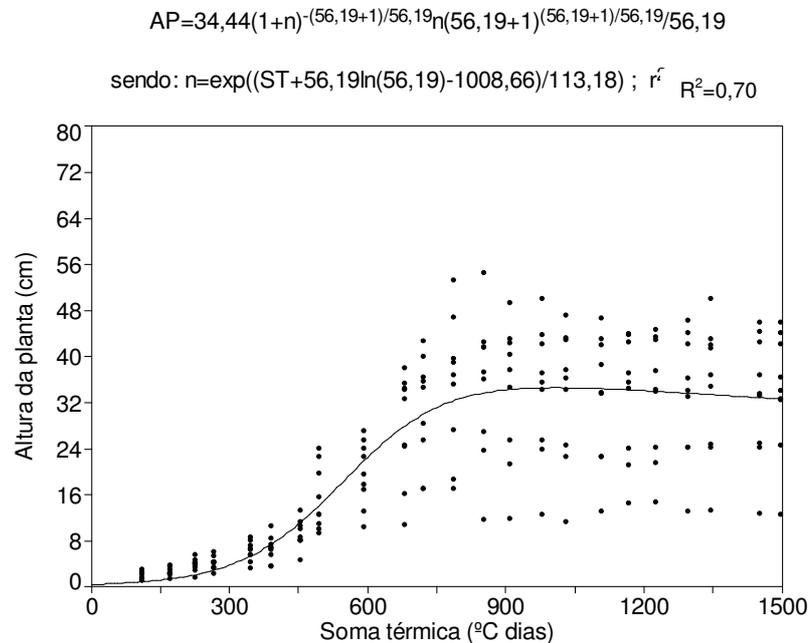


Figura 5- Altura de planta (cm), da época de semeadura 09/09/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

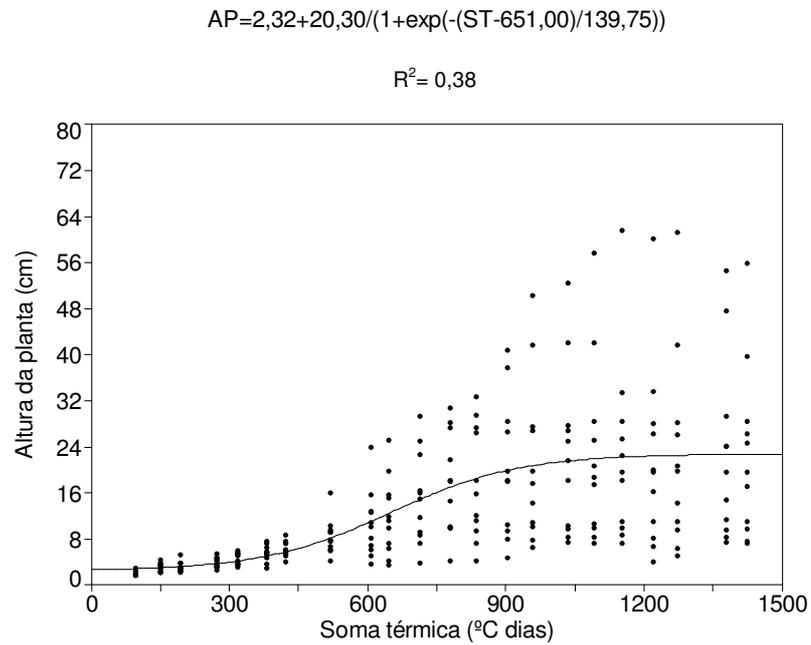


Figura 6- Altura de planta (cm), da época de semeadura 17/09/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

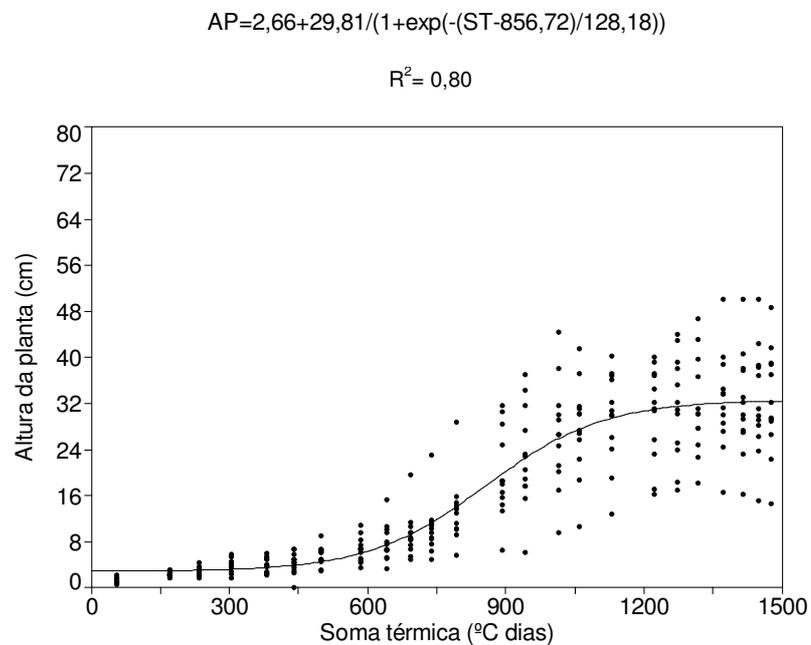


Figura 7- Altura de planta (cm), da época de semeadura 18/02/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

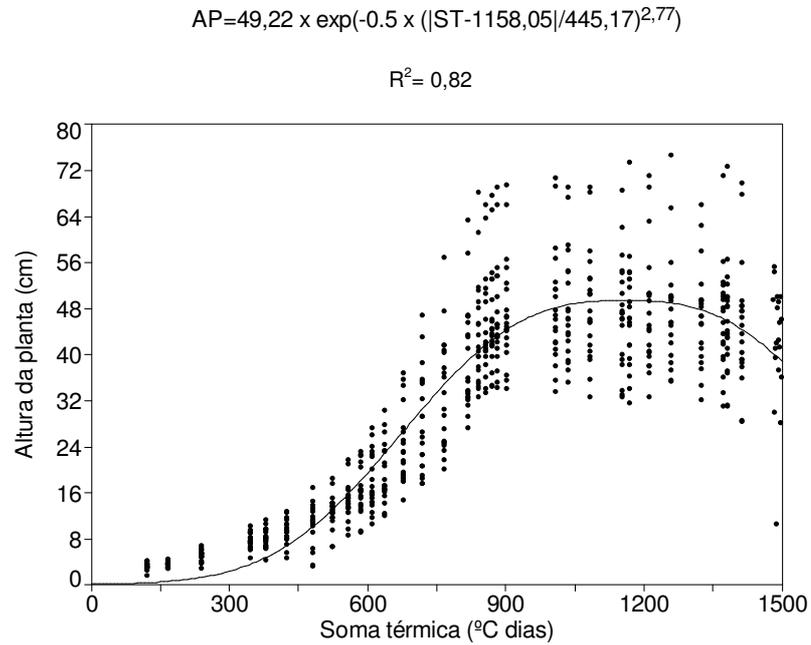


Figura 8 -Altura de planta (cm), da época de semeadura 06/04/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

