

Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)

Study of phenology and combinatorial capacity of maize (Zea mays) lines

DANIELA LIBOREDO E SOUZA

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: liboredodaniela@unipam.edu.br

WALTER VIEIRA DA CUNHA

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: walter@unipam.edu.br

LUCAS ANTÔNIO RODRIGUES

Engenheiro Agrônomo (ANQA)

E-mail: lucas.rodrigues@anqa.com.br

VINÍCIUS BUZINATO BRAGA

Técnico Agrícola (ANQA)

E-mail: vinicius.braga@anqa.com.br

RONAN ALVES GONDIM

Engenheiro Agrônomo (ANQA)

E-mail: ronan1alves@hotmail.com

WILLIAN MOREIRA SILVA

Discente do curso de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: willianmoreira@unipam.edu.br

Resumo: O milho é o segundo grão mais cultivado no Brasil, e sua produtividade está intrinsecamente ligada à qualidade genética do material utilizado. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a fenologia para identificar combinações mais eficazes entre linhagens, visando impulsionar a produção de híbridos. Para a instalação do experimento, foram utilizadas seis linhagens de milho, distribuídas em blocos de área útil de nove m², considerando cada uma das cinco plantas avaliadas como uma repetição. Durante as avaliações, os dados fenológicos foram analisados separadamente e submetidos a análises de desvio padrão e coeficiente de variação. Adicionalmente, foram registrados os dias necessários para atingir a maturidade reprodutiva feminina e masculina de cada material, com o intuito de inferir o *split* ideal. A análise revelou que, no parâmetro de avaliação que assegura uma boa plantabilidade de machos e fêmeas, ou seja, na distância ideal entre linhas, o material A apresenta vantagens quando utilizado como macho, devido à sua altura em relação aos demais. Todas as linhagens demonstraram produções estimadas acima da média brasileira; no entanto, aquelas que se destacaram em termos de produtividade foram as linhagens D e E, juntamente com os principais cruzamentos que as envolvem.

Palavras-chave: melhoramento genético; campo de sementes; *split*.

Abstract: Corn is the second most cultivated grain in Brazil, and its productivity is intrinsically linked to the genetic quality of the material used. In this context, this study aimed to analyze phenology to identify more effective combinations among lines, aiming to boost hybrid production. For the experiment setup, six corn lines were used, distributed in blocks of a useful area of nine m², considering each of the five evaluated plants as a repetition. During the assessments, phenological data were analyzed separately and subjected to standard deviation and coefficient of variation analyses. Additionally, the days required to reach female and male reproductive maturity for each material were recorded to infer the ideal split. The analysis revealed that, in the evaluation parameter ensuring good plantability of males and females, i.e., the ideal row spacing, material A has advantages when used as a male, due to its height compared to the others. All lines demonstrated estimated productions above the Brazilian average; however, those that stood out in terms of productivity were lines D and E, along with the main crosses involving them.

Keywords: genetic enhancement, seed field, split.

1 INTRODUÇÃO

O milho é o segundo grão mais cultivado no Brasil e sua cultura apresentou avanços consideráveis desde a sua implementação na agricultura brasileira. No entanto, a produtividade nacional ainda não atingiu seu potencial máximo (ARTUZO *et al.*, 2019). Em comparação com os Estados Unidos da América, o Brasil colhe, em média, 6,3 toneladas por hectare a menos (CONAB, 2023; BARRETT, 2022).

Diante desse cenário, as empresas direcionam seus esforços para explorar características na base genética do milho, como resistência a doenças e pragas, maior espessura de colmo, menor estatura das plantas e, claro, o aumento da produtividade, visando otimizar o potencial produtivo brasileiro (CAETANO, 2022). Contudo, o estudo da adaptação da planta ao território nacional, levando em consideração as características genéticas, apresenta desafios significativos, especialmente dada a diversidade edafoclimática dessa extensa área (RESENDE *et al.*, 2010). Além disso, destaca-se a carência de pesquisas relacionadas à produção de sementes na região do Alto Paranaíba, mesmo considerando o notável crescimento dessa produção nos últimos 10 anos (SANTOS, 2019).

Considerando que, dos 22.152,3 mil hectares cultivados com milho no Brasil (CONAB, 2023), em média, 80% são destinados à produção de sementes híbridas (COSTA *et al.*, 2019), torna-se de suma importância aprofundar o estudo das linhagens, que desempenham um papel crucial na produção de sementes de milho híbrido (XIAO *et al.*, 2021). Nesse contexto, o aumento da produtividade deve derivar da observação e experimentação das características genéticas e fenológicas das linhagens, visto que a produção de sementes se inicia com o estudo e a seleção de linhagens de milho.

