

Filocrono de genótipos de milho em datas de semeadura

Phyllochron of maize genotypes in sowing dates

Alberto Cargnelutti Filho¹, Murilo Vieira Loro², João Augusto Andretta³

RESUMO: Os objetivos deste trabalho foram determinar o filocrono de genótipos milho em datas de semeadura e verificar se há variabilidade do filocrono entre os genótipos e as datas de semeadura. Quarenta e seis genótipos (híbridos simples) de milho foram avaliadas em cinco datas de semeadura (21/09/2021, 20/10/2021, 20/11/2021, 20/12/2021 e 30/01/2022) no ano agrícola 2021/2022 (experimento 1) e em cinco datas de semeadura (06/09/2022, 14/10/2022, 24/11/2022, 30/12/2022 e 06/02/2023) no ano agrícola 2022/2023 (experimento 2), em Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. Após a emergência, em cada genótipo e data de semeadura, foram marcadas cinco plantas e foi contado o número de folhas, uma vez por semana, até o florescimento masculino. Para cada planta em cada data de semeadura (2.300 plantas), foi determinado o filocrono em °C dia folha⁻¹. Há variabilidade do filocrono entre os genótipos de milho e as datas de semeadura. O filocrono oscila entre 27,16 e 68,62 °C dia folha⁻¹, com média de 44,28 °C dia folha⁻¹. Genótipos de milho apresentam maior filocrono em semeaduras no mês de novembro, com redução gradativa do filocrono em direção às semeaduras precoces (mês de setembro) e tardias (meses de janeiro e fevereiro).

Palavras-chave: Desenvolvimento vegetativo; Variabilidade ambiental; Variabilidade genética. *Zea mays*

ABSTRACT: The objectives of this work were to determine the phyllochron of maize genotypes on sowing dates and verify whether there is variability in the phyllochron between genotypes and sowing dates. Forty-six maize genotypes (simple hybrids) were evaluated on five sowing dates (21/09/2021, 20/10/2021, 20/11/2021, 20/12/2021 and 30/01/2022) in the year agricultural year 2021/2022 (experiment 1) and on five sowing dates (06/09/2022, 14/10/2022, 24/11/2022, 30/12/2022 and 06/02/2023) in the agricultural year 2022/2023 (experiment 2), in Santa Maria, state of Rio Grande do Sul. After emergence, for each genotype and sowing date, five plants were marked and the number of leaves was counted, once a week, until male flowering. For each plant on each sowing date (2,300 plants), the phyllochron was determined, in °C day leaf⁻¹. There is variability in the phyllochron between maize genotypes and sowing dates. The phyllochron oscillates between 27.16 and 68.62 °C day leaf⁻¹, with an average of 44.28 °C day leaf⁻¹. Maize genotypes show a higher phyllochron in sowings in November, with a gradual reduction in phyllochron early (September) and late (January and February) sowings.

Keywords: Vegetative development; Environmental variability; Genetic variability; *Zea mays*.

Autor correspondente: Alberto Cargnelutti Filho
E-mail: alberto.cargnelutti.filho@gmail.com

Recebido em: 2024-08-30
Aceito em: 2025-12-09

¹ Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, (RS), Brasil.

² Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, (RS), Brasil.

³ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, (RS), Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação da resposta de genótipos de milho em distintas condições ambientais permite adequar o cultivo às datas de semeadura e locais que favoreçam o seu desenvolvimento (XIAO *et al.*, 2016). Em Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, de acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático, a semeadura de milho, em solo com textura média, pode ser realizada em agosto, de novembro a 20 de dezembro e em janeiro, com especificações de acordo com o ciclo dos genótipos (MAPA, 2024). Isso possibilita o cultivo de milho em diferentes datas de semeadura, ou seja, em distintas condições ambientais.

Diante disso, torna-se importante caracterizar e compreender a resposta dos genótipos de milho às diferentes condições ambientais (datas de semeadura em um mesmo local). O número de folhas emitidas em uma haste tem sido utilizado como um importante caractere morfológico para caracterizar o desenvolvimento de plantas de milho (Streck *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2012; Xu *et al.*, 2023).

A emissão de folhas e o período de emissão foliar são determinados, principalmente, pelas variações da temperatura do ar associadas às diferentes datas de semeadura (Streck *et al.*, 2009; Xu *et al.*, 2023), o que leva a variações na soma térmica acumulada e, consequentemente, no filocrono (Somavilla *et al.*, 2023). O filocrono é definido como o intervalo de tempo, em graus dia, necessário para o aparecimento de folhas sucessivas em uma haste ou colmo, tendo como unidade °C dia folha⁻¹ (Wilhelm; Mcmaster, 1995; Xue; Weiss; Baenziger, 2004; Streck *et al.*, 2007).

Estimativas de filocrono têm sido realizadas para caracterizar o desenvolvimento vegetativo de espécies da família Poaceae como o milho (Streck *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2012; Xu *et al.*, 2023), arroz irrigado (Streck *et al.*, 2007), trigo (Rosa *et al.*, 2009), aveia branca (Chaves *et al.*, 2017), sorgo (Bandeira *et al.*, 2018; Camera *et al.*, 2023b), teosinto (Denardin Junior *et al.*, 2023) e milheto (Camera *et al.*, 2023a; Somavilla *et al.*, 2023). Esses estudos evidenciaram variações dos valores de filocrono entre os genótipos e entre as datas de semeadura.

A partir das estimativas de filocrono para genótipos de milho em datas de semeadura em um mesmo local, é possível compreender as respostas das plantas diante das variações genéticas e ambientais, para adequar as práticas agrícolas e o manejo da cultura. Embora estudos de filocrono em milho (Streck *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2012; Xu *et al.*, 2023) tenham sido realizados, novos estudos se justificam pela alta taxa de substituição dos genótipos. Assim, os objetivos deste trabalho foram determinar o filocrono de genótipos milho em datas de semeadura e verificar se há variabilidade do filocrono entre os genótipos e as datas de semeadura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos com a cultura de milho (*Zea mays* L.), em área experimental localizada a 29°42'S, 53°49'W e a 95m de altitude (Figura 1). O clima do local, conforme classificação de Köppen é *Cfa* subtropical úmido com verões quentes e

sem estação seca (Alvares *et al.*, 2013) e o solo é Argissolo Vermelho Distrófico Arênicos (Santos *et al.*, 2018).