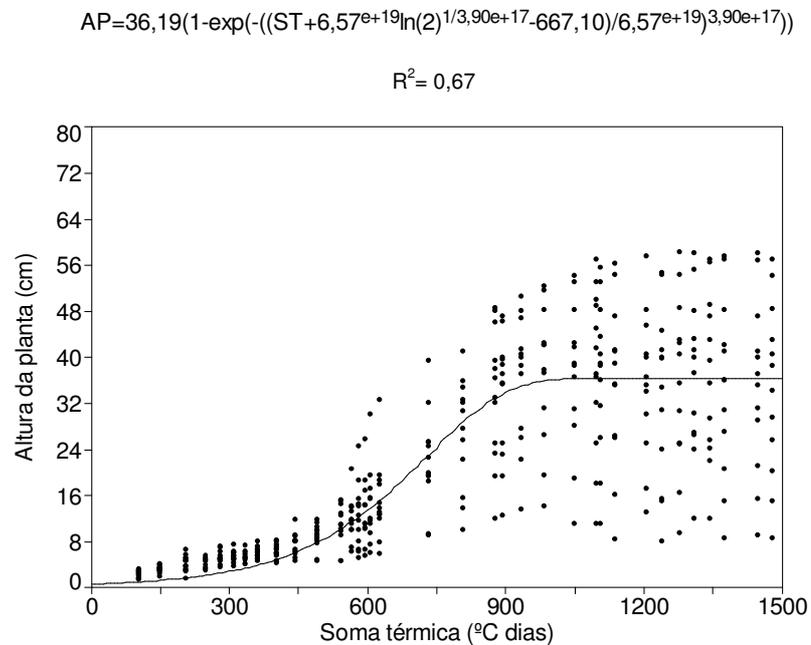


Figura 9- Altura de planta (cm), da época de semeadura 28/04/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

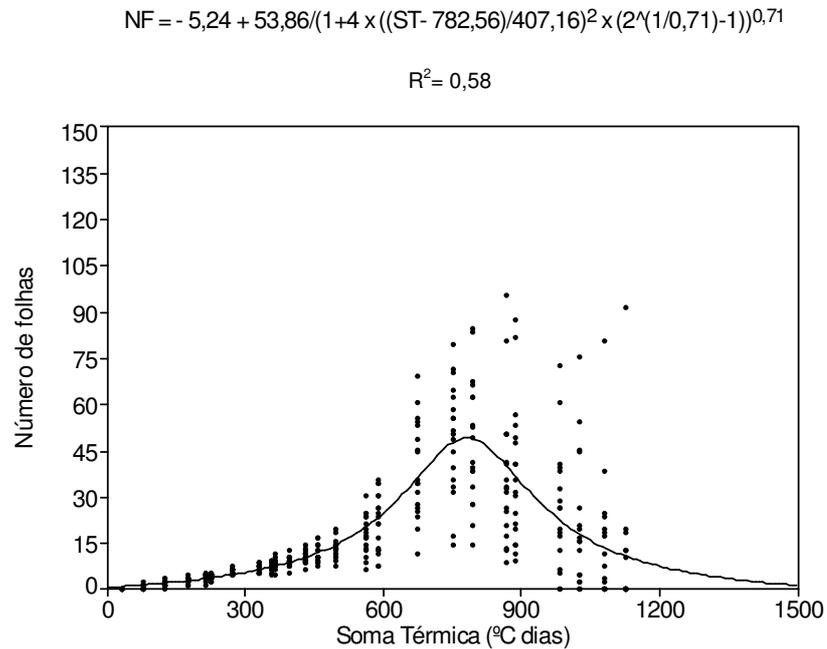


Figura 10- Número de folhas por planta, das plantas de crambe avaliada da época de semeadura 10/06/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

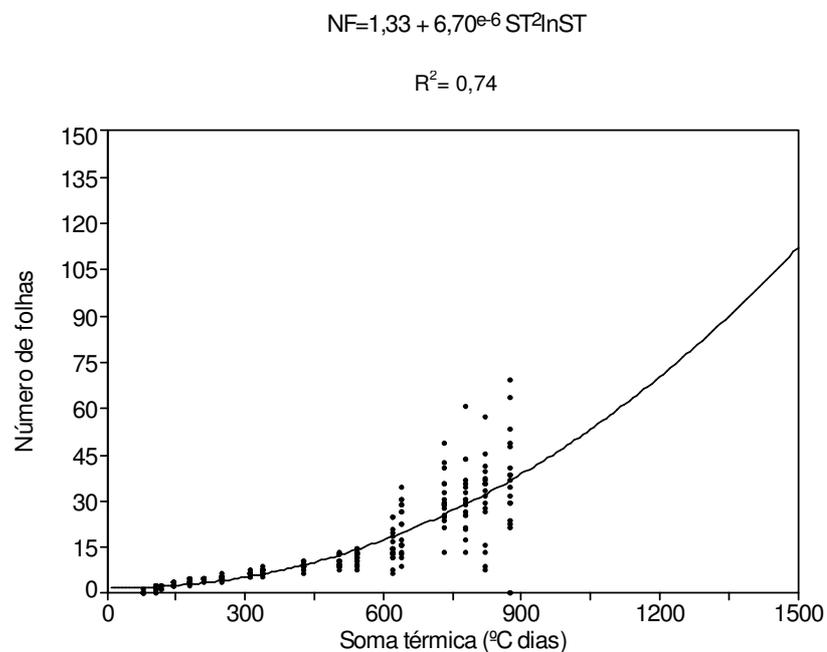


Figura 11- Número de folhas por planta, de crambe avaliada da época de semeadura 05/07/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a pré-colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

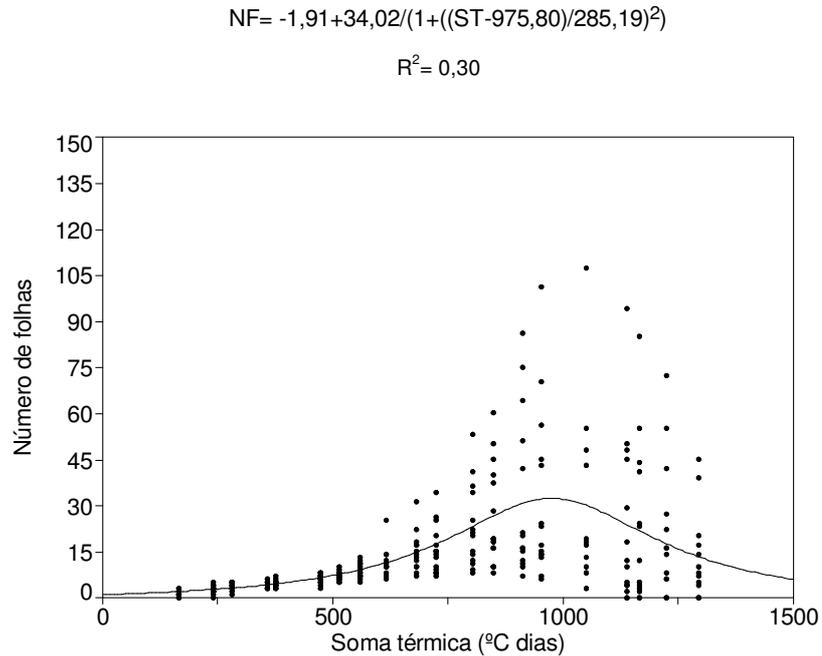


Figura 12- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 03/08/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