Uma das melhorias genéticas aplicadas nas sementes é a tecnologia Roundup Ready (RR2), que se refere à tolerância à molécula do glifosato, um herbicida amplamente utilizado pelos produtores rurais para o controle de plantas daninhas (ALBRECHT *et al.*, 2014). Além disso, outra tecnologia comumente presente nos híbridos

plantados no Brasil é a tecnologia “Bt”, que envolve a introdução do gene *cry* no milho, conferindo resistência a lagartas e pragas (CARNEIRO *et al.*, 2009).

Por outro lado, ao considerar propriedades fenológicas e partindo do pressuposto de que a produção de sementes fundamenta-se no cruzamento entre linhagem fêmea e macho, torna-se crucial garantir a coincidência das épocas de florescimento masculino e feminino dos materiais para uma polinização eficiente (VIEGAS; KRUG, 1951). Diante disso, destaca-se a importância da análise das datas de florescimento das linhagens em condições de campo para determinar o *split* (HODGES, 1991). Nesse contexto, a observação da velocidade de abertura das anteras assume primordial importância para a contagem do período de polinização e, potencialmente, caracterizar a linhagem como o “macho” (GIORGI NETO, 2017).

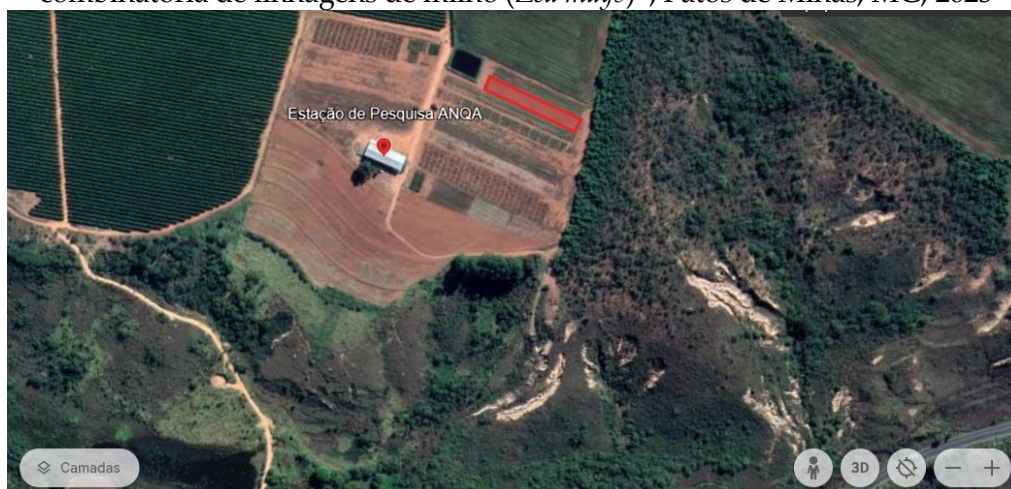
Considerando que a produção de híbridos simples, duplos e triplos está intrinsecamente ligada à produtividade das linhagens, torna-se interessante avaliar os dados de produtividade dessas linhagens (EMYGDIO; IGNACZAK; CARGNELUTTI FILHO, 2007). Em consequência, é possível estimar a produtividade dos híbridos por meio da interpretação do gráfico de *topcross* proposto por Jenkins e Bruson (1932). Provavelmente, as combinações que apresentarem os melhores resultados por esse método serão os híbridos mais vigorosos.

O presente estudo fundamenta-se na necessidade de assertividade ao implantar um campo de sementes, tendo como objetivo avaliar as características fenológicas e genotípicas de seis linhagens de milho.

2 METODOLOGIA

O experimento foi implantado na Estação de Pesquisa Experimental ANQA, situada a 18°45'05"S e 46°39'35"W, na Fazenda Recanto, integrada ao Complexo JK da empresa AUMA Negócios, às margens da BR 365, Km 429, conforme ilustrado na Figura 1, no município de Patos de Minas - MG.

Figura 1: Delimitação da área experimental (em vermelho) usada na Estação de Pesquisa ANQA utilizada na condução do experimento: “Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)”, Patos de Minas, MG, 2023



Fonte: Google Earth (2023).

