

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
 Programa de Pós Graduação - Engenharia de Sistemas Agrícolas


**TEMPERATURA DO AR APLICADA
 GRAUS-DIA**

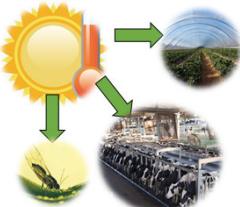
Departamento de Eng. de Biosistemas
 Disciplina (LEB0630) **Agrometeorologia e Aplicada**
 Responsável - Prof. Dr. Paulo Cesar Sentelhas
 Colaborador - Prof. Dr. Gustavo C. Beruski
 E-mail - beruskigc@usp.br




Piracicaba - SP

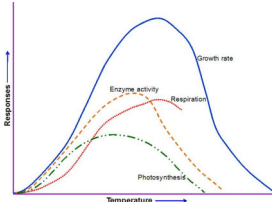
INTRODUÇÃO





Processos fisiológicos

São dependentes da temperatura para ocorrerem de maneira adequada




Precursor dos estudos

Reamur, França - 1735

Desenvolvimento de plantas comparado às variações de temperatura no ambiente

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
 Prof. Dr. Gustavo Beruski
 LEB0630

TEMPERATURAS CARDEAIS

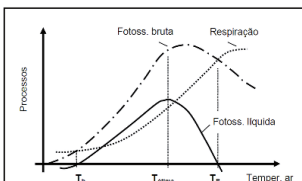


Temperatura do ar

➔


Metabolismo vegetal

- Fotossíntese:
 - Tem um aumento acentuado a partir de baixas temperaturas;
 - Em uma dada temperatura, considerada como ótima a fotossíntese é máxima;
 - Temperaturas acima da ótima, a assimilação diminui, pois eleva-se o gasto com a respiração celular.



Prof. Dr. Paulo Sentelhas
 Prof. Dr. Gustavo Beruski
 LEB0630

TEMPERATURAS CARDEAIS



Fonte: BERGONCI; BERGAMASCHI, 2002


- Estresse térmico
- Redução na fotossíntese
- Faixa favorável
- Aumento na fotossíntese
- Região de adaptação da espécie

Temperaturas Cardeais


- T_b → temperatura basal inferior
- $T_{ótima}$ → temperatura ótima para o desenvolvimento
- T_B → temperatura basal superior

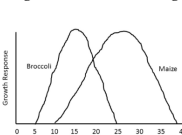
Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
LEBRON

TEMPERATURAS CARDEAIS

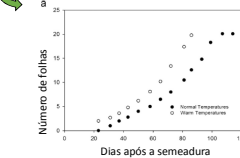


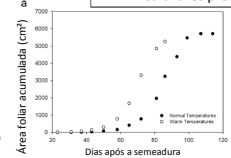
- A relação entre temperatura e desenvolvimento vegetal:
 - Adaptação vegetal a diferentes regiões e épocas do ano.





- Maiores temperaturas cardeais:
 - Plantas clima quente;
 - Cultivares tardias.
- Menores temperaturas cardeais:
 - Plantas de clima frio;
 - Cultivares precoces.





Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
LEBRON

Fonte: Hatfield; Prueger, 2015

UNIDADES TÉRMICA - GRAUS-DIA





Reaumur

Ciclo de uma mesma cultura (var. era variável)

Variação ocorria entre localidades e também entre anos

Fazer o somatório das temperaturas do ar durante os diferentes ciclos

Valores praticamente constantes - **Constante Térmica da Cultura**


- Reaumur:
 - Assumiu que a **Constante Térmica** representa a quantidade de energia que a espécie/variedade necessita para atingir um determinado estágio fenológico ou sua maturação.