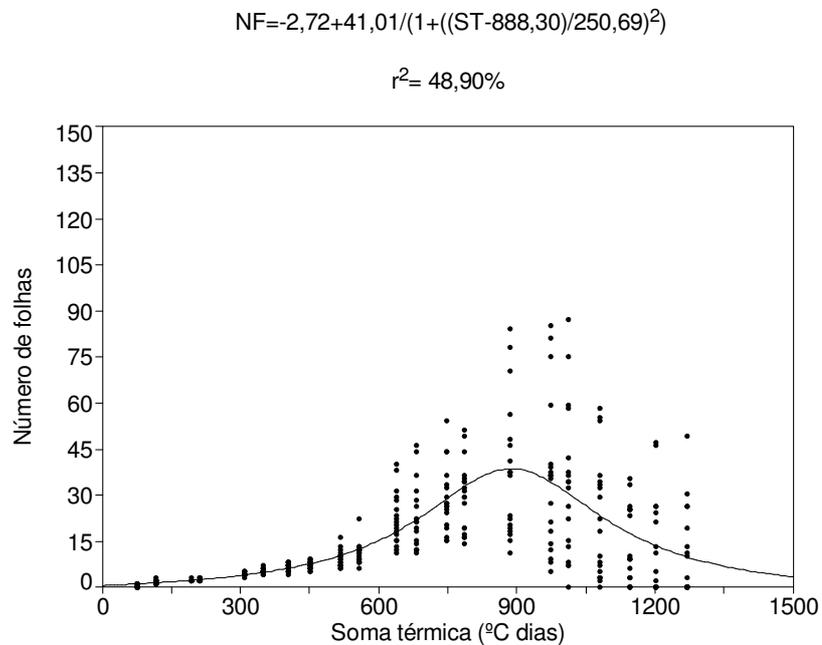


Figura 13- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 19/08/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

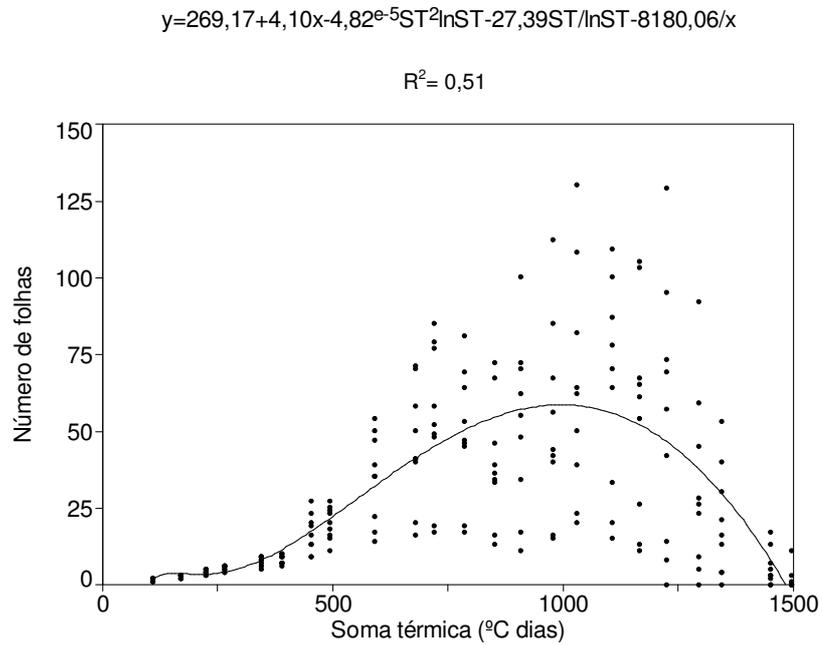


Figura 14- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 09/09/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

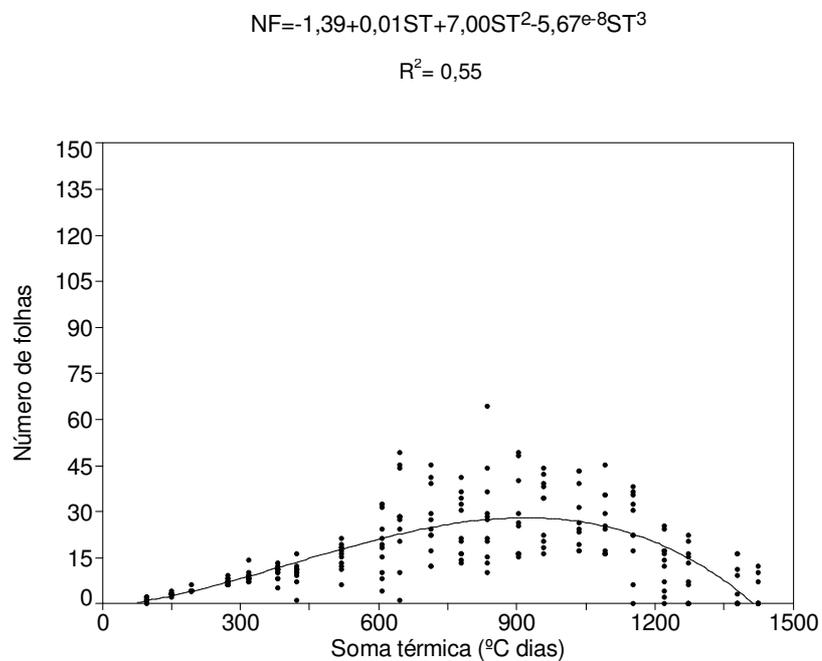


Figura 15- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 17/09/2010, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

