

ACÚMULO DE GRAUS DIA NOS DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO FEIJÃO-CAUPI NA REGIÃO DO CARIRI CEARENSE

ANTONIA RAQUEL DE MORAIS ALCÂNTARA¹; JOÃO CAUÃ CUSTÓDIO XENOFONTE¹; ISADORA ÊDUA DA SILVA LIMA LUCENA²; ANA CÉLIA MEIRELES OLIVEIRA³ E FRANCISCA MIRLEY AGOSTINHO SILVA¹

¹ Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB), Universidade Federal do Cariri (UFCA), Rua Ítalo de Sousa Moreira, n.126, Muriti, CEP: 63130-025, Crato, Ceará, Brasil, <https://orcid.org/0009-0007-1991-8785>, raquel.morais@aluno.ufca.edu.br; <https://orcid.org/0009-0004-9792-5604>, joao.caua@aluno.ufca.edu.br; <https://orcid.org/0009-0005-6549-400X>, agostinho.mirley@aluno.ufca.edu.br.

² Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), Universidade Federal do Cariri (UFCA), Rua Ítalo de Sousa Moreira, n.126, Muriti, CEP: 63130-02, Crato, Ceará, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-3968-5639>, isadora.edua@aluno.ufca.edu.br.

³ Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB), Universidade Federal do Cariri (UFCA), Rua Ítalo de Sousa Moreira, n.126, Muriti, CEP: 63130-025, Crato, Ceará, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-8860-2043>, ana.meireles@ufca.edu.br.

RESUMO: O feijão-Caupi é uma das leguminosas mais cultivada do mundo. Este estudo teve como objetivo comparar dois métodos de cálculo de graus dia (GD) para determinar o acúmulo térmico necessário para o desenvolvimento do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.). O experimento foi realizado na Universidade Federal do Cariri (UFCA) de maio a agosto de 2024. Para o cálculo de graus dias, foram empregados os métodos de Ometto e Dufault. O acúmulo de graus dia foi calculado de acordo com os diferentes estádios fenológicos do feijão. A comparação dos métodos foi realizada por meio de teste de médias. O método de Dufault apresentou os maiores valores de graus dia acumulados em todas as fases fenológicas (1.940,71 °C), indicando um ciclo de desenvolvimento mais rápido em comparação ao método de Ometto (1.597,27 °C), que apresentou um acúmulo menor. As diferenças significativas entre os métodos ($p \leq 0,01$) destacam a importância da escolha do cálculo para um manejo mais eficiente da cultura em diferentes condições climáticas.

Palavras-chave: desenvolvimento, acúmulo térmico, fatores climáticos.

ACCUMULATION OF DEGREE DAYS IN THE DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES OF COWPEA IN THE CARIRI REGION OF CEARÁ

ABSTRACT: Cowpea is one of the most cultivated legumes in the world. This study aimed to compare two degree-day (GD) calculation methods to determine the thermal accumulation necessary for the development of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). The experiment was carried out at the Federal University of Cariri (UFCA) from May to August 2024. The Ometto and Dufault methods were used to calculate degree days. The accumulation of degree days was calculated according to the different phenological stages of the bean plants. A comparison of methods was carried out via the means test. Compared with the Ometto method, the Dufault method presented the highest accumulated degree-day values in all phenological phases (1,597.27 °C), indicating a faster development cycle, which presented lower accumulation (1,940.71 °C). The significant differences between the methods ($p \leq 0.01$) highlight the importance of choosing the calculation for more efficient crop management under different climatic conditions.