O plantio manual foi realizado em 13 de março de 2023, à profundidade de 5 cm, em uma área com pH previamente corrigido conforme os resultados da análise química do solo. Adotou-se um espaçamento de 50 cm entre linhas e 4 plantas por metro linear, totalizando uma população de 80.000 plantas por hectare. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com blocos de 4 metros por 10 linhas, totalizando 20 m². Para a área útil da parcela, consideraram-se as 6 linhas centrais, excluindo 0,5 m de bordadura. A avaliação envolveu 5 plantas de cada bloco, considerando cada planta como uma repetição.

Realizaram-se duas adubações de ureia em cobertura, seguindo as recomendações para a extração da cultura. Além disso, foi implementado o manejo fitossanitário da lavoura conforme a necessidade.

Os ensaios de produtividade das linhagens foram conduzidos em áreas distintas, onde as linhagens foram multiplicadas, em uma área também corrigida conforme a análise de solo. Assim, os dados foram obtidos com base na análise das sementes peneiradas, sendo necessário realizar a divisão da quantidade colhida pela média do peso líquido de 60.000 sementes.

Foram analisados os dias nos quais as plantas atingiram os diferentes estádios de desenvolvimento. Para os estádios pré-emergentes, foi necessário desenterrar a semente para avaliar a velocidade de crescimento. Todas as avaliações foram conduzidas às 9 horas para a padronização dos resultados. A análise de ¼ de emergência corresponde a 1,25 cm, ½ de emergência corresponde a 2,5 cm de plântula, e os demais estádios foram avaliados conforme descrito na Tabela 1 até V6; posteriormente, somente o estágio VT foi avaliado.

Tabela 1: Estádios reprodutivos do milho e suas características utilizados na avaliação do experimento: “Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)”, Patos de Minas, MG, 2023

| Estádios | Características |
|----------|------------------------|
| VE | Emergência |
| V1 | Primeira folha |
| V2 | Segunda folha |
| V3 | Terceira folha |
| V6 | Sexta folha |
| V9 | Nona folha |
| V12 | Décima segunda folha |
| V15 | Décima quinta folha |
| V18 | Décima oitava folha |
| VT | Pendoamento |
| R1 | Florescimento |
| R2 | Grão leitoso |
| R3 | Grão pastoso |
| R4 | Grão farináceo |
| R6 | Maturidade fisiológica |

Fonte: Ritchie, Hanway e Benson (2003).

A altura das plantas foi mensurada com o auxílio de uma fita métrica, desde a base do colmo até a folha bandeira. A partir da folha bandeira, o comprimento do pendão também foi medido com a fita métrica. A altura da inserção da espiga foi medida da base do colmo até a primeira espiga da planta (aquela mais distante do solo). Posteriormente, por meio de análise visual, determinou-se a cor do pendão (amarelo ou roxo), e procedeu-se à contagem da quantidade de espigas por planta.

As observações do florescimento masculino foram realizadas pela contagem manual do número de ramificações do pendão e pela observação da proporção de anteras abertas ao longo dos dias de avaliação. Quanto ao florescimento feminino, registrou-se seu ápice, ou seja, com 3 cm de estilo estigma na boneca.

Para o cálculo da dispersão de pólen, foi elaborada uma tabela conforme a metodologia mencionada anteriormente, levando em consideração a altura média do pendão das linhagens masculinas e a inserção da espiga das linhagens femininas. Dessa forma, utilizando o ângulo de $22,5^\circ$ de dispersão para cada lado e a fórmula para o cálculo do raio ($0,5579.h$), determinou-se que o raio correspondia à distância segura de plantio entre linhas. Para verificar a uniformidade das linhagens, foram analisados o desvio padrão e o coeficiente de variação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as médias e desvios padrão de altura de plantas, espigas por planta, inserção de espiga, tamanho do pendão e ramificações das linhagens A, B, C, D, E e F, além do coeficiente de variação de cada uma. Os coeficientes de variação foram analisados conforme o método de Scapim, Carvalho e Cruz (1995), indicando que CVs de até 10% são considerados baixos, de 10 a 20% médios, de 20 a 30% altos, e muito altos quando superiores a 30%.

Observou-se que as linhagens A, B e E apresentaram variação baixa, enquanto C, D e F mostraram variação média. A hipótese levantada sobre a instabilidade das variedades mencionadas por último fundamenta-se na sua intolerância aos períodos de temperaturas inferiores a 22°C , conforme observado na região de instalação do experimento nos meses de abril e maio de 2023 (BRASIL, 2023). Destaca-se que a baixa resistência ao frio foi capaz de causar danos significativos nas linhagens, conforme analisado nos campos de multiplicação de linhagens.