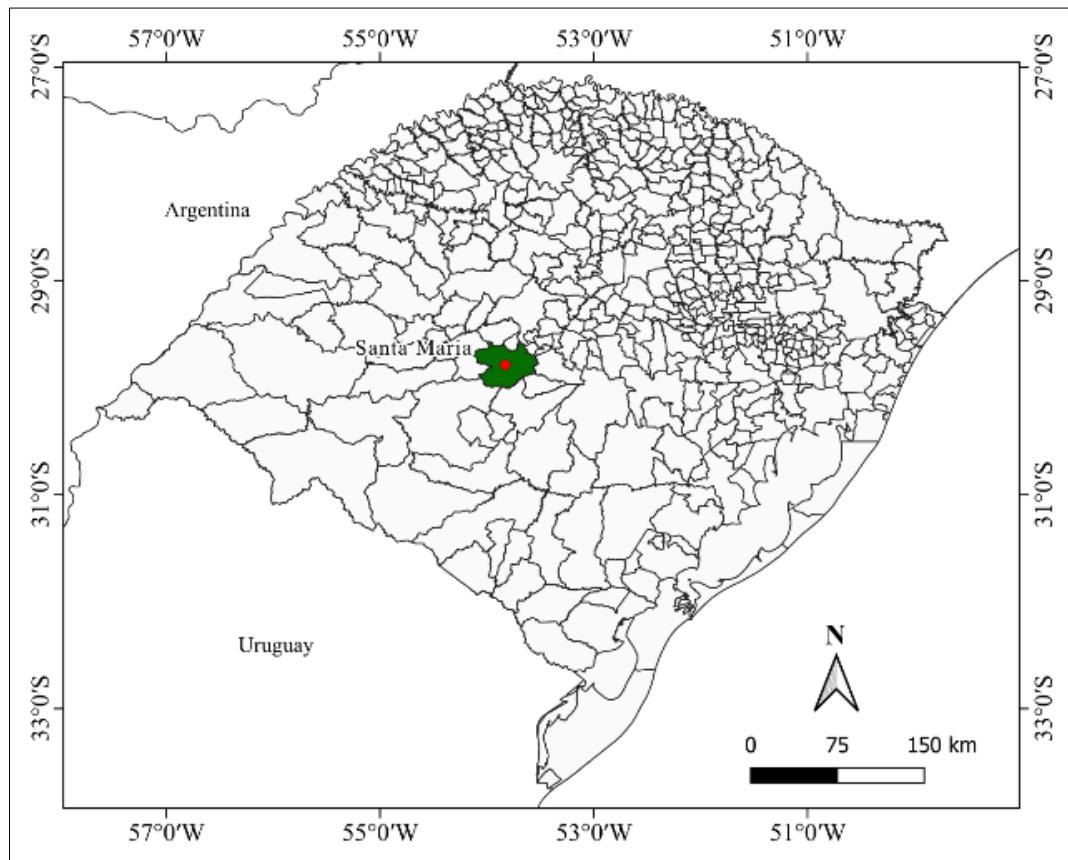


Figura 1. Representação geográfica do local da condução dos experimentos em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

Foram avaliados 46 genótipos (híbridos simples) de milho em cinco datas de semeadura (21/09/2021, 20/10/2021, 20/11/2021, 20/12/2021 e 30/01/2022), no ano agrícola 2021/2022 (experimento 1) e em cinco datas de semeadura (06/09/2022, 14/10/2022, 24/11/2022, 30/12/2022 e 06/02/2023), no ano agrícola 2022/2023 (experimento 2) (Tabela 1). Nos dois experimentos, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, com 230 tratamentos (46 genótipos × 5 datas de semeadura) e com cinco repetições (plantas).

Nos dois experimentos, realizou-se o preparo da área experimental e aplicaram-se 415 kg ha⁻¹ de adubo químico da fórmula (NPK) 05-20-20. Em cada data de semeadura, os genótipos foram alocados em parcelas constituídas por uma fileira de 5 m de comprimento espaçadas em 0,80 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas na fileira, totalizando 4 m². Após a emergência, a densidade foi ajustada por meio de desbaste para 62.500 plantas ha⁻¹ (25 plantas por parcela). Foram feitas bordaduras com plantas de milho, para evitar interferência nas plantas das laterais e extremidades das parcelas.

A adubação nitrogenada foi realizada de forma fracionada com uréia (46% de N), sendo a primeira aplicação de 250 kg ha⁻¹ no estádio V4 e a segunda de 150 kg ha⁻¹ no estádio V6 da cultura. Os demais manejos culturais, como controle de plantas daninhas,

pragas e doenças, foram realizados de acordo com as indicações técnicas para a cultura de milho (Fancelli; Dourado Neto, 2009).

Tabela 1. Descrição dos genótipos (híbridos simples) de milho utilizados nos dois experimentos

Genótipos	Tecnologia*	Empresa
AG8690	PRO3	Sementes Agroceres
AG8780	PRO3	Sementes Agroceres
AG9021	PRO3	Sementes Agroceres
AG9025	PRO3	Sementes Agroceres
AS1555	PRO3	Agroeste
AS1633	PRO3	Agroeste
AS1677	PRO3	Agroeste
AS1730	PRO3	Agroeste
B2401	PWU	Brevant Sementes
B2418	VYHR	Brevant Sementes
B2620	PWU	Brevant Sementes
B2801	VYHR	Brevant Sementes
BM3066	PRO3	Sementes Biomatrix
BM3069	PRO3	Sementes Biomatrix
Código	PWU	Morgan Sementes
DKB177	PRO3	Dekalb
DKB230	PRO3	Dekalb
DKB235	PRO3	Dekalb
DKB240	PRO3	Dekalb
DKB255	PRO3	Dekalb
DKB290	PRO3	Dekalb
FS670	PWU	Forseed
K0167	PRO2	KWS Sementes
K3100	VIP3	KWS Sementes
K8774	PRO3	KWS Sementes
K9300	PRO3	KWS Sementes
K9606	VIP3	KWS Sementes
K9660	PRO2	KWS Sementes
LG3040	VIP3	LG Sementes
LG36680	PRO3	LG Sementes
LG36770	PRO3	LG Sementes
LG36790	PRO3	LG Sementes
LG36799	VIP3	LG Sementes
Maximus	VIP3	Syngenta
MG300	PWU	Morgan Sementes
MG580	PWU	Morgan Sementes
MG593	PWU	Morgan Sementes
MG618	PWU	Morgan Sementes
MG652	PWU	Morgan Sementes
NK467	VIP3	Syngenta
NK520	VIP3	Syngenta
NS45	VIP3	Nidera Sementes
NS75	VIP3	Nidera Sementes
NS80	VIP3	Nidera Sementes
NTX454	VT PRO2	Nortox
P3016	VYHR	Pioneer

* PRO2: tolerância a lepidópteros e ao herbicida glifosato; PRO3: tolerância a lepidópteros, *Diabrotica speciosa* e ao herbicida glifosato; PW: tolerância a lepidópteros e ao herbicida glifosato; PWU: tolerância a lepidópteros e aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio; VIP3: tolerância a lepidópteros e ao herbicida glifosato; VT PRO2: tolerância a lepidópteros e ao herbicida glifosato; VYHR: tolerância a lepidópteros e aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio.

A emergência das plântulas foi determinada contando-se diariamente o número de plantas visíveis acima do nível do solo. Considerou-se a data da emergência quando 50% das plântulas estavam visíveis. Em cada genótipo e data de semeadura, após a emergência, foram marcadas aleatoriamente cinco plantas, totalizando 1.150 plantas, em cada experimento. Em cada planta (repetição) foi contado o número de folhas expandidas (NF), uma vez na semana, até o florescimento masculino.