Sist. de Unidades Térmicas - Graus-Dia

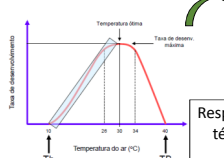




UNIDADES TÉRMICA - GRAUS-DIA

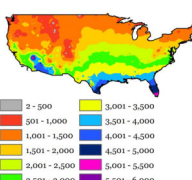


- Graus-dia:
 - Representa a integração das temperaturas efetivas das plantas, considerando seus valores extremos de adaptação;
 - Relaciona o desenvolvimento vegetal a temperatura do ambiente;
 - Pressupõe valores de T_b e T_B e que fora de tais valores as plantas não se desenvolvem, devido ao estresse;
 - Assume na prática que entre T_b e a temperatura ótima há uma relação de crescimento, praticamente, linear.



Respondem mais o tempo térmico comparado ao cronológico


Annual growing degree days (°C)



| | |
|---------------|---------------|
| 2 - 500 | 3,001 - 3,500 |
| 501 - 1,000 | 3,501 - 4,000 |
| 1,001 - 1,500 | 4,001 - 4,500 |
| 1,501 - 2,000 | 4,501 - 5,000 |
| 2,001 - 2,500 | 5,001 - 5,500 |
| 2,501 - 3,000 | 5,501 - 6,000 |

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
1.1.18.0639

CASOS DE USO DE GRAUS-DIA



- Segundo Villa Nova et al. (1972) / Ometto (1981):

Caso I

- Caso mais frequente na natureza;
- Não há limitação de temperatura;
- 90% das condições de campo.

$T_{min} > T_b ; T_{max} < T_B$

$GDi = T_{med_i} - T_b$

Caso II

- Caso menos frequente na natureza;
- Há limitação de temperatura;
- Ocorre quando a T_{min} for menor do que a temperatura basal inferior.
- Ocorre em milho após inverno ou em safrinha.

$T_{min} \leq T_b ; T_{max} < T_B$

$GDi = \frac{(T_{máx_i} - T_b)^2}{2(T_{máx_i} - T_{mín_i})}$

Caso III

- Se a temperatura basal inferior for maior à temperatura máxima do dia

$T_b > T_{max}$

$GDi = 0$

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
1.1.18.0639

CONSTANTE TÉRMICA



- Assim, para cada grau de temperatura acima da T_b tem-se um GD;
- Para que a cultura atinja uma fase fenológica ou a maturação é necessário que se acumule a constante térmica:
- $CT \rightarrow$ total de GDi acumulados (GDA) ao longo da fase ou ciclo.

Constante Térmica = $GDA = \sum_{i=1}^n GDi$



Planejamento de sementeira/colheita




Escolha de variedades



Acompanhamento real do desenvolvimento

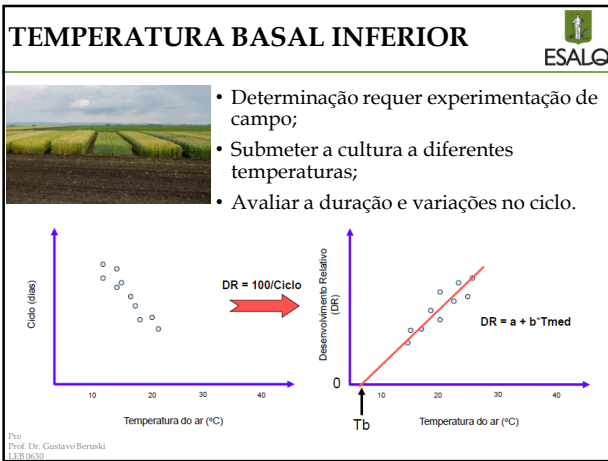
Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
1.1.18.0639