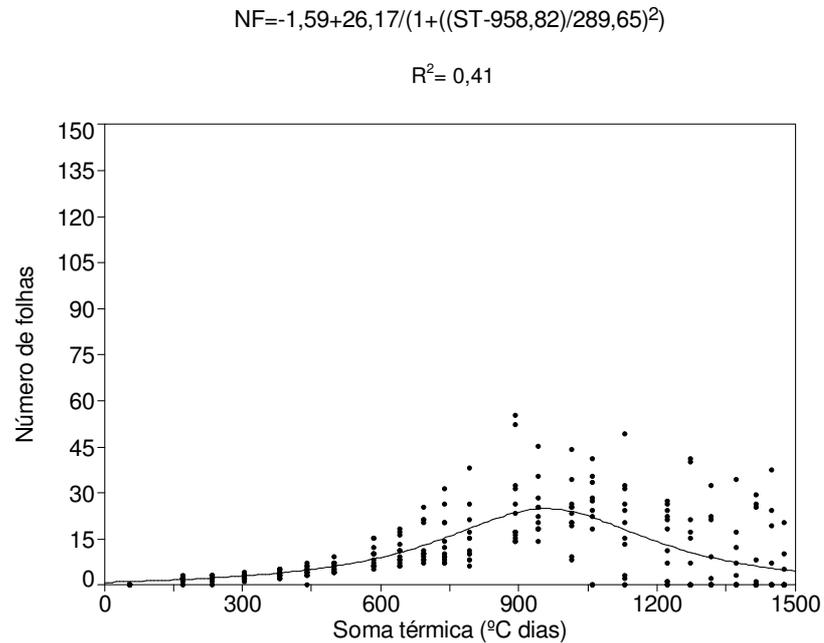


Figura 16- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 18/02/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

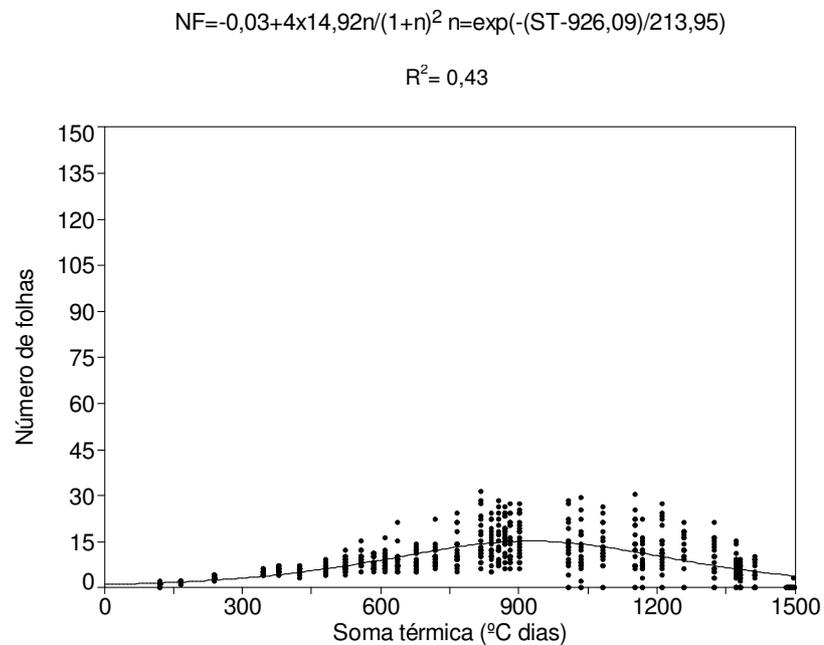


Figura 17- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 06/04/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

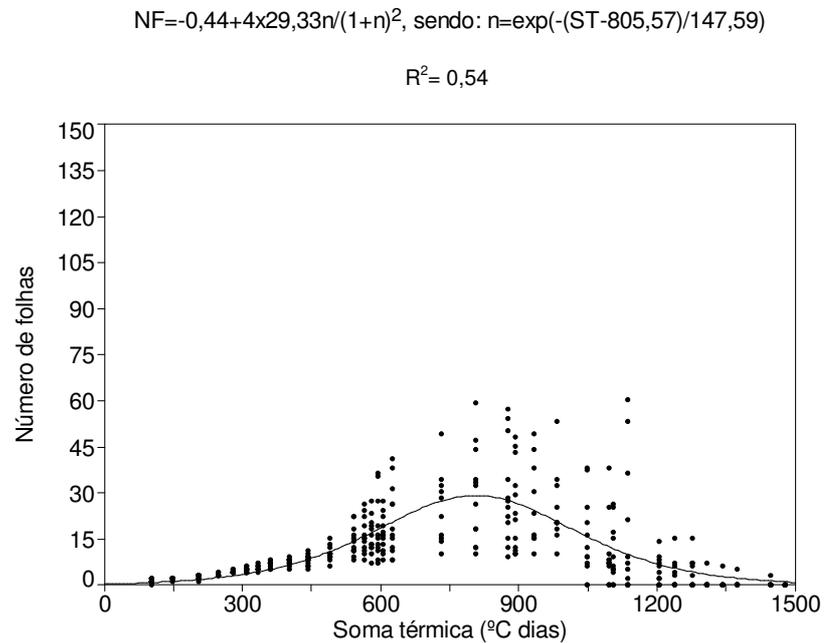


Figura 18- Número de folhas por planta de crambe avaliada da época de semeadura 28/04/2011, considerando a soma térmica acumulada a partir da emergência até a colheita. Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

## Conclusões

Os modelos ajustados para a altura foram sigmoidais e, para o número de folhas, exponenciais. O crescimento, tanto em altura quanto em número de folhas, é baixo até os 300 °dias, a partir de então, as plantas apresentaram crescimento rápido das variáveis até cerca dos 900 ° dias, quando a altura estabiliza e o número de folhas decresce em razão da senescência.

## Referências bibliográficas

ADAMSEN, F. G.; COFFELT, T. A., Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam , v. 21, p. 293–307, 2005.

AIRES, R. F.; ANJOS E SILVA, S. D. DOS; DIEDRICH EICHOLZ, E. Análise de crescimento de mamona semeada em diferentes épocas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1347-1353, 2011.

ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Boston, v.76, p.682-692, 1960.

BARROS, et al., Efeito das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, p. 565-572, 2003.

BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar "white boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.1, p. 213-219, 1976.

BUTRINOWSKI, I. T. et al. Manejo da irrigação com mini-tanque evaporímetro em *Crambe abyssinica*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.4, n.3, p.54-65, 2011.

CALVETE, E. O. et al. Avaliação do crescimento de plantas de morangueiro, durante a aclimatização ex vitro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 188-192, 2000.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

JANDEL SCIENTIFIC. **User's manual**. California, 1991. 280p.

KOEFENDER, J. et al. Estimativa do filocrono em calêndula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.1246-1250, 2008.

LOPES, S. J. et al. Models to estimate phytomass accumulation of hydroponic lettuce. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, p.392-400, 2004.

MAIA, E. et al. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1380-1386, 2009.

McMASTER, G.S. et al. Simulation of shoot vegetative development and growth of unstressed winter wheat. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.53, p.189-204, 1991.

PITOL, C. **Cultura do crambe**. Tecnologia e produções: Milho safrinha e culturas de inverno – 2008. Disponível em: < <http://www.fundacaoms.org.br/request.php?51>> Acesso em 06 de maio de 2010.

RESENDE, F. V.; GUALBERTO, R.; SOUZA, R. J. de. Crescimento e produção de clones de alho provenientes de cultura de tecidos e de propagação convencional. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 61-66, 2000.