No período compreendido entre a semeadura e a última avaliação do número de folhas de milho, em cada data de semeadura, anotaram-se, para cada dia, as temperaturas máximas e mínimas horárias, em °C; a precipitação pluviométrica horária, em mm; a radiação solar global horária, em MJ m⁻²; e a umidade relativa máxima e mínima horária do ar, em %. Esses dados foram coletados na Estação Meteorológica automática, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 100 m da área experimental.

Para cada dia, foi obtida a radiação solar global diária, em MJ m⁻², e a precipitação pluviométrica diária, em mm, por meio do somatório dos valores de radiação solar global horária e da precipitação pluviométrica horária, respectivamente. Em cada data de semeadura, a partir do somatório da radiação solar global diária e da precipitação pluviométrica diária, obteve-se a radiação solar global acumulada, em MJ m⁻², e precipitação pluviométrica acumulada, em mm, no período compreendido entre a semeadura e a última avaliação do número de folhas de milho.

A partir das temperaturas máximas e mínimas horárias e das umidades máximas e mínimas horárias, calcularam-se os 24 valores de temperatura média horária e umidade média horária, respectivamente. Após, calculou-se a temperatura média diária e umidade média diária, pela média dos 24 valores de temperatura média horária e umidade média horária, respectivamente.

A soma térmica diária (STd, em °C dia) foi calculada de acordo com Arnold (1960): STd = (Tmed - Tb) × 1dia. Após, calculou-se a soma térmica acumulada (STa, em °C dia) dos “n” dias a partir da emergência até cada data de avaliação, por meio da expressão STa = Σn[(Tmed - Tb) × 1dia] (Arnold, 1960; Mcmaster; Wilhelm, 1997), sendo Tb a temperatura base da cultura do milho (Tb = 10°C) (Lozada; Angelocci, 1999) e Tmed a temperatura média diária do ar. No cálculo da soma térmica diária (STd, em °C dia), quando a Tmed foi menor ou igual a Tb, foi considerado STd = 0 °C dia. Para cada planta (2.300 plantas) foi calculado o filocrono, em °C dia folha⁻¹, pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear ($y = a + bx$) do número de folhas (NF, y), em função da soma térmica acumulada (STa, x) (filocrono = 1/b) (Xue; Weiss; Baenziger, 2004).

Foi realizada a análise de variância e o teste F a 5% de significância para o filocrono. As médias dos genótipos em cada data de semeadura e das datas de semeadura em cada genótipo foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Realizou-se a análise de regressão linear ($y = a + bx$) do filocrono (y), em função da temperatura média do ar durante o período de emissão de folhas (x). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do *Microsoft Office Excel®* e do *software Genes* (Cruz, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano agrícola 2021/2022 (experimento 1), a partir da primeira data de semeadura, houve acréscimo e posterior decréscimo da temperatura média do ar e da radiação solar global. Enquanto a precipitação pluviométrica acumulada e a umidade

relativa do ar decresceram, e, posteriormente, aumentaram (Tabela 2 e Figuras 2 e 3). Isso significa que as semeaduras precoces e tardias caracterizaram ambientes com menores temperatura e radiação solar global e com maiores disponibilidade de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, quando comparadas as datas intermediárias.

Tabela 2. Média diária da temperatura média do ar (TMA, em °C), precipitação pluviométrica acumulada (PPA, em mm), média diária da radiação solar global (RSG, em MJ m⁻²) e média diária da umidade relativa do ar (URA, em %), no período compreendido entre a semeadura e a última avaliação do número de folhas de milho

Semeadura	Avaliação	TMA	PPA	RSG	URA
21/09/2021	20/12/2021	20,73	248,5	21,22	73,19
20/10/2021	12/01/2022	23,03	124,5	24,65	68,30
20/11/2021	31/01/2022	24,92	190,1	25,12	68,19
20/12/2021	02/03/2022	25,33	251,6	24,38	71,01
30/01/2022	11/04/2022	22,33	409,8	18,41	79,18
06/09/2022	08/12/2022	19,04	182,2	20,76	75,05
14/10/2022	03/01/2023	22,21	143,4	24,37	69,55
24/11/2022	03/02/2023	25,00	149,4	25,81	68,97
30/12/2022	13/03/2023	25,10	214,2	23,35	72,32
06/02/2023	19/04/2023	23,41	180,6	18,33	76,51

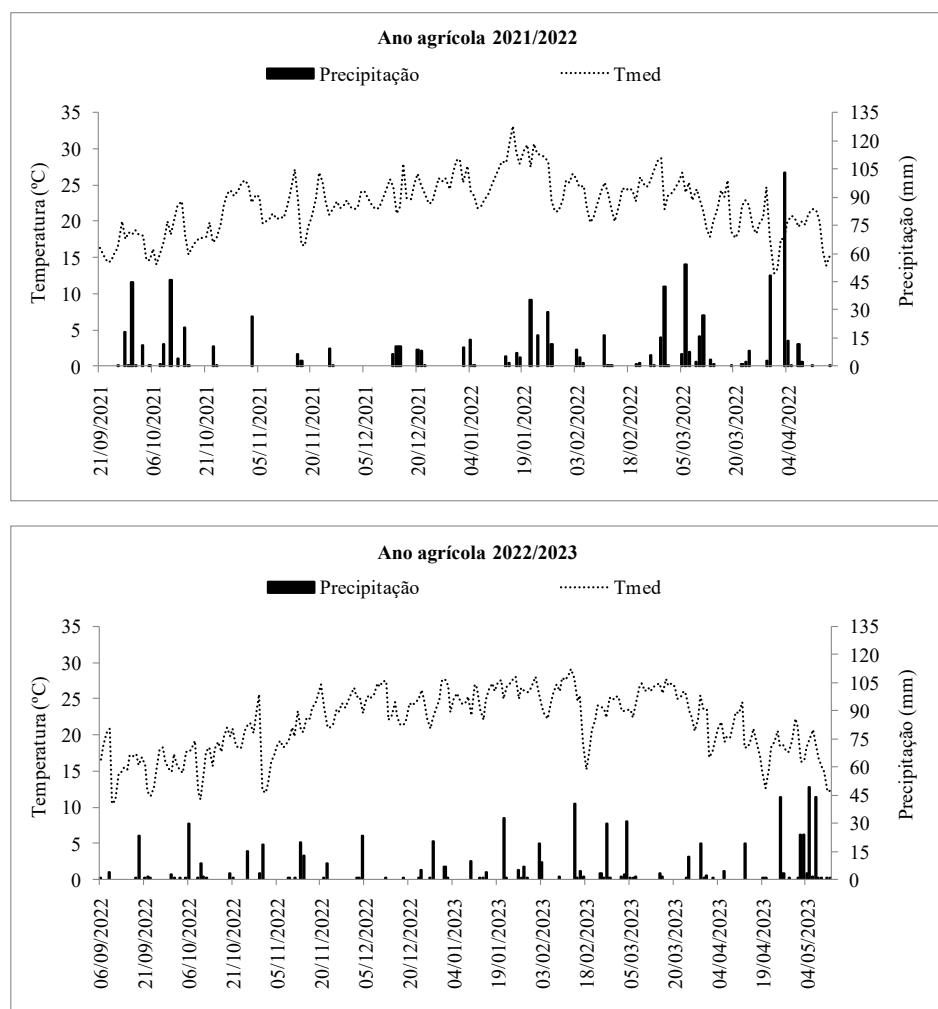


Figura 2. Valores diários da temperatura média do ar (Tmed, em °C) e precipitação pluviométrica, em mm, para o período de realização dos experimentos 1 (ano agrícola 2021/2022) e 2 (ano agrícola 2022/2023).