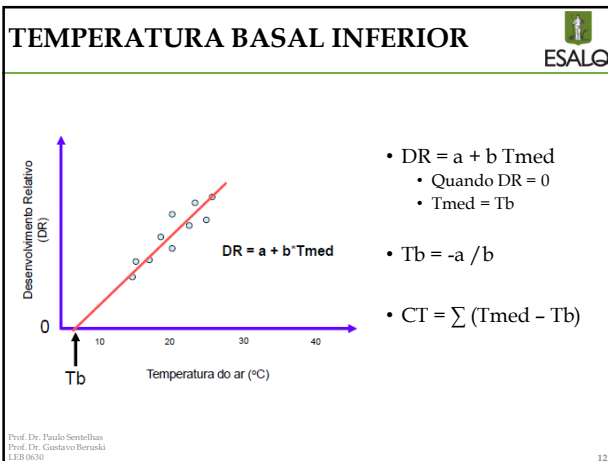
CONSTANTE TÉRMICA



| Cultura | Varietade/Cultivar | Período/Sub-período | Tb (°C) | CT (°C.d) |
|----------------|--------------------|--------------------------|---------|-----------|
| Arroz | IAC4440 | Semeadura-Maturação | 11,8 | 1985 |
| | | Semeadura-Emergência | 18,8 | 70 |
| | | Emergência-Floração | 12,8 | 1246 |
| Abacate | Raça Anitlhana | Floração-Maturação | 12,5 | 402 |
| | Raça Guatemalense | Floração-Maturação | 10,0 | 2900 |
| | Híbridos | Floração-Maturação | 10,0 | 4200 |
| Feijão | Carioca 80 | Emergência-Floração | 3,0 | 813 |
| Girassol | Contisol 621 | Semeadura-Maturação | 4,0 | 1715 |
| Milho Irrigado | IAC-Anhady | Semeadura-Maturação | 5,0 | 1740 |
| | AG510 | Semeadura-Flor Masculino | 10,0 | 800 |
| | BR201 | Semeadura-Flor Masculino | 10,0 | 834 |
| | BR106 | Semeadura-Flor Masculino | 10,0 | 851 |
| Soja | DINA170 | Semeadura-Flor Masculino | 10,0 | 884 |
| | UFV-1 | Semeadura-Maturação | 14,0 | 1340 |
| | Paraná | Semeadura-Maturação | 14,0 | 1030 |
| Cafeeiro | Víçoja | Semeadura-Maturação | 14,0 | 1230 |
| Cafeeiro | Mundo Novo | Florescimento-Maturação | 11,0 | 2642 |
| Videira | Niagara Rosada | Poda-Maturação | 10,0 | 1550 |
| | Itali/Rubi | Poda-Maturação | 10,0 | 1990 |

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
11/08/2020





VANTAGENS E DESVANTAGENS

Vantagens

- Simples aplicação e entendimento
- Resultados satisfatórios para maioria das culturas

Desvantagens

- Não se aplica a culturas sensíveis ao fotoperíodo

| Soja x GD x Fotoperíodo x Época de Semeadura | | |
|--|-------------------------|----------|
| Campinas, SP | CI (°C dia) - Tb = 14°C | |
| Semeadura | cv precoce | cv média |
| 17/10 | 1188 | 1565 |
| 07/11 | 1037 | 1517 |
| 25/11 | 1027 | 1339 |
| 20/12 | 950 | 117 |

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
1.12.0620

APLICAÇÃO DO CONCEITO

PREDIÇÃO DE PERÍODOS CRÍTICOS

Florescimento

Maturação

- Programação de práticas de manejo:
 - Estimativas de datas de colheitas de maçãs, de dois genótipos, após quebra de dormência;
 - Duração do período de crescimento vegetativo, ou até o florescimento;
 - Evolução do índice de área foliar, e conseqüentemente, de produção de biomassa.

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
1.12.0620


APLICAÇÃO DO CONCEITO

- Acúmulo de graus-dia visando estimar a evolução do IAF;
- Modelo Linear Seguintado:
 - Subdivisão é a Antese.
- Híbrido precoce = 900 graus-dia;
- Temperatura basal = 8°C;
- Período entre e emergência e máximo IAF.
- Maturação Fisiológica 1800 graus-dia.