SALISBURY, F.B. ; ROSS,C.W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth, 1985. 540p.

SCHONS, A. et al. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, Campinas.v. 68, n. 1, p. 155-167, 2009.

SILVA, S. M. S. et al. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 338-348, 2009.

TOEBE, M. et al. Estimativa de plastocrono em crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 793-799, 2010.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A temperatura do ar não é o único fator a influenciar o crescimento e o desenvolvimento do crambe, possivelmente, a cultura sofre ação do fotoperíodo, assim mais estudos sobre a influência da duração astronômica do dia sobre a cultura devem ser realizados.

Quanto mais cedo iniciar a senescência das folhas, menor será o rendimento de grãos da cultura do crambe.

São necessários mais estudos na área de modelagem, pois os modelos são criados para uma condição climática, a qual dificilmente se repete, por isso deve-se ter modelos diferentes para anos atípicos, como os com ocorrência de seca, tempestades, invernos e verões rigorosos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMSEN, F. G.; COFFELT, T. A., Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam , v. 21, p. 293–307, 2005.

AIRES, R. F.; ANJOS E SILVA, S. D. dos; DIEDRICH EICHOLZ, E. Análise de crescimento de mamona semeada em diferentes épocas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1347-1353, 2011.

ANDRADA, R. G. **Estimativa da temperature base inferior e avaliação dos modelos Beta, RCM e GDD em diferentes subperíodos das culturas de milho, arroz e feijão**. 2004. 67f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Curso de Pós-graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.74, p.430-445, 1959.

ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Boston, v.76, p.682-692, 1960.

BARROS, et al., Efeito das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, p. 565-572, 2003.

BRUNINI, O. et al. Sistema de aconselhamento agrometeorológico – In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 2., 1998, Goiânia – GO. **Anais...**, Goiânia : Universidade Católica de Goiás, 1998, p. 15-37.

BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar "white boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.1, p. 213-219, 1976.  
BUTRINOWSKI, I. T. et al. Manejo da irrigação com mini-tanque evaporímetro em *Crambe abyssinica*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.4, n.3, p.54-65, 2011.

CALVETE, E. O. et al. Avaliação do crescimento de plantas de morangueiro, durante a aclimatização ex vitro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 188-192, 2000.

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Temperatura-base para cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.115-121, 1987.

COSTA, N.H.A.D.; SERAPHIN, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.243-249, 2002.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

FAGUNDES J. D. et al. Temperatura-base e soma térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilia montevidensis*. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.499-507, 2010.

FALASCA, S. L. et al. Crambe abyssinica: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, London, v. 35, n. 11, p. 5808 – 5812, 2010.

GILMORE Jr., E.C.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, n. 10, p. 911-615, 1958.

HOOVER, M. W. Some effects of temperature on the growth of southern peas. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 66, p. 308-312, 1955.

JANDEL SCIENTIFIC. **User's manual**. California, 1991. 280p.

KMEC, P. et al. Growth analysis of crambe. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 1, p. 108-112, 1998.

KOEFENDER, J. et al. Estimativa do filocrono em calêndula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.1246-1250, 2008.

LOPES, S. J. et al. Models to estimate phytomass accumulation of hydroponic lettuce. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, p.392-400, 2004.

MAIA, E. et al. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1380-1386, 2009.

MASSIGNAM, A.M.; ANGELOCCI, L.R. Relações entre temperatura do ar, disponibilidade hídrica no solo, fotoperíodo e duração de sub-períodos fenológicos do girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, p.63-69, 1993.

McMASTER, G.S. et al. Simulation of shoot vegetative development and growth of unstressed winter wheat. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.53, p.189-204, 1991.

MEIJER, W.J.M.; Mathijssen, E.W.J.M. Analysis of crop performance in research on inulin, fibre and oilseed crops. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.5, p. 253–264, 1996.

MEIJER, W. J. M. et al. Low pod numbers and inefficient use of radiation are major constraints to high productivity in Crambe crops. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.19, p. 221–233, 1999.

MULLER, L. et al., Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1343-1348, 2009.

NUTTONSON, M. Y. **Wheat-climate relationships and the use of phenology in ascertaining the phenothermal requirements of wheat**. American Institute of Crop Ecology, Washington, DC, 1958.

PILAU, F. G. et al. Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.4, p. 958-964, 2011.

PITOL, C. **Cultura do crambe**. Tecnologia e produções: Milho safrinha e culturas de inverno – 2008. Disponível em: < <http://www.fundacaoms.org.br/request.php?51> > Acesso em 06 de maio de 2010.

RESENDE, F. V.; GUALBERTO, R.; SOUZA, R. J. de. Crescimento e produção de clones de alho provenientes de cultura de tecidos e de propagação convencional. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 61-66, 2000.

ROSCOE, R.; PITOL, C.; BROCH, D. L. Necessidades climáticas e ciclo da cultura. In: PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. Tecnologia e Produção: Crambe 2010. Maracaju: Fundação MS, 2010. p. 07-09.

RUSSELE, M. P. et al. Growth analysis based on degree days. **Crop Science**, Madison, v. 24, n.1, p. 28-32, 1984.

SANTOS, H. O. et al. Comportamento fisiológico de sementes de crambe (*abssynica hoeschst*) submetidas a diferentes temperaturas e condições de luz. In: 5° CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2008, Lavras. **Anais...** Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras, 2008.

SALISBURY, F.B. ; ROSS,C.W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth, 1985. 540p.

SCHONS, A. et al. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, Campinas.v. 68, n. 1, p. 155-167, 2009.

SILVA, S. M. S. et al. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 338-348, 2009.

STRECK, N. A. A generalized vernalization response function for lily (*Lilium* spp.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 221-228, 2002.

STRECK, N. A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.115, n.2-3, p.139-150, 2003.

TOEBE, M. et al. Estimativa de plastocrono em crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 793-799, 2010.

VIEIRA, A.R.R. et al. Determinação da temperatura basal e somas térmicas em pepino para conserva, cultivar Ginga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.6, p.857-864, 1992.

VILLA NOVA, N.A. et al. Método alternativo para cálculo da temperatura base de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.545-549, 2007.

YAN, W.; HUNT, L. A. An equation for modeling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. **Annals of Botany**, London, v.84, p.607-614, 1999.

YANG, S. et al. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.74, p. 61-74, 1995.

YIN, X. et al. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 77, p. 1-16, 1995.

WANG, Y. P. et al. A preliminary study on the introduction and cultivation of *Crambe abyssinica* in China, an oil plant for industrial uses. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 47-52, 2000.

