Boletim **Técnico**

12

Pesquisa e Desenvolvimento

2024 ISSN 2674-8177



Climatologia das horas de frio em Veranópolis: análise do banco de dados do Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI)









GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO DEPARTAMENTO DE DIAGNÓSTICO E PESQUISA AGROPECUÁRIA

BOLETIM TÉCNICO: pesquisa e desenvolvimento

CLIMATOLOGIA DAS HORAS DE FRIO EM VERANÓPOLIS: ANÁLISE DO BANCO DE DADOS DO CENTRO ESTADUAL DE DIAGNÓSTICO E PESQUISA EM FRUTICULTURA (CEFRUTI)

Amanda Heemann Junges
Denise Cybis Fontana
Rafael Anzanello

Porto Alegre, RS 2024 Governador do Estado do Rio Grande do Sul: Eduardo Figueiredo Cavalheiro Leite.

Secretário da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação: Giovani Feltes

Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária

Rua Gonçalves Dias, 570 – Bairro Menino Deus

Porto Alegre I RS – CEP: 90130-060

Telefone: (51) 3288.8000

https://www.agricultura.rs.gov.br/ddpa

Diretor: Caio Fábio Stoffel Efrom

Comissão Editorial:

Loana Silveira Cardoso; Lia Rosane Rodrigues; Bruno Brito Lisboa; Larissa Bueno Ambrosini; Raguel Paz da Silva; Flávio Nunes.

Arte: Rodrigo Nolte Martins

Catalogação e normalização: Flávio Nunes

J95c Junges, Amanda Heemann.

Climatologia das horas de frio em Veranópolis : análise do banco de dados do Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI) / Amanda Heemann Junges, Denise Cybis Fontana, Rafael Anzanello. – Porto Alegre : SEAPI/DDPA, 2024.

46 p. il. – (Boletim técnico : pesquisa e desenvolvimento ; n. 12)

Continuação de: Boletim Fepagro, 1995-2016.

1. Frutíferas de clima temperado 2. Tendência temporal. 3. Normal climatológica padrão. I. Fontana, Denise Cybis. II. Anzanello, Rafael. III. Título. IV. Série.

CDU 551.5(816.5)

REFERÊNCIA

JUNGES, Amanda Heemann; FONTANA, Denise Cybis; ANZANELLO, Rafael. Climatologia das horas de frio em Veranópolis: análise do banco de dados do Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI). Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2024. 46 p. (Boletim técnico: pesquisa e desenvolvimento, 12).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1 Dados	16
2.2 Análises	16
2.2.1 Preenchimento de falhas no banco de dados	16
2.2.2 Estatísticas descritivas	17
2.2.3 Distribuição de frequências	18
2.2.4 Diferença entre séries	19
2.2.5 Tendência temporal	19
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1 Preenchimento de falhas do banco de dados	20
3.2 Estatísticas descritivas	20
3.3 Distribuição de frequências	29
3.4 Diferença entre séries	37
3.5 Tendência temporal	38
4 CONCLUSÕES	40
5 AGRADECIMENTO	41
REFERÊNCIAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagramas de dispersão das horas de frio (HF ≤ 7,2°C) mensais (maio a setembro) (A) e nos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) (B) em Veranópolis e Bento Gonçalves na série compatível de dados das estações (1976-1999; 2015-2021). ns = não significativo pelo teste de Mann Whitney
Figura 2. Diagramas de dispersão e médias de horas de frio mensais (HF ≤ 7,2°C) de maio a setembro (A); diagramas de dispersão, médias e anos extremos em relação às HF dos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) (B) de Veranópolis, série 1956-2021
Figura 3. Contribuição (em porcentagem) dos períodos inverno (JJA: junho-julho-agosto) e maio a agosto (M-A) para as horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) ocorridas de maio a setembro (M-S, 100%) na série 1956-2021 de Veranópolis; médias (em porcentagem) da série e anos com porcentagem inferior a 70%
Figura 4. Evolução gradativa do acúmulo de horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) na série histórica 1956-2021 de Veranópolis: média e porcentagem de anos que atingiram a média e limiares (linhas tracejadas) entre 150 HF e 500 HF nas etapas 1 (soma das HF de maio e junho) (A), 2 (soma das HF de maio, junho e julho), 3 (soma das HF de maio, junho, julho e agosto - MA) e 4 (soma das HF de maio, junho, julho, agosto e setembro -