Keywords: development, thermal accumulation, climatic factors.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das exigências agroclimáticas das culturas é uma ferramenta que auxilia o planejamento agrícola, visando maior produtividade, rentabilidade e diminuição de perdas por fatores climáticos (Pereira *et al.*, 2014). Um dos índices mais utilizados para relacionar o grau de desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar é o grau dia (GD) (Farias *et al.*, 2015; Santos; Carvalho, 2020). O conceito de grau dia parte do seguinte princípio: o desenvolvimento de uma espécie vegetal está relacionado com o meio em cada fase fenológica ou no ciclo da cultura e é controlado a partir da soma térmica diária necessária para cada estágio (Renato *et al.*, 2013).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma das leguminosas mais cultivadas no mundo, sendo comercializada como grãos secos (mercado principal), grãos imaturos (feijão fresco ou verde), farinha para acarajé e sementes (Silva *et al.*, 2018). No Brasil, a produção de feijão-caupi era historicamente concentrada no Nordeste, mas começou a se expandir para o Centro-Oeste, especialmente em Mato Grosso, a partir de 2006. Entre 2016 e 2018, o cultivo se intensificou em ambas as regiões, com destaque para Tocantins, Pará, Ceará, Piauí, Bahia (especialmente no Oeste), Pernambuco e Mato Grosso (Costa, 2020).

Este trabalho tem como objetivo comparar dois métodos distintos de cálculo de graus dia (GD) para assim determinar o acúmulo térmico necessário para o desenvolvimento de cada estágio do feijão-caupi.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo de experimentação agrícola do Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) da Universidade Federal do Cariri, (UFCA/Crato), localizada à 7°14' S, 39°22' O e 423 m. O plantio do feijão-caupi foi realizado em 08 de maio de 2024, em uma área de 31,7 m², com linhas de plantas espaçadas a 0,7 m entre si, e 0,25 m entre plantas na linha (8 plantas por linha).

A cultivar utilizada nesse estudo foi crioula, representando o que é mais difundido pelos produtores da região. Foram selecionadas aleatoriamente 12 plantas no estande para o acompanhamento das fases fenológicas. Utilizou-se um conjunto de dados climatológicos diários referente ao período de 8 de maio à 15 de agosto, obtidos numa estação meteorológica automática (EMA), instalada à 60 m da área experimental. Um resumo das variáveis meteorológicas utilizadas está descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de temperatura do ar máxima (T_{máx}), mínima (T_{mín}), e média (T_{méd}); umidade relativa do ar máxima (UR_{máx}), mínima (UR_{mín}), e média (UR_{med}); velocidade do vento (V), radiação global (Rs) e precipitação (P), referentes ao período de 08 de maio à 15 de agosto de 2024.

| Dados | Maior | Menor | Média | Total |
|--|-------|-------|-------|-------|
| T _{máx} (°C) | 34,4 | 28,3 | 31,6 | - |
| T _{mín} (°C) | 27,6 | 15,6 | 20,4 | - |
| T _{méd} (°C) | 29,0 | 23,7 | 25,4 | - |
| UR _{máx} (%) | 99,3 | 54,3 | 87,5 | - |
| UR _{mín} (%) | 65,6 | 31,0 | 48,5 | - |
| UR _{méd} (%) | 87,3 | 49,0 | 69,1 | - |
| V (m s ⁻¹) | 2,5 | 0,3 | 1,0 | - |
| Rs (MJ m ⁻² d ⁻¹) | 29,2 | 12,4 | 19,8 | - |
| P (mm) | 10,2 | 0,0 | 0,6 | 56,6 |

Fonte: Autores (2025)

A fim de realizar um balanço hídrico diário (BHD) para o feijão caupi, foi contabilizado as entradas e saídas de água no sistema (Thorntwaite; Mather, 1955), considerando-se a precipitação (P), que foi coletada por um pluviômetro; a irrigação (I), correspondente a reposição hídrica realizada no período; o excedente hídrico (EXC), obtido quando a precipitação foi maior que a ETc; e o déficit hídrico (DEF), obtido quando a precipitação foi inferior a ETc ($P < ETc$).