Tabela 2: Médias, desvio padrão e coeficiente de variação dos valores coletados do experimento: “Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)”, Patos de Minas, MG, 2023

| | A | B | C | D | E | F |
|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| Altura (cm) | 161 | 104,2 | 112 | 123,4 | 147,8 | 119,8 |
| Espigas por planta (un) | 3 | 2 | 3,8 | 2,6 | 1,8 | 2,4 |
| Inserção de espiga (cm) | 101 | 57 | 66 | 85,6 | 95,4 | 68,8 |
| Tamanho do pendão (cm) | 32,8 | 33,6 | 29,8 | 25,6 | 29,4 | 31,6 |
| Ramificações (un) | 9 | 15 | 9 | 17 | 10 | 6 |
| Desvio padrão | | | | | | |
| Altura (cm) | 8,6603 | 3,4928 | 7,3485 | 3,9115 | 2,2804 | 2,1679 |
| Espigas por planta (un) | 0,7071 | 0,0000 | 0,4472 | 0,5477 | 0,4472 | 0,5477 |
| Inserção de espiga (cm) | 7,4162 | 5,5678 | 6,5955 | 6,0663 | 2,5100 | 9,0388 |
| Tamanho do pendão (cm) | 1,4832 | 2,3022 | 1,3038 | 2,6077 | 1,3416 | 2,3022 |
| Ramificações (un) | 0,8367 | 0,8944 | 1,7321 | 1,4832 | 1,5811 | 0,5477 |
| Coeficiente de variação | 9,9816 | 5,1559 | 11,3456 | 10,0676 | 9,8788 | 10,9671 |

As linhagens testadas alcançaram os estádios em dias relativamente próximos, conforme evidenciado na Tabela 3. No entanto, segundo Schoper, Lambert e Vasilas (1987), considera-se necessário o *split* (Tabela 4) ao combiná-las, uma vez que o ápice de dispersão do pólen ocorre após 3 dias do estágio de transição. Dessa forma, para calcular o *split*, utilizou-se a fórmula $Split = |Ff - Fm| - 3$, em que “Ff” representa o florescimento feminino e “Fm” representa o florescimento masculino. Por fim, a linhagem mais precoce é considerada aquela que deve ser plantada com o *split* positivo.

Tabela 3: Contagem de dias após o plantio em que as variedades utilizadas na avaliação do experimento, alcançaram os estádios reprodutivos e o ápice do florescimento feminino: “Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)”, Patos de Minas, MG, 2023

| Estádios | A | B | C | D | E | F |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ¼ Emergência | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| ½ Emergência | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| Emergência | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 6 |
| Palito | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| V1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| V2 | 8 | 8 | 10 | 9 | 9 | 10 |
| V3 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| V4 | 14 | 12 | 13 | 14 | 14 | 15 |
| V5 | 18 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 |
| V6 | 19 | 17 | 18 | 18 | 19 | 18 |
| VT | 65 | 65 | 67 | 66 | 66 | 65 |
| Ápice do florescimento feminino | 70 | 66 | 70 | 72 | 72 | 67 |

Tabela 4: *Splits* ideais de plantio dos campos de sementes utilizados na avaliação do experimento: “Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)”, Patos de Minas, MG, 2023

| Cruzamentos | Split ideal |
|--------------------|--------------------|
| AxB | Não é necessário |
| AxC* | 2 dias |
| AxD* | 4 dias |
| AxE* | 4 dias |
| AxF | Não é necessário |
| BxC* | 2 dias |
| BxD* | 4 dias |
| BxE* | 4 dias |
| BxF | Não é necessário |
| CxD* | 2 dias |
| CxE* | 2 dias |
| CxF | Não é necessário |
| DxE* | 3 dias |
| DxF | Não é necessário |
| ExF | Não é necessário |

* linhagem que deverá ser plantada com *split* positivo.

O raio de dispersão do pólen em centímetros das linhagens em questão é apresentado na Tabela 5, onde os valores destacados indicam a distância entre linhas para a instalação de campos de multiplicação de linhagens, também conhecidos como *nursery*. Com base nesse pressuposto, alguns plantios são considerados inviáveis devido ao adensamento exacerbado de plantas, necessário para uma polinização segura e homogênea.

Observa-se que os materiais A e E apresentam predisposição para se comportarem como macho, uma vez que as distâncias entre linhas correspondem a uma boa população de plantas.