Figu	ıra 5.	Distribuiç	ão de frec	quências d	as horas	de frio (HF	≤
7,2	°C)	mensais	(maio-A,	junho-B,	julho-C,	agosto-D	е
sete	mbro	-E) e acur	nuladas no	os período	s maio a	agosto (M-	A)
e ma	aio a	setembro	(M-S) (F)	em classe	es fixas de	50 HF séi	rie
histó	órica 1	1956-2021	de Veran	ópolis			30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 . Estatísticas descritivas (média-M, desvio-padrão-DP, coeficiente de variação-CV (%) e valores mínimo-Mín e máximo-Máx); limites do intervalo média ±1DP e anos acima/abaixo destes limites; e quartis das horas de frio (HF ≤ 7,2°C) mensais (maio a setembro) e dos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) na série 1956-2021 de Veranópolis
Tabela 2. Horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) mensais (maio – MAI; junho – JUN; julho – JUL; agosto – AGO; setembro – SET) e na soma dos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) de 2022 e 2023 e classificação quanto à classe percentílica (C) definida pela série 1956-2021 de HF de Veranópolis
Tabela 3. Médias de horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) mensais e na soma dos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) na série completa 1956-2021 e nas normais climatológicas padrão 1961-1990 (NCP1) e 1991-2020 (NCP2) de Veranópolis

BOLETIM TÉCNICO: pesquisa e desenvolvimento

Climatologia das horas de frio em Veranópolis: análise do banco de dados do Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI)

Amanda Heemann Junges¹, Denise Cybis Fontana², Rafael Anzanello³

¹ Pesquisadora, Dra. Agrometeorologia, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (DDPA/CEFRUTI), Rodovia BR 470 km 170,8, Veranópolis-RS. Email: amandajunges@agricultura.rs.gov.br

² Professora, Dra. Agrometeorologia, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre-RS. Email: dfontana@ufrgs.br

³ Pesquisador, Dr. Fruticultura, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (DDPA/CEFRUTI), Rodovia BR 470 km 170,8, Veranópolis-RS. Email: rafael-anzanello@agricultura.rs.gov.br

RESUMO

Em frutíferas de clima temperado, a superação da dormência de gemas está relacionada ao número de Horas de Frio (HF) ocorrido no outono-inverno. A definição da climatologia das HF permite a identificação de regiões com maior potencial de cultivo, aperfeiçoamento de zoneamentos, escolha espécies/cultivares mais adaptadas e subsídios ao manejo de pomares e a programas de melhoramento. O objetivo deste trabalho foi definir climatologia, variabilidade e tendências de HF mensais e acumuladas nos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) na série histórica 1956-2021 do Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI), em Veranópolis. Os resultados indicaram que as médias mensais de HF variaram entre 37 HF (setembro) e 113 HF (julho) e, para os períodos M-A e M-S foram, respectivamente, 324 e 361 HF. O inverno respondeu, em média, a 78% do total de HF de M-S. Considerando a evolução temporal gradativa do acúmulo de HF, o cultivo de espécies/cultivares que apresentam uma exigência máxima de 400 HF é o mais indicado. Não houve diferença entre médias de HF mensais e dos períodos M-A e M-S nas normais climatológicas padrão 1961-1990 e 1991-2020 e na série 1956-2021. Não houve tendência temporal nas HF dos períodos M-A e M-S e mensais; com exceção de julho, que apresentou tendência de aumento. Este trabalho gerou a climatologia das HF em Veranópolis, contribuindo para caracterização do município e da região e permitindo uma maior compreensão acerca desta variável agrometeorológica fundamental para o cultivo de frutíferas de clima temperado.

Palavras-chave: Frutíferas de clima temperado. Tendência temporal. Normal climatológica padrão.

Climatology of chilling hours in Veranópolis: database analysis of the Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI)

ABSTRACT

Dormancy release in temperate fruit trees are related to the chilling hours (CH) that occur during the fall-winter period. The CH climatology is important to identify regions with greater potential to production, improve crop zonings, promote the choose of adapted species/cultivars and aid to orchard management and crop breeding programs. The objective of this study was to define climatology, variability and trends to monthly CH and accumulated CH in May-August (M-S) and May-September (M-S) periods considering the 1956-2021 database of Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI), in Veranópolis. The results indicated that the CH monthly average ranged between 37 HF (September) e 113 HF (July). The periods averages were 324 CH (M-A) and 361 CH (M-S). The winter was accountable to 78% of M-S chilling hours. Considering the temporal evolution of CH accumulation, species/cultivars with the maximum requirement of 400 HF is the most recommended. There weren't differences between CH averages considering three series: two climatological normal (1961-1990 and 1991-2020) and 1956-2021. Chilling hours in M-A and M-S periods and in months showed no temporal trend; with the exception of July, which showed an increasing. This study presented the CH Veranópolis, climatology in contributing to characterization of the municipality and region and allowing greater understanding about this important agrometeorological variable to temperate fruit trees production.

Keywords: Temperate fruits trees. Temporal trend. Climatological standard normal.

1 INTRODUÇÃO

Em regiões de clima temperado, espécies frutíferas como videiras, macieiras, pessegueiros e kiwizeiros, entre outras, apresentam um período de repouso vegetativo nos meses mais frios do ano. O período de repouso hibernal, também conhecido como dormência, caracteriza-se pela perda de folhas e ausência de crescimento vegetativo. A retomada deste crescimento (brotação/floração) ocorre após a exposição das gemas às baixas temperaturas do ar do outono-inverno, sendo a quantidade de frio necessária para ativação da brotação uma característica regulada entre espécies e cultivares, podendo variar de 100 a 1.500 Horas de Frio (HF) (Petri et al., 2021). Define-se HF como o total de horas em que a temperatura do ar do ar permanece abaixo de determinada temperatura-base (Angelocci et al., 1979). Embora a temperatura-base varie entre espécies, o clássico trabalho de Nightingale e Blake estabeleceu que pessegueiros e macieiras paralisam o crescimento quando a temperatura do ar atinge cerca de 7°C (mais precisamente 7,2°C, equivalente a 45°F no trabalho original) (Bergamaschi, 2017) e, assim, parâmetro passou а ser considerado esse internacional para contagem do número de HF necessário à superação da dormência (Bergamaschi, 2017).