As avaliações na cultura do feijão-caupi seguiram o ciclo fenológico descrito por Oliveira *et al.* (2018). O desenvolvimento da planta

inicia-se com a germinação (V0) e emergência (V1), seguida pelo surgimento das folhas primárias (V2), da primeira folha composta (V3) e da terceira folha trifoliolada (V4). Posteriormente, ocorre o período pré-floração (R5), a floração (R6), a formação (R7) e o enchimento das vagens (R8), até atingir a maturação (R9), que foram resumidas em estabelecimento, crescimento, florescimento, produção e por último maturação e/ou senescência (Moura *et al.*, 2012). Para o cálculo de graus dia utilizou-se os métodos descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Métodos de cálculo de graus dia.

| Métodos | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Ometto (1981) | Dufault (1997) |
| $GD = \frac{TM - Tm}{2} - Tb$ | $GD = \frac{TM - Tm}{2} + Tm - Tb$ |
| Quando $TB < TM$ | Quando $TB > TM > Tm > Tb$ |

GD = graus dia (°C); TM = temperatura máxima do dia (°C); Tm = temperatura mínima do dia (°C); TB = temperatura basal superior e Tb = temperatura basal inferior (°C).

Fonte: Renato *et al.* (2013)

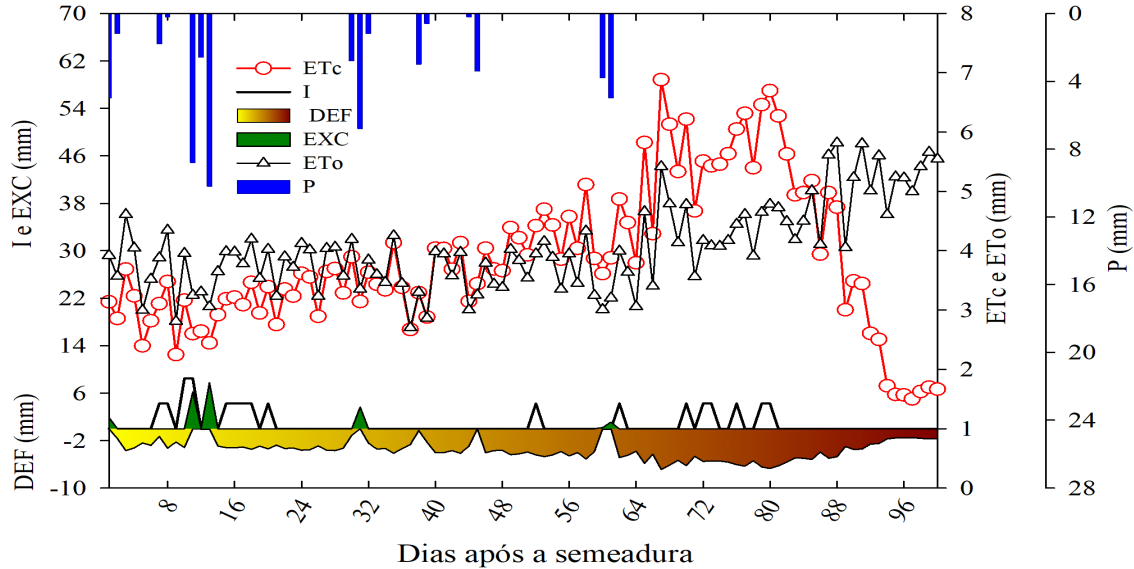
Após a obtenção dos dados, realizou-se a análise estatística pelo teste t por meio do programa SISVAR (Ferreira, 2019) para comparar os métodos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no BHD (Figura 1), a precipitação acumulada foi de 56,6 mm, com maior concentração de chuvas na primeira metade do ciclo do feijão, apresentando também

um excedente hídrico de 20,8 mm. O suprimento hídrico total aplicado durante o ciclo do feijão, foi de 80,4 mm. A ETo (Penman Monteith - FAO) acumulada para o período foi de 404,9 mm, com média diária de 4,1 mm. Em relação a ETc, obteve-se valores médios de 2,9; 3,5; 5,1; 3,4 mm dia⁻¹ para as fases de estabelecimento, crescimento, florescimento, produção e maturação/senescência respectivamente, com valor máximo de 6,9 mm dia⁻¹, obtido aos 67 dias.

Figura 1. Balanço hídrico diário para o ciclo de cultivo do feijão-caupi, em que:



DEF: déficit hídrico, EXC: excedente hídrico, P: precipitação, ET0: evapotranspiração de referência (PM), I: irrigação e ETc: evapotranspiração da cultura.