Fonte: Elaborado pelos autores com dados obtidos na Estação Meteorológica automática, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia.

No ano agrícola 2022/2023 (experimento 2), observou-se padrão similar das condições ambientais, exceto a precipitação pluviométrica em que houve melhor regularidade entre as datas de semeadura, quando comparadas ao experimento 1. Então, de maneira geral, nos dois experimentos, o estádio vegetativo das plantas (semeadura ao florescimento masculino), nas primeiras datas de semeadura, coincidiu com aumento gradativo da temperatura e da radiação solar e diminuição gradativa da precipitação pluviométrica e da umidade relativa, enquanto nas últimas datas de semeadura coincidiu com redução gradativa da temperatura e da radiação solar e aumento gradativo da precipitação pluviométrica e da umidade relativa.

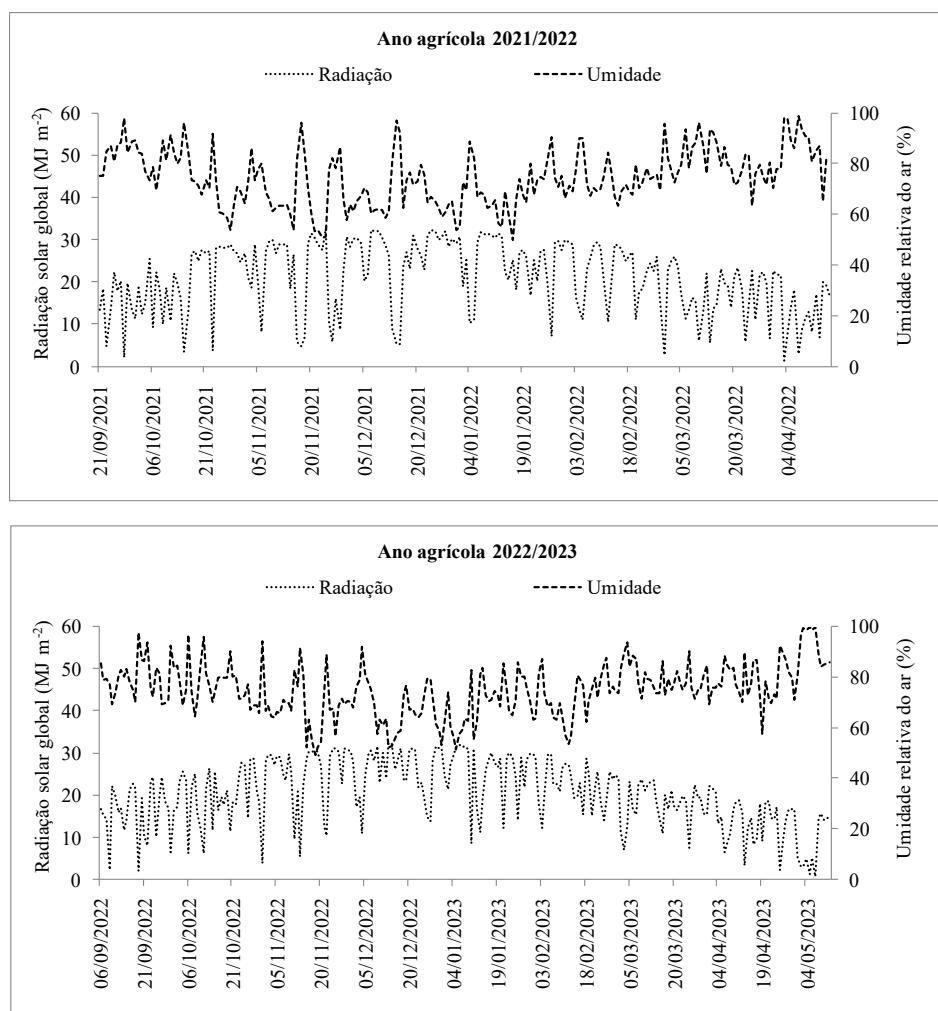


Figura 3. Valores diários da radiação solar global, em MJ m^{-2} , e umidade relativa do ar, em %, para o período de realização dos experimentos 1 (ano agrícola 2021/2022) e 2 (ano agrícola 2022/2023).

Fonte: Elaborado pelos autores com dados obtidos na Estação Meteorológica automática, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia.

Nos dois experimentos, o teste F da análise de variância revelou que a interação genótipo × data de semeadura foi significativa para o filocrono (Tabela 3). Isso significa que os genótipos apresentaram respostas diferenciadas nas datas de semeadura. Intereração genótipo × data de semeadura também foi constatada para o filocrono em arroz irrigado (Streck *et al.*, 2007), aveia branca (Chaves *et al.*, 2017) e milho (Xu *et al.*, 2023). Dessa forma, em cada ano agrícola (experimento), o desdobramento da interação foi realizado

por meio do teste de Scott-Knott agrupando as médias de genótipos em cada data de semeadura e as médias de datas de semeadura em cada genótipo.

Nos dois experimentos, os maiores valores do quadrado médio das datas de semeadura em relação ao quadrado médio dos genótipos, sugerem maior variação do filocrono entre as datas de semeadura em comparação a variação entre os genótipos. Os coeficientes de variação foram baixos ($CV = 6,21\%$ no experimento 1 e $CV = 7,59\%$ no experimento 2) (Tabela 3), indicando precisão experimental alta, conforme classes estabelecidas por Pimentel-Gomes (2009), conferindo credibilidade ao presente estudo.

Tabela 3. Análise de variância com o número de graus de liberdade (GL), soma de quadrados (SQ), quadrado médio (QM), valor do teste F (Fc) e valor-p (Pr>Fc) para as fontes de variação (genótipo, data de semeadura, genótipo \times data de semeadura, resíduo e total), média e coeficiente de variação (CV) para o filocrono, em $^{\circ}\text{C}$ dia folha $^{-1}$, de 46 genótipos de milho em cinco datas de semeadura, no ano agrícola 2021/2022 (experimento 1) e no ano agrícola 2022/2023 (experimento 2)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Ano agrícola 2021/2022 (experimento 1)					
Genótipo (G)	45	5.301,230	117,805	15,796	0,000
Data (D)	4	16.721,206	4.180,301	560,511	0,000
GxD	180	4.820,667	26,781	3,591	0,000
Resíduo	920	6.861,381	7,458	-	-
Total	1.149	33.704,484	-	-	-
Média	43,99				
CV (%)	6,21				
Ano agrícola 2022/2023 (experimento 2)					
Genótipo (G)	45	4.483,828	99,641	8,710	0,004
Data (D)	4	47.840,558	11.960,140	1.045,530	0,000
GxD	180	10.029,978	55,722	4,871	0,000
Resíduo	920	10.524,161	11,439	-	-
Total	1.149	72.878,525	-	-	-
Média	44,58				
CV (%)	7,59				

Nos dois anos agrícolas (experimentos), as semeaduras foram em setembro (21/09/2021 e 06/09/2022), outubro (20/10/2021 e 14/10/2022), novembro (20/11/2021 e 24/11/2022), dezembro (20/12/2021 e 30/12/2022), e janeiro/fevereiro (30/01/2022 e 06/02/2023). A primeira data de semeadura no experimento 1 (21/09/2021) corresponde ao 264º dia do ano e no experimento 2 (06/09/2022) corresponde ao dia 249º dia do ano. Logo, a diferença na primeira data de semeadura foi de 15 dias (264 - 249). Seguindo esse raciocínio, as demais diferenças foram 6, 4, 10 e 7 dias para a segunda, terceira, quarta e quinta data de semeadura, respectivamente. Portanto, as diferenças entre os anos agrícolas foram inexpressivas.