Tabela 5: Distância em centímetros indicada para o plantio de cada cruzamento conforme dados coletados na avaliação do experimento: “Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)”, Patos de Minas, MG, 2023

| Linhagens fêmeas | Linhagens macho | | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | A | B | C | D | E | F |
| A | 33,474 | 1,78528 | 6,1369 | 12,49696 | 26,10972 | 10,48852 |
| B | 58,0216 | 26,33288 | 30,6845 | 37,04456 | 50,65732 | 35,03612 |
| C | 53,0005 | 21,31178 | 25,6634 | 32,02346 | 45,63622 | 30,01502 |
| D | 42,06566 | 10,37694 | 14,72856 | 21,08862 | 34,70138 | 19,08018 |
| E | 36,59824 | 4,90952 | 9,26114 | 15,6212 | 29,23396 | 13,61276 |
| F | 51,43838 | 19,74966 | 24,10128 | 30,46134 | 48,31414 | 28,4529 |

A produção de sementes em quilos por hectare de cada linhagem foi calculada pela divisão da produção de sementes pelo aproveitamento do seu beneficiamento (%), já que foram usados dados finais da beneficiadora, ou seja, sementes peneiradas e não o

peso total. À vista disso, a tabela indica que as linhagens D e E possuem alto rendimento. Para o cálculo da produção de sementes em campos de cruzamento, foi necessário multiplicar a média da produção de sementes dos campos de cruzamento por 1,44, a fim de se debitar a quantidade de machos que ocupam a área do campo de sementes.

Tabela 6: Produção de sementes das linhagens (kg ha⁻¹) avaliadas e produção esperada de grãos dos híbridos simples analisados conforme dados coletados na avaliação do experimento: “Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)”, Patos de Minas, MG, 2023

| Linhagens | A | B | C | D | E | F |
|--|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Produção de sementes das linhagens (kg ha ⁻¹) | 1572,86 | 1855,56 | 1636,25 | 2685,56 | 2921,67 | 1751,67 |
| Produção de sementes avaliadas em campos de cruzamento (kg ha⁻¹) | | | | | | |
| Linhagens fêmea | Linhagens macho | | | | | |
| | A | B | C | D | E | F |
| A | | 2468,46 | 2310,56 | 3066,06 | 3236,06 | 2393,66 |
| B | | | 2514,10 | 3269,60 | 3439,60 | 2597,20 |
| C | | | | 3111,70 | 3281,70 | 2439,30 |
| D | | | | | 4037,20 | 3194,80 |
| E | | | | | | 3364,80 |
| F | | | | | | |

A Tabela 7 apresenta a produção esperada de milho grão em sacas por hectare para os híbridos duplos, calculada conforme Jenkins e Brunson (1932). Observa-se que todos os híbridos possuem produtividades acima da média brasileira de 87 sacas por hectare (IBGE, 2023?), com destaque para as combinações D e F, o que indica que, se a produção for confirmada, esses híbridos podem ter boa aceitação no mercado.

Tabela 7: Produção de sacas de 60kg dos híbridos duplos (sc ha⁻¹) conforme dados coletados na avaliação do experimento: “Estudo da fenologia e capacidade combinatória de linhagens de milho (*Zea mays*)”, Patos de Minas, MG, 2023

| Híbridos simples fêmea | Híbridos simples macho | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | AC | AD | AE | AF | BC | BD | BE | BF | CD | CE | CF | DE | DF | EF |
| AB | 142,1 | 164,5 | 169,6 | 144,5 | 161,5 | 187,9 | 193,9 | 164,4 | 172,4 | 177,8 | 175,0 | 217,7 | 187,6 | 181,4 |
| AC | | 159,8 | 164,9 | 139,8 | 156,8 | 183,2 | 189,2 | 159,7 | 167,7 | 173,1 | 170,3 | 213,0 | 182,9 | 176,7 |
| AD | | | 187,3 | 162,3 | 179,2 | 205,7 | 211,7 | 182,1 | 190,1 | 195,5 | 192,8 | 235,4 | 205,3 | 199,2 |
| AE | | | | 167,4 | 184,3 | 210,8 | 216,7 | 187,2 | 195,2 | 200,6 | 197,8 | 240,5 | 210,4 | 204,3 |
| AF | | | | | 159,2 | 185,7 | 191,7 | 162,2 | 170,1 | 175,5 | 172,8 | 215,4 | 185,3 | 179,2 |
| BC | | | | | | 202,7 | 208,6 | 179,1 | 187,1 | 192,5 | 189,7 | 232,4 | 202,3 | 196,1 |
| BD | | | | | | | 235,1 | 205,6 | 213,5 | 218,9 | 216,2 | 258,9 | 228,7 | 222,6 |
| BE | | | | | | | | 211,5 | 219,5 | 224,9 | 222,1 | 264,8 | 234,7 | 228,6 |
| BF | | | | | | | | | 190,0 | 195,4 | 192,6 | 235,3 | 205,2 | 199,1 |
| CD | | | | | | | | | | 203,4 | 200,6 | 243,3 | 213,2 | 207,0 |
| CE | | | | | | | | | | | 218,6 | 248,7 | 218,6 | 212,4 |
| CF | | | | | | | | | | | | 245,9 | 215,8 | 209,7 |
| DE | | | | | | | | | | | | | 252,3 | 252,3 |
| DF | | | | | | | | | | | | | | 222,2 |
| EF | | | | | | | | | | | | | | |