Fonte: Autores (2025)

Os resultados da análise dos graus dia acumulados e médios para o feijão-caupi revelaram diferenças significativas entre os métodos 1 (Ometto) e 2 (Dufault) em todos os estádios fenológicos, indicando, então, a importância da escolha do método adequado, pois é crucial para avaliar e manejar eficientemente o feijão-caupi, especialmente em regiões com variação climática. O método 2 apresentou os maiores valores médios de graus dia acumulados, variando de 19,12 °C durante o estágio de estabelecimento a 18,27 °C no florescimento e produção, em comparação aos valores inferiores obtidos pelo método 1 (16,36 °C e 15,28 °C, respectivamente).

De modo similar, os graus dia médios foram significativamente maiores no método 2, com médias que chegaram a 21,92 °C na fase de maturação e senescência, em contraste com os 17,04 °C observados no método 1 (Tabela 3). Essas diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,01$) sugerem que a escolha do método de cálculo pode influenciar o manejo da cultura. Rodrigues *et al.* (2019), obtiveram em seu estudo com feijão-caupi cv. BRS Pujante um acúmulo de graus dias total entre 995,95 e 1.344,60 graus dias ao longo do ciclo, referentes à primeira e última colheita, respectivamente. Esses valores foram inferiores aos resultados obtidos através dos dois métodos utilizados neste trabalho (1 - 1.597,27 e 2 - 1.940,71 °C).

Tabela 3. Graus dia acumulado e médios para os diferentes estádios fenológicos da cultura do feijão-caupi na região do Cariri, CE

| Estádios Fenológicos | Duração (dias) | Graus dia para o Feijão-caupi | | | |
|--------------------------|-------------------|-------------------------------|----------|-------------|----------|
| | | Acumulado (°C) | | Médias (°C) | |
| | | Método 1 | Método 2 | Método 1 | Método 2 |
| Estabelecimento | 22 | 359,91 | 420,54 | 16,36 b* | 19,12 a* |
| Crescimento | 24 | 378,93 | 464,26 | 15,79 b* | 19,35 a* |
| Florescimento e produção | 35 | 534,66 | 639,41 | 15,28 b* | 18,27 a* |
| Maturação e Senescência | 19 | 323,77 | 416,51 | 17,04 b* | 21,92 a* |
| Total | 100 | 1.597,27 | 1.940,71 | 15,98 b* | 19,41 a* |

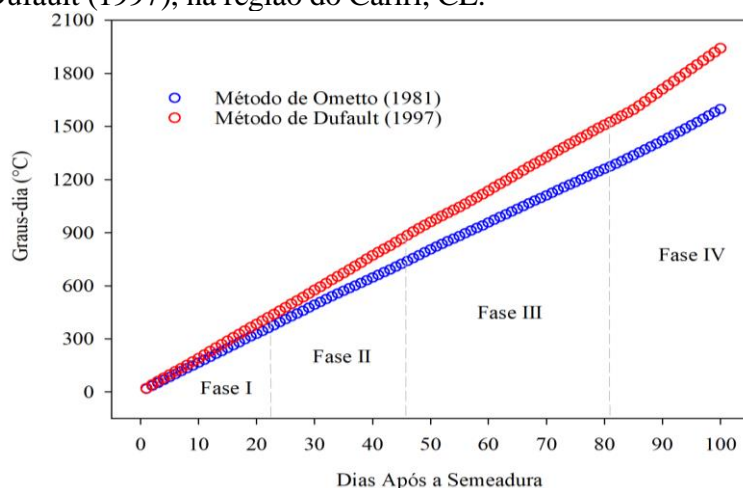
* Significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste t.

Fonte: Autores (2025)

Comprando os dois métodos de cálculo de graus dia acumulados ao longo do ciclo da cultura do feijão-caupi, observa-se diferenças significativas entre eles (Figura 2). O método 2 acumula graus dia mais rapidamente, resultando

em valores consistentemente mais elevados em todas as fases fenológicas. Em contraste, o método 1 apresenta um acúmulo menos acentuado, o que pode indicar um ciclo de desenvolvimento mais lento (Figura 2).