A média do filocrono no ano agrícola 2021/2022 (experimento 1) foi 43,99 $^{\circ}\text{C}$ dia folha $^{-1}$ (Tabela 4) e no ano agrícola 2022/2023 (experimento 2) foi 44,58 $^{\circ}\text{C}$ dia folha $^{-1}$ (Tabela 5). Então, pode-se inferir que o desenvolvimento vegetativo dessas variedades foi similar nesses dois anos agrícolas. As condições de temperatura do ar, precipitação pluviométrica, radiação solar global e umidade relativa do ar entre os anos agrícolas podem contribuir com esse padrão similar do desenvolvimento vegetativo (Figuras 2 e 3).

Entre as 2.300 estimativas do filocrono (2.300 plantas), os coeficientes de determinação (R^2) oscilaram entre 0,8448 e 0,9984, com média de 0,9684. Isso demonstra que, em média, 96,84% da variação do número de folhas (NF, y) é explicado pela variação da soma térmica acumulada (STa, x). Esses altos valores dos coeficientes de determinação ($R^2 \geq 0,8448$), confirmam que a estimativa do filocrono pelo método da regressão linear entre NF e STa é apropriada (Xue; Weiss; Baenziger, 2004). Como exemplo dessa alta relação linear é ilustrada uma planta do genótipo MG593, na primeira data de semeadura do ano agrícola 2022/2023 (experimento 2) (Figura 4). Coeficientes de determinação de elevadas magnitudes ($R^2 \geq 0,90$) também foram verificados em estudos de determinação do filocrono para as culturas de arroz irrigado (Streck *et al.*, 2007), milho (Martins *et al.*, 2012), aveia branca (Chaves *et al.*, 2017), teosinto (Denardin Junior *et al.*, 2023) e milheto (Somavilla *et al.*, 2023), confirmando que o modelo de regressão linear apresenta boa qualidade de ajuste.

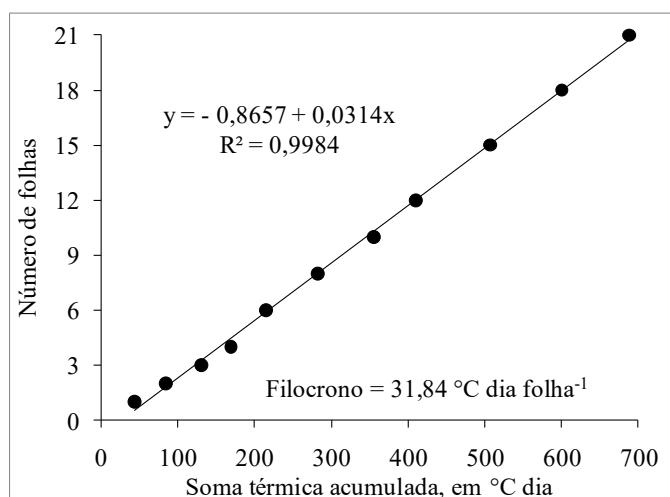


Figura 4. Relação entre o número de folhas e a soma térmica acumulada após a emergência (STa, em °C dia) utilizada para a estimativa do filocrono, em °C dia folha⁻¹, em uma planta do genótipo MG593 avaliado na semeadura de 06/09/2022

No ano agrícola 2021/2022 (experimento 1), o filocrono variou entre 34,32 e 57,87 °C dia folha⁻¹, com média de 43,99 °C dia folha⁻¹. Nas comparações das médias dos genótipos em cada uma das cinco datas de semeadura, o teste de Scott-Knott, separou os genótipos em 4, 4, 4, 4 e 5 grupos, respectivamente, para a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta data de semeadura (Tabela 4). Entre os 46 genótipos, as amplitudes de variação (máximo - mínimo) do filocrono foram 16,51, 15,38, 12,28, 10,90 e 17,67 °C dia folha⁻¹, respectivamente, para a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta data de semeadura.

A amplitude de valores de filocrono reflete a divergência genética entre os genótipos. Essa informação pode ser utilizada para posicionar os genótipos de forma adequada nas datas de semeadura. Por exemplo, considerando a emissão do mesmo número de folhas e as condições de temperatura do ar desse estudo (Figura 2), os genótipos que apresentam um menor filocrono, podem ser semeados nas datas precoces e tardias (menor temperatura do ar). Enquanto que, os genótipos que apresentam maior filocrono, podem ser semeados em datas intermediárias (maior temperatura do ar). Isso

permite uma duração adequada do estádio vegetativo, favorecendo o acúmulo de biomassa necessário para potencializar o desempenho dos genótipos de milho.

Tabela 4. Média do filocrono, em °C dia folha⁻¹, de 46 genótipos de milho em cinco datas de semeadura no ano agrícola 2021/2022 (experimento 1)