4 CONCLUSÃO

O estudo indica que as linhagens em questão possuem capacidade de produzirem híbridos de alto teto produtivo. Porém, para aprofundamento na qualidade desses híbridos, será necessário desenvolver ensaios de produtividade, análise genotípica e/ou fenotípica das tecnologias (resistência a lagartas e a doenças), além de teste de população para se identificar a densidade de plantio correta.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, A. J. P. *et al.* O milho RR2 e o glyphosate: uma revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 58-67, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v13i1.279>.
- ARTUZO, F. D. *et al.* O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p515-540>.
- BARRETT, J. **Corn and soybean production up in 2021, USDA Reports, Corn and soybean stocks up from year earlier, Winter Wheat Seedings up for 2022.** Washington (EUA): USDA, 2022. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Newsroom/2022/01-12-2022.php>.
- BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapas de estações: a562-patos de minas. período 13/03/2023 - 20/05/2023. A562-Patos de Minas. Período 13/03/2023 - 20/05/2023.** 2023. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>.
- CAETANO, C. P. **Produção de sementes de milho híbrido: um enfoque prático.** 2022. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3210>.
- CARNEIRO, A. A. *et al.* **Milho Bt: teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 25 p. (Circular técnica, 135). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/748936>.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos.** Brasília: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>.
- COSTA, R. V. da *et al.* Perdas na produtividade de milho safrinha em razão de podridões da base do colmo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, p. e00283, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00283>.

EMYGDIO, B. M.; IGNACZAK, J. C.; CARGNELUTTI FILHO, A. Potencial de rendimento de grãos de híbridos comerciais simples, triplos e duplos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 01, p. 95-103, 2010. Disponível em: <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/215>.

GIORGI NETO, R. O. **Polinização na produção de híbrido simples de milho**: ação de fatores edafoclimáticos. 2017. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/4462?show=full>.

HODGES, T. **Predicting crop phenology**. Washington (USA): CRC Press, 1991.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de milho em grão**. Rio de Janeiro: IBGE, [2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/milho-em-grao/br>.

JENKINS, M. T.; BRUNSON, A. M. Methods of testing inbred lines of maize in crossbred combinations. **Agronomy Journal**, [S. l.], v. 24, n. 7, p. 523-530, 1932. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1932.00021962002400070004x>.

RESENDE, Á. V. *et al.* Agricultura de Precisão no Brasil: avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. **Anais [...]**. Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; & BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2003. (Informações agronômicas, 103). 20 p.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P. de; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4353>.

SANTOS, H. F. dos. Modernização da agricultura e dinâmica do agronegócio globalizado no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Geografia em Questão**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 1, p. 09-36, 2019. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/18330>.

SCHOPER, J. B.; LAMBERT, R. J.; VASILAS, B. L. Pollen viability, pollen shedding, and combining ability for tassel heat tolerance in maize. **Crop Science**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 27-31, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183X002700010007x>.

VIEGAS, G. P.; KRUG, C. A. **O milho híbrido**. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1951. (ABC do Agricultor Prático nº 7). Disponível em: <http://biblioteca.in.gov.br/>

documents/20127/0/ABC+do+Lavrador+Pr%C3%A1tico+N%C2%BA+7--
O+Milho+Hibrido--Glauco+Pinto+Viegas+e+Carlos+Krug.pdf.

XIAO, Y. *et al.* The genetic mechanism of heterosis utilization in maize improvement. **Genome Biology**, [S. l.], v. 22, p. 148, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13059-021-02370-7>.