Figura 2. Acúmulo de graus dia para a cultura do feijão-caupi de acordo com os métodos de Ometto (1981) e Dufault (1997), na região do Cariri, CE.



Fonte: Autores (2025)

Em seu estudo, Renato *et al.* (2013), também observaram valores menores de acúmulo de graus dia utilizando o método de Ometto em relação a outros métodos. Isso ocorre porque esse método leva em conta tanto a temperatura basal inferior quanto a superior, aplicando penalizações mais rigorosas nos dias em que a temperatura máxima excede o valor da temperatura basal superior (TB).

4 CONCLUSÕES

O valor de graus dias acumulado para a cultura do feijão caupi segundo os métodos Ometto e Dufault, foram de 1.597,27 e 1.940,71 °C, respectivamente. O método de Dufault apresentou valores superiores em 16,84, 22,51, 19,59 e 28,64% superiores ao método de Ometto nas fases de estabelecimento, crescimento, florescimento, produção e maturação/senescência, respectivamente. Os valores de graus dia acumulados foram mais altos com o método de Dufault (359,91°C a 639,41°C) e mais baixos com o método de Ometto (323,77°C a 534,66°C).

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) da Universidade Federal do Cariri (UFCA) e ao grupo de ensino tutorado PETagronomia pelo apoio e logística para realização do trabalho, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo seu apoio financeiro aos bolsistas participantes desta pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- COSTA, A. F. **Cadernos do Semiárido Riquezas e oportunidades.** Feijão - Caupino Semiárido Brasileiro. Recife: CREA-PE: Editora UFRPE, 2020. v. 17, n. 3.
- DUFAULT, R. J. Determining heat unit requirements for broccoli in coastal South Carolina. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 2, p. 169-174, 1997.

- FARIAS, V. D.; COSTA, D. L.; SOUZA, P. J.; TAKAKI, A.; LIMA, M. J. Temperaturas basais e necessidade térmica para o ciclo de desenvolvimento do feijão-caupi. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 11, n. 21, p. 1781-1792, 2015.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- MOURA, J. Z.; PÁDUA, L. E. M.; MOURA, S. G.; TORRES, J. S.; SILVA, P. R. R. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 66-71, 2012.
- OLIVEIRA, M. G. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C. M.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. C. S.; LOBO JUNIOR, M.; SILVEIRA, P. M. **Conhecendo a Fenologia do Feijoeiro e Seus Aspectos Fitotécnicos**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 2018.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.
- PEREIRA, V. G.; GRIS, D. J.; MARANGONI, T.; FRIGO, J. P.; AZEVEDO, K. D.; GRZESIUCK, A. E. Exigências agroclimáticas para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Cascavel, v. 3, n. 1, p. 32-42, 2014.
- RENATO, N. D. S.; SILVA, J. B. L.; SEDIYAMA, G. C.; PEREIRA, E. G. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 382-388, 2013.
- RODRIGUES, J. S.; SILVA, M. G. G.; SOUSA, J. S. C.; SIMÕES, W. L.; LORENZO, V. P. Tensiometria e balanço hídrico climatológico no manejo de irrigação do feijão-caupi “BRS Pujante”. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 7, n. 3, p. 294-305, 2019.
- SANTOS, H. T.; CARVALHO, D. F. Graus dias acumulados para a cultura do feijão caupi / Degree-days accumulated for the cowpea. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São José dos Pinhais, v. 3, n. 3, p. 2506-2512, 2020.
- SILVA, M. B. O.; CARVALHO, A. J.; ROCHA, M. M.; BATISTA, P. S. C.; SANTOS JÚNIOR, P. V.; OLIVEIRA, S. M. Desempenho agronômico de genótipos de feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 1059-1066, 2018.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Climatology**, Centerton, v. 8, n. 1, p. 1-101, 1955.