## APÊNDICES

**Apêndice A- Temperaturas bases candidatas (Tb), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de semeadura-emergência, considerando dez épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.**

Tb candidata	MGDD	Mediana	Variância	Desvio Padrão	Pseudo-sigma	P-valor
-10,00	334,00	334,08	3464,17	58,86	43,49	0,82
-9,50	327,90	327,83	3316,02	57,58	42,38	0,81
-9,00	321,80	321,58	3172,19	56,32	41,27	0,79
-8,50	315,70	315,33	3032,66	55,07	40,16	0,77
-8,00	309,60	309,08	2897,44	53,83	39,05	0,73
-7,50	303,50	303,85	2766,54	52,60	38,31	0,73
-7,00	297,40	298,85	2639,94	51,38	37,67	0,73
-6,50	291,30	293,85	2517,66	50,18	37,02	0,73
-6,00	285,20	288,85	2399,69	48,99	36,44	0,71
-5,50	279,10	283,85	2286,02	47,81	36,35	0,72
-5,00	273,00	278,85	2176,67	46,65	36,26	0,71
-4,50	266,90	273,85	2071,64	45,52	36,17	0,69
-4,00	260,80	268,85	1970,91	44,39	36,07	0,65
-3,50	254,70	263,85	1874,49	43,30	35,98	0,60
-3,00	248,60	258,85	1782,39	42,22	35,10	0,57
-2,50	242,50	253,85	1694,59	41,17	34,17	0,52
-2,00	236,40	248,85	1611,11	40,14	33,25	0,47
-1,50	230,30	243,85	1531,94	39,14	32,32	0,39
-1,00	224,20	238,85	1457,07	38,17	31,39	0,31
-0,50	218,10	233,26	1386,52	37,24	31,12	0,25
0,00	212,00	226,76	1320,29	36,34	31,86	0,24
0,50	205,90	220,26	1258,36	35,47	32,60	0,21
1,00	199,80	213,76	1200,74	34,65	33,34	0,22
1,50	193,70	207,26	1147,44	33,87	34,08	0,21
2,00	187,60	200,76	1098,44	33,14	34,82	0,18
2,50	181,50	194,24	1053,76	32,46	34,88	0,15
3,00	175,40	186,99	1013,39	31,83	35,27	0,14
3,50	169,30	179,74	977,32	31,26	36,38	0,13
4,00	163,20	171,99	945,57	30,75	37,68	0,12
4,50	157,10	165,05	918,14	30,30	38,83	0,11
5,00	151,00	158,80	895,01	29,92	39,42	0,12
5,50	144,90	152,55	876,19	29,60	39,32	0,12
6,00	138,80	146,30	861,69	29,35	39,12	0,15
6,50	132,74	140,05	850,38	29,16	37,57	0,20
7,00	126,69	133,80	842,50	29,03	36,00	0,24
7,50	120,64	127,55	838,45	28,96	34,43	0,30
8,00	114,59	121,30	838,23	28,95	33,39	0,36
8,50	109,05	115,05	796,45	28,22	32,56	0,38
9,00	103,20	108,80	786,01	28,04	32,41	0,44
9,50	97,40	102,55	776,41	27,86	32,59	0,51
10,00	91,60	96,30	770,16	27,75	32,78	0,54
10,50	85,83	90,05	764,97	27,66	32,77	0,53
11,00	80,15	83,80	759,02	27,55	32,26	0,52
11,50	74,69	77,55	742,98	27,26	30,88	0,51
12,00	69,34	71,30	724,20	26,91	29,56	0,49
12,50	64,11	64,95	703,21	26,52	28,36	0,40
13,00	59,04	58,20	675,17	25,98	27,34	0,40
13,50	54,09	51,53	644,52	25,39	25,76	0,34
14,00	49,19	45,03	616,75	24,83	23,36	0,31
14,50	44,32	38,68	592,66	24,34	20,95	0,25
15,00	39,51	32,43	570,69	23,89	18,50	0,17
Média	182,69	188,69	1429,58	36,43	34,18	
CV (%)	48,70	47,84	57,86	152,49	14,51	

**Apendice B- Temperaturas bases candidatas (Tb), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de emergência-florescimento, considerando dez épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.**

Tb candidata	MGDD	Mediana	Variância	Desvio Padrão	Pseudo-sigma	P-valor
-10,00	1474,96	1524,62	50916,66	225,65	118,02	0,25
-9,50	1447,36	1497,87	48629,11	220,52	113,57	0,24
-9,00	1419,76	1471,12	46408,20	215,43	110,16	0,24
-8,50	1392,16	1444,37	44253,94	210,37	107,01	0,24
-8,00	1364,56	1417,62	42166,32	205,34	103,86	0,24
-7,50	1336,96	1390,87	40145,34	200,36	100,71	0,23
-7,00	1309,36	1360,04	38191,01	195,43	99,08	0,24
-6,50	1281,76	1328,29	36303,33	190,53	97,78	0,25
-6,00	1254,16	1296,54	34482,29	185,69	98,38	0,28
-5,50	1226,56	1264,79	32727,89	180,91	101,16	0,32
-5,00	1198,96	1233,04	31040,14	176,18	103,94	0,36
-4,50	1171,36	1201,29	29419,03	171,52	106,71	0,40
-4,00	1143,76	1169,54	27864,57	166,93	109,49	0,43
-3,50	1116,16	1137,79	26376,75	162,41	112,27	0,46
-3,00	1088,56	1106,04	24955,58	157,97	115,05	0,48
-2,50	1060,96	1074,29	23601,05	153,63	117,83	0,49
-2,00	1033,36	1042,54	22313,16	149,38	120,60	0,48
-1,50	1005,76	1010,79	21091,92	145,23	123,38	0,45
-1,00	978,16	979,04	19937,32	141,20	126,16	0,40
-0,50	950,56	947,29	18849,37	137,29	128,16	0,39
0,00	922,96	917,35	17828,06	133,52	124,67	0,44
0,50	895,36	887,85	16873,40	129,90	121,33	0,52
1,00	867,76	858,35	15985,38	126,43	118,00	0,65
1,50	840,16	828,85	15164,01	123,14	114,67	0,78
2,00	812,56	799,94	14409,28	120,04	111,55	0,87
2,50	784,96	772,19	13721,19	117,14	108,87	0,92
3,00	757,36	744,44	13099,75	114,45	106,18	0,94
3,50	729,76	716,69	12544,96	112,00	102,85	0,93
4,00	702,16	688,94	12056,80	109,80	94,89	0,94
4,50	674,56	661,19	11635,30	107,87	86,92	0,92
5,00	646,96	633,44	11280,43	106,21	79,23	0,86
5,50	619,36	605,69	10992,21	104,84	76,09	0,82
6,00	591,77	577,94	10768,56	103,77	74,23	0,73
6,50	564,50	553,72	10568,97	102,81	74,26	0,65
7,00	537,53	529,81	10393,00	101,95	74,71	0,54
7,50	510,63	502,31	10265,99	101,32	76,38	0,48
8,00	483,89	474,91	10170,14	100,85	77,82	0,35
8,50	457,43	447,86	10085,36	100,43	78,33	0,24
9,00	431,16	421,08	10020,73	100,10	77,72	0,21
9,50	405,25	394,81	9949,10	99,75	72,68	0,25
10,00	379,75	369,43	9867,07	99,33	67,68	0,25
10,50	354,64	343,18	9764,63	98,82	63,24	0,24
11,00	329,85	314,75	9644,43	98,21	59,78	0,23
11,50	305,75	286,65	9439,80	97,16	55,85	0,19
12,00	282,07	258,95	9194,70	95,89	52,29	0,15
12,50	259,08	232,60	8877,08	94,22	51,48	0,12
13,00	236,48	207,89	8530,33	92,36	50,84	0,09
13,50	214,53	186,26	8146,40	90,26	50,65	0,06
14,00	193,42	165,46	7737,60	87,96	49,95	0,04
14,50	173,12	145,49	7296,61	85,42	49,44	0,02
15,00	153,28	125,99	6845,27	82,74	48,76	0,01
Média	791,63	795,13	19663,32	133,93	91,46	
CV (%)	50,62	53,51	64,24	161,88	27,31	