Genótipo	21/09/2021	20/10/2021	20/11/2021	20/12/2021	30/01/2022	Média	NG
AG8690	40,76 Dc	48,30 Ba	55,17 Aa	44,83 Cb	39,27 Dd	45,67	4
AG8780	40,33 Bc	42,14 Bc	47,38 Ad	45,89 Ab	36,79 Ce	42,50	3
AG9021	40,29 Bc	39,74 Bd	55,87 Aa	42,71 Bc	36,89 Ce	43,10	3
AG9025	42,97 Cc	44,29 Cc	55,78 Aa	49,56 Ba	42,11 Cc	46,94	3
AS1555	39,73 Cd	51,63 Aa	52,99 Ab	48,39 Ba	42,14 Cc	46,98	3
AS1633	41,37 Cc	43,75 Bc	49,80 Ac	44,53 Bb	39,58 Cd	43,81	3
AS1677	38,94 Cd	41,01 Cd	52,03 Ab	44,99 Bb	39,88 Cd	43,37	3
AS1730	47,99 Ba	46,45 Bb	54,10 Ab	48,73 Ba	52,05 Aa	49,86	2
B2401	42,74 Bc	44,94 Bc	49,96 Ac	40,67 Cd	34,38 De	42,54	4
B2418	40,56 Bc	40,52 Bd	47,83 Ad	47,04 Aa	40,46 Bd	43,28	2
B2620	40,27 Cc	42,23 Bc	53,78 Ab	45,40 Bb	38,44 Cd	44,02	3
B2801	48,83 Ba	47,44 Bb	52,19 Ab	50,29 Aa	39,48 Cd	47,65	3
BM3066	42,44 Cc	45,01 Bc	50,53 Ac	39,39 Cd	35,98 De	42,67	4
BM3069	37,13 Cd	41,23 Bd	46,26 Ad	41,56 Bd	37,73 Ce	40,78	3
CODIGO	37,29 Cd	44,22 Bc	50,62 Ac	45,36 Bb	38,81 Cd	43,26	3
DKB177	38,93 Cd	39,91 Cd	46,23 Ad	41,92 Bd	34,40 De	40,28	4
DKB230	39,97 Bd	36,29 Cd	50,02 Ac	41,18 Bd	35,90 Ce	40,67	3
DKB235	38,89 Bd	39,13 Bd	48,70 Ac	42,34 Bc	38,63 Bd	41,54	2
DKB240	41,63 Cc	45,93 Bb	51,12 Ac	49,50 Aa	46,30 Bb	46,90	3
DKB255	42,82 Bc	45,73 Ab	47,35 Ad	44,07 Bc	38,46 Cd	43,69	3
DKB290	40,49 Bc	43,99 Ac	47,19 Ad	44,73 Ab	36,14 Ce	42,51	3
FS670	43,62 Cc	46,94 Bb	51,59 Ab	45,76 Bb	38,46 Dd	45,28	4
K0167	44,98 Bb	48,58 Aa	50,70 Ac	47,16 Ba	39,65 Cd	46,21	3
K3100	41,14 Cc	43,59 Bc	49,18 Ac	44,22 Bc	38,93 Cd	43,41	3
K8774	40,20 Bc	46,36 Ab	47,30 Ad	43,50 Ac	39,86 Bd	43,44	2
K9300	41,77 Bc	48,77 Aa	49,32 Ac	45,35 Bb	42,32 Bc	45,50	2
K9606	39,18 Cd	44,46 Bc	48,69 Ac	45,00 Bb	38,53 Cd	43,17	3
K9660	37,64 Cd	44,26 Bc	48,18 Ad	44,82 Bb	37,48 Ce	42,48	3
LG3040	38,20 Cd	39,95 Cd	49,14 Ac	43,35 Bc	37,12 Ce	41,55	3
LG36680	39,16 Cd	39,97 Cd	49,38 Ac	43,85 Bc	37,89 Ce	42,05	3
LG36770	39,80 Cd	43,09 Bc	48,78 Ac	45,45 Ab	39,42 Cd	43,31	3
LG36790	39,19 Cd	44,60 Bc	50,74 Ac	40,92 Cd	36,28 De	42,34	4
LG36799	37,65 Cd	41,22 Bd	50,93 Ac	44,08 Bc	37,10 Ce	42,20	3
MAXIMUS	39,95 Cd	43,83 Bc	50,00 Ac	40,63 Cd	37,87 Ce	42,46	3
MG300	40,83 Cc	48,90 Aa	51,27 Ac	46,39 Bb	42,71 Cc	46,02	3
MG580	41,11 Cc	51,67 Aa	52,99 Ab	47,67 Ba	41,14 Cd	46,92	3
MG593	50,84 Aa	45,58 Bb	49,36 Ac	48,76 Aa	38,95 Cd	46,70	3
MG618	42,36 Cc	46,01 Bb	51,52 Ab	45,45 Bb	39,66 Cd	45,00	3
MG652	39,80 Cd	44,80 Bc	52,28 Ab	47,64 Ba	38,73 Cd	44,65	3
NK467	43,38 Cc	42,33 Cc	49,17 Ac	45,23 Bb	38,58 Dd	43,74	4
NK520	42,77 Cc	42,38 Cc	49,17 Ac	44,99 Bb	38,42 Dd	43,55	4
NS45	45,06 Bb	42,29 Bc	57,87 Aa	46,07 Bb	37,54 Ce	45,77	3
NS75	42,31 Bc	46,50 Ab	48,34 Ad	41,01 Bd	39,54 Bd	43,54	2
NS80	37,60 Bd	42,45 Ac	45,59 Ad	44,04 Ac	36,86 Be	41,31	2
NTX454	48,34 Aa	50,86 Aa	50,02 Ac	47,44 Ba	44,79 Bb	48,29	2
P3016	34,32 Dd	43,48 Bc	51,19 Ac	43,72 Bc	40,37 Cd	42,62	4
Média	41,21	44,28	50,38	44,90	39,17	43,99	-
NG	4	4	4	4	5	-	-

Médias não seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal (comparação de datas de semeadura em cada genótipo) e minúscula na vertical (comparação de genótipos em cada data de semeadura), diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. NG: Número de grupos de médias formado pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 5. Média do filocrono, em °C dia folha⁻¹, de 46 genótipos de milho em cinco datas de semeadura no ano agrícola 2022/2023 (experimento 2)