Müller et al. (2005)

Bergamaschi et al. (2006)

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
1.12.0620

APLICAÇÃO DO CONCEITO 

Se a semeadura do milho ocorrer em 14 de Novembro, qual será a data média prevista em que ocorrerá a antese, se para isso são necessários 900 °C dia. Considere uma temperatura basal de 8 °C e as temperaturas médias mensais de Nov 23,3°C / Dez 23,5°C / Jan 23,9°C / Fev 23,9°C / Mar 23,2°C

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
13/09/2020

APLICAÇÃO DO CONCEITO 

Se, para uma indústria de conservas de ervilha, é desejável colher a partir de 15 de Março, qual deverá ser a data de semeadura para que a cultura chegue à maturação naquela data?

Dados do exercício
Ervilha cultivar semi-precoce
Tb = 6 °C e GDA = 1300 °C d⁻¹

Temperaturas médias mensais
Jan 23,9°C / Fev 23,9°C / Mar 23,2°C



Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
13/09/2020

APLICAÇÃO DO CONCEITO 



• Maças Gala vs Fuji

- Temperatura basal inferior = 4,5°C
- cv Gala → Graus-dia médio acumulado até o início da colheita = 2324 °C dia
- cv Fuji → Graus-dia médio acumulado até o início da colheita = 3351 °C dia

Quando realizar o processo de quebra de dormência para colher as cv no momento de melhor preço?



Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
13/09/2020

Cardoso 2011

LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE GRAUS-DIA 

1. Verifica-se que o efeito da elevação da temperatura sobre o metabolismo das plantas não se expressa de forma linear;
2. Há variação na resposta das plantas às modificações na temperatura:
 1. Para plantas de clima frio as temperaturas cardiais são inferiores e seu metabolismo básico é mais responsivo a baixas temperaturas;
 2. Em genótipos precoces há menor necessidade térmica para completar seu desenvolvimento, o que favorece uma resposta positiva em baixas temperaturas.
3. Há efeito da temperatura do solo no desenvolvimento das plantas, especialmente durante as fases iniciais do desenvolvimento;
4. Não há uma constância do efeito da temperatura no ciclo vegetal.

Mesmo com limitações o método é amplamente utilizado. Já que representa um índice estável, geral, válido para qualquer região.

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
E-IBR030

EFEITO DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO DE INSETOS 

Temperatura do ar

- Regula o metabolismo;
- Relação direta com taxa de desenvolvimento;
- Relação inversa com a duração do ciclo de desenvolvimento da praga.



Conceito de Graus-dia:

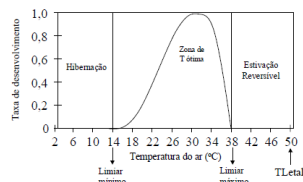
- Aplicado ao desenvolvimento de insetos, visto que observações mostram que eles completam seu desenvolvimento mais rapidamente durante períodos quentes do que em períodos mais frios.



Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
E-IBR030

EFEITO DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO DE INSETOS 

- Diferença entre plantas e insetos:
 - Zona de Hibernação;
 - Zona de Estivação Reversível;
 - Temperaturas letais.



Procedimentos de cálculo

Utiliza os mesmos conceitos aplicados para os vegetais


Fórmulas

Ciclo da Praga = $CT / (T_{med} - T_b)$

$GDA = \sum_{i=1}^n GD_i = (T_{med_i} - T_b) C$


Nº de gerações = Tempo / Ciclo

Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
E-IBR030


APLICAÇÃO DO CONCEITO DE GRAUS-DIA NO MANEJO DE INSETOS 

→ **Determinação do número de gerações de uma praga em diferentes regiões:**

Sabendo-se a Tmed anual das localidades abaixo, pode-se determinar a duração média do ciclo da praga ao longo do ano e com isso o número de gerações. Essa informação é fundamental e estratégica para a adoção de práticas de controle.

Praga: Broca do Café (CT = 240°C d-1 e Tb = 15°C) 

Locais: Ribeirão Preto (22,4°C), SP, Barra (25,5°C) BA e Maringá (16,4°C), PR



Prof. Dr. Paulo Sentelhas
Prof. Dr. Gustavo Beruski
ESALQ