**Apêndice C- Temperaturas bases candidatas (Tb), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de florescimento-frutificação, considerando nove épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.**

Tb candidata	MGDD	Mediana	Variância	Desvio Padrão	Pseudo-sigma	P-valor
-10,00	371,09	346,74	35435,51	188,24	182,33	0,86
-9,50	364,43	341,24	34090,98	184,64	179,37	0,87
-9,00	357,76	335,74	32773,69	181,04	176,41	0,87
-8,50	351,09	330,24	31483,65	177,44	173,44	0,87
-8,00	344,43	324,74	30220,87	173,84	170,48	0,87
-7,50	337,76	319,24	28985,33	170,25	167,52	0,87
-7,00	331,09	313,74	27777,04	166,66	164,56	0,87
-6,50	324,43	308,24	26596,01	163,08	161,59	0,87
-6,00	317,76	302,74	25442,22	159,51	158,63	0,87
-5,50	311,09	297,24	24315,69	155,93	155,67	0,87
-5,00	304,43	291,74	23216,40	152,37	152,70	0,86
-4,50	297,76	286,24	22144,36	148,81	149,74	0,86
-4,00	291,09	280,74	21099,58	145,26	146,78	0,85
-3,50	284,43	275,24	20082,04	141,71	143,81	0,85
-3,00	277,76	269,74	19091,75	138,17	140,85	0,84
-2,50	271,09	264,24	18128,72	134,64	137,89	0,82
-2,00	264,43	258,74	17192,93	131,12	134,93	0,81
-1,50	257,76	253,24	16284,40	127,61	131,96	0,79
-1,00	251,09	247,74	15403,11	124,11	129,00	0,77
-0,50	244,43	242,24	14549,07	120,62	126,04	0,74
0,00	237,76	233,70	13722,29	117,14	123,07	0,74
0,50	231,09	224,70	12922,75	113,68	120,11	0,74
1,00	224,43	215,70	12150,46	110,23	117,15	0,74
1,50	217,76	206,70	11405,43	106,80	114,19	0,74
2,00	211,09	197,70	10687,64	103,38	111,22	0,73
2,50	204,43	188,70	9997,11	99,99	108,26	0,71
3,00	197,76	179,70	9333,82	96,61	105,30	0,68
3,50	191,09	170,70	8697,78	93,26	102,33	0,64
4,00	184,43	161,70	8089,00	89,94	99,37	0,60
4,50	177,76	155,15	7507,46	86,65	96,41	0,58
5,00	171,09	150,15	6953,17	83,39	93,44	0,57
5,50	164,43	145,15	6426,14	80,16	90,48	0,55
6,00	157,76	140,15	5926,35	76,98	87,52	0,52
6,50	151,15	135,15	5449,54	73,82	84,63	0,51
7,00	144,59	130,15	4995,01	70,68	80,93	0,57
7,50	138,04	125,15	4566,78	67,58	77,22	0,84
8,00	131,48	120,15	4164,85	64,54	73,52	0,73
8,50	124,93	115,15	3789,23	61,56	69,81	0,79
9,00	118,42	110,15	3435,30	58,61	65,94	0,83
9,50	111,99	105,15	3100,66	55,68	62,40	0,86
10,00	105,68	100,15	2779,95	52,73	58,61	0,90
10,50	99,49	95,15	2481,24	49,81	54,64	0,92
11,00	93,37	90,15	2210,23	47,01	50,77	0,93
11,50	87,38	85,15	1962,54	44,30	46,90	0,92
12,00	81,55	80,15	1740,08	41,71	43,24	0,88
12,50	75,94	75,15	1544,68	39,30	40,09	0,80
13,00	70,38	70,15	1367,07	36,97	37,13	0,76
13,50	64,88	65,15	1205,78	34,72	34,35	0,73
14,00	59,40	60,15	1057,89	32,53	31,57	0,66
14,50	54,00	55,15	924,34	30,40	28,94	0,55
15,00	48,73	49,35	805,83	28,39	26,72	0,47
Média	205,64	194,64	12857,13	26,55	106,27	
CV (%)	47,34	47,81	81,75	93,52	43,94	

**Apêndice D- Temperaturas bases candidatas (Tb), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de frutificação-maturação, considerando nove épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.**