Genótipo	06/09/2022	14/10/2022	24/11/2022	30/12/2022	06/02/2023	Média	NG
AG8690	33,04 Dc	41,47 Cd	57,23 Ac	43,63 Cb	49,19 Ba	44,91	4
AG8780	37,62 Bb	41,29 Bd	48,40 Af	45,47 Ab	43,75 Ac	43,31	2
AG9021	34,06 Cc	37,13 Ce	54,75 Ad	43,41 Bb	43,35 Bc	42,54	3
AG9025	36,28 Cb	42,42 Bd	62,07 Ab	43,67 Bb	41,79 Bc	45,25	3
AS1555	37,14 Db	46,88 Bc	56,05 Ad	43,43 Cb	50,33 Ba	46,76	4
AS1633	34,97 Dc	47,66 Bc	55,24 Ad	43,53 Cb	41,98 Cc	44,68	4
AS1677	35,18 Cc	38,94 Ce	56,87 Ac	38,35 Cc	47,11 Bb	43,29	3
AS1730	37,77 Cb	44,92 Bc	54,86 Ad	48,47 Ba	46,09 Bb	46,42	3
B2401	35,09 Dc	47,03 Bc	61,15 Ab	43,06 Cb	42,45 Cc	45,75	4
B2418	34,31 Cc	41,94 Bd	46,73 Af	47,20 Aa	43,14 Bc	42,66	3
B2620	36,00 Cb	43,86 Bd	50,48 Ae	41,52 Bc	41,92 Bc	42,76	3
B2801	38,96 Cb	49,44 Bb	60,58 Ac	48,77 Ba	45,89 Bb	48,73	3
BM3066	34,66 Cc	40,12 Be	56,21 Ad	39,43 Bc	41,04 Bc	42,29	3
BM3069	33,92 Cc	40,22 Be	51,09 Ae	37,35 Cc	42,65 Bc	41,05	3
CODIGO	36,89 Cb	38,39 Ce	54,18 Ad	43,27 Bb	50,20 Aa	44,59	3
DKB177	29,38 Dd	42,80 Bd	58,27 Ac	38,59 Cc	43,07 Bc	42,42	4
DKB230	31,32 Bd	41,16 Ad	45,09 Af	45,19 Ab	43,40 Ac	41,23	2
DKB235	36,79 Cb	37,29 Ce	53,74 Ad	51,84 Aa	41,83 Bc	44,30	3
DKB240	27,16 Cd	46,74 Bc	68,62 Aa	42,69 Bc	43,34 Bc	45,71	3
DKB255	35,00 Cc	43,19 Bd	57,60 Ac	40,54 Bc	40,54 Bc	43,37	3
DKB290	36,45 Bb	42,19 Bd	54,95 Ad	39,96 Bc	38,20 Bc	42,35	2
FS670	34,11 Cc	45,07 Bc	61,93 Ab	42,14 Bc	42,43 Bc	45,14	3
K0167	38,36 Cb	47,42 Bc	64,02 Ab	44,09 Bb	46,53 Bb	48,08	3
K3100	35,93 Db	45,87 Bc	56,34 Ad	41,07 Cc	41,10 Cc	44,06	4
K8774	35,34 Cc	44,98 Bc	51,01 Ae	39,28 Cc	42,86 Bc	42,69	3
K9300	39,09 Cb	42,14 Bd	52,89 Ad	44,17 Bb	35,51 Cc	42,76	3
K9606	36,16 Cb	46,44 Bc	52,71 Ad	47,76 Ba	43,76 Bc	45,37	3
K9660	39,47 Cb	47,64 Bc	55,32 Ad	41,89 Cc	41,07 Cc	45,08	3
LG3040	34,72 Cc	44,66 Bc	53,21 Ad	42,29 Bc	42,12 Bc	43,40	3
LG36680	33,64 Cc	47,95 Ac	50,54 Ae	42,46 Bc	42,65 Bc	43,45	3
LG36770	36,32 Bb	44,73 Ac	47,41 Af	39,22 Bc	43,08 Ac	42,15	2
LG36790	34,52 Cc	43,78 Bd	61,57 Ab	38,13 Cc	40,77 Bc	43,76	3
LG36799	33,50 Dc	41,73 Cd	52,16 Ad	46,61 Ba	45,51 Bb	43,90	4
MAXIMUS	34,80 Cc	43,50 Bd	52,93 Ad	41,72 Bc	43,11 Bc	43,21	3
MG300	38,59 Db	45,03 Cc	58,74 Ac	45,28 Cb	50,04 Ba	47,54	4
MG580	43,80 Ba	48,78 Bb	55,82 Ad	44,91 Bb	44,85 Bb	47,63	2
MG593	34,19 Dc	49,52 Bb	58,12 Ac	39,47 Cc	43,58 Cc	44,98	4
MG618	38,79 Cb	46,36 Bc	52,72 Ad	43,40 Bb	41,83 Cc	44,62	3
MG652	31,91 Cd	47,49 Bc	53,07 Ad	44,38 Bb	45,04 Bb	44,38	3
NK467	36,29 Cb	43,79 Bd	64,74 Ab	44,26 Bb	45,64 Bb	46,94	3
NK520	35,21 Cc	45,09 Bc	50,58 Ae	42,99 Bb	42,15 Bc	43,20	3
NS45	38,20 Cb	45,06 Bc	59,77 Ac	41,50 Cc	44,31 Bc	45,77	3
NS75	37,30 Cb	44,24 Bc	58,52 Ac	45,16 Bb	43,82 Bc	45,81	3
NS80	42,28 Ca	42,09 Cd	61,74 Ab	48,41 Ba	43,74 Cc	47,65	3
NTX454	40,35 Da	54,68 Ba	62,42 Ab	45,08 Cb	45,73 Cb	49,65	4
P3016	36,43 Cb	42,77 Bd	61,83 Ab	40,31 Bc	43,71 Bc	45,01	3
Média	35,90	44,26	55,96	43,16	43,61	44,58	-
NG	4	5	6	3	3	-	-

Médias não seguidas de mesma letra, maiúscula na horizontal (comparação de datas de semeadura em cada genótipo) e minúscula na vertical (comparação de genótipos em cada data de semeadura), diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. NG: Número de grupos de médias formado pelo teste de Scott-Knott.

Nas comparações das médias das datas de semeadura em cada um dos 46 genótipos, foram formados de dois a quatro grupos. As médias do filocrono dos genótipos

foram 41,21, 44,28, 50,38, 44,90 e 39,17 °C dia folha⁻¹, respectivamente, para a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta data de semeadura. Portanto, observou-se maior filocrono na terceira data de semeadura, com redução gradativa no sentido da primeira e da quinta data de semeadura.

No ano agrícola 2022/2023 (experimento 2), o filocrono variou entre 27,16 e 68,62 °C dia folha⁻¹, com média de 44,58 °C dia folha⁻¹. Nas comparações das médias dos genótipos em cada data de semeadura, o teste de Scott-Knott, separou os genótipos em 4, 5, 6, 3 e 3 grupos, respectivamente, para a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta data de semeadura (Tabela 5). Entre os 46 genótipos, as amplitudes de variação (máximo - mínimo) do filocrono foram 16,64, 17,55, 23,53, 14,50 e 14,82 °C dia folha⁻¹, respectivamente, para a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta data de semeadura.

Nas comparações das médias das datas de semeadura em cada genótipo, foram formados de dois a quatro grupos. As médias do filocrono dos genótipos foram 35,90, 44,26, 55,96, 43,16 e 43,61 °C dia folha⁻¹, respectivamente, para a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta data de semeadura. Portanto, observou-se padrão de resposta similar ao ano agrícola 2021/2022 (experimento 1), ou seja, maior filocrono na terceira data de semeadura, com redução gradativa no sentido da primeira e da quinta data de semeadura.

As médias do filocrono dos genótipos nos dois anos agrícolas foram 38,55, 44,27, 53,17, 44,03 e 41,39 °C dia folha⁻¹, respectivamente, para a primeira, segunda, terceira, quarta e quinta data de semeadura. Portanto, confirmam-se maiores valores de filocrono na terceira data de semeadura (mês de novembro), intermediários na segunda e quarta data de semeadura (meses de outubro e dezembro) e menores na primeira e quinta data de semeadura (meses de setembro e janeiro ou fevereiro).

Variação do filocrono entre genótipos foi verificada em milho (Martins *et al.*, 2012; Xu *et al.*, 2023), trigo (Rosa *et al.*, 2009) e aveia branca (Chaves *et al.*, 2017) e entre datas de semeadura em arroz irrigado (Streck *et al.*, 2007), milho (Streck *et al.*, 2009; XU *et al.*, 2023), trigo (Rosa *et al.*, 2009), aveia branca (Chaves *et al.*, 2017), sorgo (Bandeira *et al.*, 2018), teosinto (Denardin Junior *et al.*, 2023) e milheto (Camera *et al.*, 2023a; Somavilla *et al.*, 2023). Essas divergências podem ser atribuídas às diferenças genéticas e às condições ambientais distintas nas datas de semeadura. Streck *et al.* (2007) salienta que as diferenças genotípicas são pequenas e podem ser desprezadas, enquanto o ambiente, principalmente a época de semeadura, tem grande efeito sobre o filocrono em arroz.

Para compreender a variação dos valores de filocrono entre as datas de semeadura realizou-se a análise de regressão linear entre a média dos 46 filocronos (y) e a temperatura média do ar (x) durante o período de emissão de folhas, com n = 10 datas de semeadura. Houve relação linear positiva entre as duas variáveis ($y = -1,0608 + 1,9621x$, $R^2 = 0,54$) (Figura 5). Coeficiente de determinação similar também foi observado por Paula *et al.* (2005) na cultura da batata ($R^2 = 0,33$). Por outro lado, em milho, Streck *et al.* (2009) observaram uma relação negativa entre essas variáveis, mas com baixo coeficiente de determinação ($R^2 \leq 0,25$). Nesse estudo, os resultados demonstram que a variação dos valores de filocrono entre as datas de semeadura está associada positivamente com a temperatura do ar, ou seja, há aumento dos valores de filocrono em ambientes com maior temperatura média do ar.

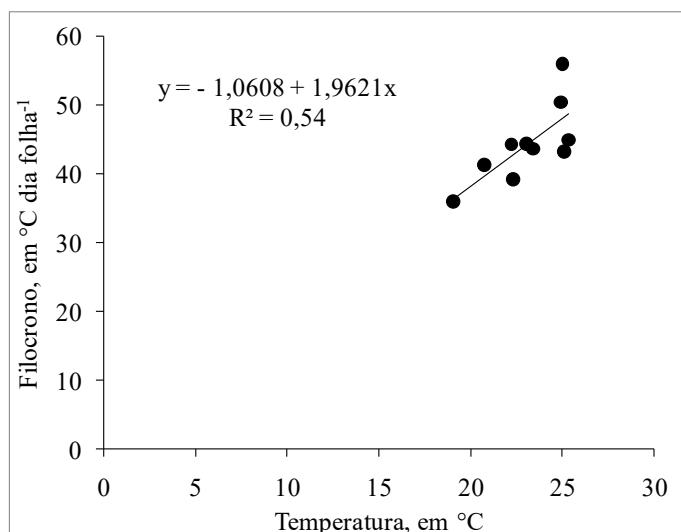


Figura 5. Relação entre a média do filocrono, em °C dia folha⁻¹, de 46 genótipos de milho e a média diária da temperatura média do ar (TMA, em °C) no período compreendido entre a semeadura e a última avaliação do número de folhas de milho, em dez datas de semeadura

4 CONCLUSÃO

Há variabilidade do filocrono entre os genótipos de milho e as datas de semeadura. O filocrono oscila entre 27,16 e 68,62 °C dia folha⁻¹, com média de 44,28 °C dia folha⁻¹.

Genótipos de milho apresentam maior filocrono em semeaduras no mês de novembro com redução gradativa do filocrono em direção às semeaduras precoces (mês de setembro) e tardias (meses de janeiro e fevereiro).

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Processos 304652/2017-2 e 304878/2022-7), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, Finance Code 001) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs) pela concessão de bolsas aos autores.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; PAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

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

BANDEIRA, A. H.; MEDEIROS, S. L. P.; EMYGDIO, B. M.; BIONDO, J. C.; LEAL, L. T. Morfologia foliar de sorgo sacarino cultivado em diferentes espaçamentos entrelinhas e épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, p. 63-75, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p63-75>.

CAMERA, D. O.; LUDWIG, M. P.; MARTINS, J. D.; KIRCHNER, J. H.; SANTOS, M. S. N.; VILLA, B. Phyllochron estimates on agronomic potential and physiological quality of millet. **Colloquium Agrariae**, v. 9, p. 116-129, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2023.v19.h517>.

CAMERA, D. O.; LUDWIG, M. P.; MARTINS, J. D.; KIRCHNER, J. H.; SANTOS, M. S.; VILLA, B. Phyllochron variability and cutting management practices on the agronomic potential of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Colloquium Agrariae**, v. 19, p. 86-104, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2023.v19.h515>.

CHAVES, G. G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ALVES, B. M.; LAVEZO, A.; WARTHA, C. A.; ULIANA, D. B.; PEZZINI, R. V.; KLEINPAUL, J. A.; NEU, I. M. M. Phyllochron and leaf appearance rate in oat. **Bragantia**, v. 76, p. 73-81, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.090>.

CRUZ, C. D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, p. 547-552, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>.

DENARDIN JUNIOR, J. C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LORO, M. V.; ANDRETTA, J. A.; REIS, M. B.; ORTIZ, V. M.; SCHULLER, B. R. Estimativa do filocrono para a cultura de teosinto. **Sigmae**, v. 13, p. 18-23, 2023.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: manejo e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP. 2009, 181p.

LOZADA, B. I.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da semeadura à floração de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, p. 31-36, 1999.

MARTINS, J. D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; KNIES, A. E.; OLIVEIRA, Z. B.; BROETTO, T. Estimativa do filocrono em milho para híbridos com diferentes ciclos de desenvolvimento vegetativo. **Ciência Rural**, v. 42, p. 777-783, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000500003>.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 87, p. 291-300, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(97\)00027-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(97)00027-0).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria SPA/MAPA nº 173, de 18 de maio de 2023. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático - ZARC para a cultura do milho 1ª safra no estado do Rio Grande do Sul, ano-safra 2023/2024.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/rio-grande-do-sul/PORTN173MILHO1SAFRARS.pdf>. Acesso: 17 jun. 2024.

PAULA, F. L. M.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A.; HELDWEIN, A. B.; LAGO, I. Filocrono da planta de batata cultivar Asterix em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, p. 367-374, 2005.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009, 451p.

ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1374-1382, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001100002>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018, 356p.

SOMAVILLA, F. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; NEU, I. M. M.; SILVEIRA, D. L.; BUBANS, V. E.; DUMKE, G. E. Leaf appearance rate and phyllochron on millet sowing dates. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 22, p. e1309, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18512/rbms2023v22e1309>.

STRECK, N. A.; LAGO, I.; SAMBORANHA, F. K.; GABRIEL, L. F.; SCHWANTES, A. P.; SCHONS, A. Temperatura base para aparecimento de folhas e filocrono da variedade de milho BRS Missões. **Ciência Rural**, v. 39, p. 224-227, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000100035>.

STRECK, N. A.; MICHELON, S.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; BOSCO, L. C.; PAULA, G. M.; CAMERA, C.; SAMBORANHA, F. K.; MARCOLIN, E.; LOPES, S. J. Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função de época de semeadura. **Ciência Rural**, v. 37, p. 323-329, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000200005>.

WILHELM, W. W.; MCMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v. 35, p. 1-3, 1995. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010001x>.

XIAO, D.; QI, Y.; SHEN, Y.; TAO, F.; MOIWO, J. P.; LIU, J.; WANG, R.; ZHANG, H.; LIU, F. Impact of warming climate and cultivar change on maize phenology in the last three

decades in North China Plain. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 124, p. 653-661, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1450-x>.

XU, H.; MING, B.; WANG, K.; XUE, J.; HOU, P.; LI, S.; XIE, R. Quantitative analysis of maize leaf collar appearance rates. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 196, p. 454-462, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.01.016>.

XUE, Q.; WEISS, A.; BAENZIGER, P. S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, v. 175, p. 261-270, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.10.018>.