Tb candidata	MGDD	Mediana	Variância	Desvio Padrão	Pseudo-sigma	P-valor
-10,00	929,83	904,34	76669,00	276,89	301,11	0,76
-9,50	913,44	889,84	73675,69	271,43	295,36	0,76
-9,00	897,05	875,34	70747,96	265,98	289,62	0,76
-8,50	880,67	860,84	67885,84	260,55	283,88	0,76
-8,00	864,28	846,34	65089,31	255,13	278,14	0,75
-7,50	847,89	831,84	62358,38	249,72	272,40	0,75
-7,00	831,50	817,34	59693,05	244,32	266,66	0,74
-6,50	815,11	802,84	57093,31	238,94	260,92	0,74
-6,00	798,72	788,34	54559,18	233,58	255,18	0,73
-5,50	782,33	773,84	52090,64	228,23	249,44	0,72
-5,00	765,94	759,34	49687,69	222,91	243,70	0,70
-4,50	749,55	744,84	47350,35	217,60	237,96	0,69
-4,00	733,17	730,34	45078,60	212,32	232,22	0,67
-3,50	716,78	713,35	42872,44	207,06	226,48	0,66
-3,00	700,39	696,35	40731,89	201,82	220,74	0,65
-2,50	684,00	679,35	38656,93	196,61	214,99	0,64
-2,00	667,61	662,35	36647,57	191,44	209,25	0,62
-1,50	651,22	645,35	34703,81	186,29	203,51	0,60
-1,00	634,83	628,35	32825,64	181,18	197,77	0,58
-0,50	618,44	611,35	31013,07	176,11	192,03	0,55
0,00	602,05	594,35	29266,10	171,07	186,29	0,53
0,50	585,67	577,35	27584,73	166,09	180,55	0,51
1,00	569,28	560,35	25968,95	161,15	174,81	0,47
1,50	552,89	543,35	24418,77	156,27	169,07	0,42
2,00	536,50	526,35	22934,19	151,44	162,13	0,39
2,50	520,11	509,35	21515,20	146,68	153,74	0,42
3,00	503,72	492,35	20161,82	141,99	145,97	0,46
3,50	487,33	475,35	18874,02	137,38	138,19	0,50
4,00	470,94	458,35	17651,83	132,86	130,41	0,52
4,50	454,55	441,35	16495,23	128,43	122,63	0,53
5,00	438,17	424,35	15404,24	124,11	114,86	0,53
5,50	421,78	407,35	14378,83	119,91	107,08	0,52
6,00	405,41	390,40	13416,73	115,83	99,34	0,49
6,50	389,13	374,90	12509,99	111,85	91,74	0,44
7,00	372,88	359,40	11671,84	108,04	84,23	0,37
7,50	356,68	343,90	10899,76	104,40	76,86	0,28
8,00	340,59	328,40	10180,20	100,90	69,71	0,20
8,50	324,58	310,98	9529,54	97,62	62,82	0,13
9,00	308,69	291,98	8919,10	94,44	56,15	0,08
9,50	292,83	272,98	8364,67	91,46	49,60	0,05
10,00	277,00	258,59	7863,25	88,67	45,91	0,04
10,50	261,20	247,29	7413,95	86,10	44,54	0,05
11,00	245,48	235,40	7003,76	83,69	43,32	0,06
11,50	229,86	221,09	6631,67	81,44	42,34	0,06
12,00	214,44	208,59	6291,01	79,32	44,19	0,08
12,50	199,41	190,30	5966,38	77,24	48,02	0,13
13,00	184,54	173,40	5662,54	75,25	51,67	0,23
13,50	169,84	158,05	5378,92	73,34	54,96	0,35
14,00	155,30	143,05	5115,50	71,52	57,93	0,49
14,50	141,01	128,40	4858,37	69,70	60,76	0,58
15,00	127,23	113,90	4576,33	67,65	63,37	0,65
Média	522,00	510,26	28359,56	155,57	154,21	
CV (%)	46,16	47,17	77,06	229,96	56,01	

**Apêndice E- Temperaturas bases candidatas (Tb), média (MGDD), mediana, variância, pseudo-sigma e p-valor do teste Anderson-Darling, para soma térmica do período de emergência-maturação, considerando nove épocas de semeadura para cada temperatura base testada. Santa Maria, RS, Brasil, 2010/2011.**

Tb candidata	MGDD	Mediana	Variância	Desvio Padrão	Pseudo-sigma	P-valor
-10,00	2762,88	2678,48	106562,11	326,44	318,77	0,25
-9,50	2712,88	2627,98	100681,66	317,30	310,81	0,25
-9,00	2662,88	2577,48	94983,83	308,19	302,85	0,26
-8,50	2612,88	2526,98	89468,63	299,11	294,89	0,26
-8,00	2562,88	2476,48	84136,05	290,06	286,92	0,26
-7,50	2512,88	2425,98	78986,10	281,04	278,96	0,25
-7,00	2462,88	2375,48	74018,77	272,06	271,00	0,25
-6,50	2412,88	2324,98	69234,07	263,12	263,03	0,24
-6,00	2362,88	2274,48	64631,99	254,23	255,07	0,23
-5,50	2312,88	2223,98	60212,54	245,38	247,11	0,22
-5,00	2262,88	2173,48	55975,71	236,59	239,14	0,20
-4,50	2212,88	2122,98	51921,50	227,86	231,18	0,19
-4,00	2162,88	2072,48	48049,93	219,20	223,22	0,17
-3,50	2112,88	2021,98	44360,97	210,62	215,26	0,14
-3,00	2062,88	1974,88	40854,64	202,13	207,29	0,12
-2,50	2012,88	1932,88	37530,94	193,73	199,33	0,12
-2,00	1962,88	1890,88	34389,86	185,45	191,37	0,12
-1,50	1912,88	1848,88	31431,41	177,29	183,40	0,12
-1,00	1862,88	1806,88	28655,58	169,28	175,44	0,11
-0,50	1812,88	1764,88	26062,38	161,44	167,48	0,10
0,00	1762,88	1722,88	23651,80	153,79	159,51	0,08
0,50	1712,88	1671,08	21423,85	146,37	151,98	0,06
1,00	1662,88	1616,58	19378,52	139,21	146,61	0,06
1,50	1612,88	1562,08	17515,82	132,35	139,99	0,04
2,00	1562,88	1507,58	15835,74	125,84	133,14	0,03
2,50	1512,88	1453,08	14338,29	119,74	125,28	0,02
3,00	1462,88	1401,64	13023,46	114,12	120,13	0,02
3,50	1412,88	1358,14	11891,25	109,05	120,32	0,02
4,00	1362,88	1314,64	10941,68	104,60	123,47	0,02
4,50	1312,88	1272,08	10174,72	100,87	126,61	0,02
5,00	1262,88	1227,64	9590,39	97,93	123,77	0,05
5,50	1212,88	1184,14	9188,69	95,86	120,59	0,14
6,00	1162,92	1140,64	8968,45	94,70	122,59	0,34
6,50	1113,39	1097,14	8879,21	94,23	124,11	0,51
7,00	1064,20	1053,64	8913,91	94,41	125,26	0,50
7,50	1015,12	1010,14	9096,54	95,38	126,22	0,47
8,00	966,29	966,64	9387,78	96,89	123,71	0,56
8,50	917,78	923,14	9767,23	98,83	123,63	0,61
9,00	869,59	879,64	10226,17	101,12	129,60	0,68
9,50	821,80	821,98	10726,76	103,57	134,97	0,78
10,00	774,42	766,19	11262,17	106,12	140,34	0,85
10,50	727,44	722,69	11800,34	108,63	145,45	0,91
11,00	680,84	679,19	12321,58	111,00	150,21	0,92
11,50	635,15	635,69	12688,80	112,64	153,02	0,91
12,00	590,14	592,19	12940,61	113,76	155,02	0,87
12,50	546,22	548,69	13044,58	114,21	156,47	0,78
13,00	502,83	505,19	13071,82	114,33	157,17	0,66
13,50	460,24	461,99	13006,00	114,04	157,00	0,54
14,00	418,58	419,64	12837,58	113,30	155,97	0,44
14,50	377,96	377,99	12513,64	111,86	156,63	0,38
15,00	338,35	336,54	12021,51	109,64	156,11	0,32
<b>Média</b>	<b>1521,48</b>	<b>1477,51</b>	<b>31619,17</b>	<b>162,53</b>	<b>179,36</b>	
<b>CV (%)</b>	<b>48,04</b>	<b>47,13</b>	<b>90,67</b>	<b>148,23</b>	<b>33,67</b>	