Após a poda das frutíferas de clima temperado, e com o aumento da temperatura do ar no final do inverno e início da primavera, ocorre a brotação, prioritariamente, das gemas que acumularam/supriram as exigências mínimas de frio e, consequentemente, superaram o estado de dormência. Em um sistema produtivo, a satisfação da necessidade de frio para superação da dormência é essencial para evitar desordens fisiológicas, como queda de gemas, atraso,

irregularidade ou não ocorrência de brotação e floração, o que afeta negativamente o desenvolvimento, o crescimento e a produtividade das plantas. Uma má brotação ou uma brotação desuniforme pode comprometer tanto a produção quanto a distribuição dos ramos na planta, enquanto que uma floração não adequada pode acarretar prejuízos à polinização e, por consequência, à frutificação (Hawerroth et al., 2010). Sendo assim, em pomares de frutíferas de clima temperado, o frio ocorrido no período de outono-inverno tem impacto direto sobre o potencial de produção, e, consequentemente, HF é variável agrometeorológica fundamental uma para caracterização da relação clima-planta.

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta grande variabilidade entre regiões no que se refere ao regime de HF (Matzenauer et al., 2005). O número médio de HF é maior nas regiões de maiores altitudes, tais como a Encosta Superior da Serra do Nordeste (Serra Gaúcha), Campos de Cima da Serra e Serra do Sudeste, assim como na Campanha Gaúcha (Wrege et al., 2011) que, apesar das menores altitudes, é a região de entrada das massas de ar frio no Estado, as quais causam um declínio na temperatura do ar após a incursão (Firpo; Sansigolo; Assis, 2012). Para região da Serra Gaúcha, et al. (2005) definiram valores Matzenauer médios. acumulados no período maio a setembro, de 327 HF para Veranópolis (série 1956-2003), 463 HF para Caxias do Sul (série 1985-2003) e 464 HF para Farroupilha (série 1963-2003). As HF acumuladas nos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) são um dos principias critérios empregados nos zoneamentos agroclimáticos de videiras (Maluf et al., 2014), macieiras (Maluf et al., 2011), pereiras (Wrege et al., 2006) e pessegueiros (Herter et al., 2002) no Rio Grande do Sul.

Considerando a importância da climatologia das HF para identificação das regiões com maior potencial de cultivo de frutíferas de clima temperado, aperfeiçoamento de zoneamentos agroclimáticos, redução do risco climático pela escolha de cultivares mais adaptadas e subsídios a programas de melhoramento genético e ao manejo de pomares, é fundamental que os registros de HF sejam continuamente obtidos, para fins de atualização dos valores médios que caracterizam o clima nas regiões e microrregiões.

Além da definição da climatologia, por meio da determinação dos valores médios mensais em séries históricas de longo prazo, também é fundamental que se avalie a variabilidade interanual das HF. Czermainski e Zatt (2011) identificaram elevada variabilidade de HF do período abril a outubro em Bento Gonçalves, sendo os valores mínimo e máximo da série analisada (1976-2010), respectivamente, de 106 HF (em 1998) e 638 HF (em 1988). Além da diferença observada entre anos no que se refere ao total de HF ocorridas em M-A e M-S, também os totais mensais são extremamente variáveis. Como exemplo, em Veranópolis, no mês com maior acúmulo de HF (julho), a média é de 96 HF (Matzenauer et al., 2005). Em 2015, no entanto, o total mensal foi de apenas 30 HF (Junges et al., 2020b), enquanto que, em 2020 e 2021, foram registrados valores acima de 150 HF (respectivamente, 177 HF e 166 HF) (Junges et al., 2020a, 2021). Tal variabilidade é o principal desafio no manejo dos pomares de frutíferas de clima temperado, pois é diante da quantidade de frio registrada, a cada outono-inverno, que os produtores avaliam, considerando as necessidades da espécie/cultivar que cultivam, se a quebra de dormência de gemas ocorrerá naturalmente ou se deve ser realizada a aplicação de indutores de brotação (produtos, tais como cianamida hidrogenada), que podem ser aplicados quando as necessidades de frio das plantas não são naturalmente atendidas (Petri *et al.*, 2021). Dessa maneira, quantificar a variabilidade interanual das HF é fundamental para um maior entendimento do clima regional e para geração de informações que subsidiem o produtor quanto à escolha da espécie/cultivar mais adequada e o uso racional de produtos químicos.

É importante destacar que, para definição das médias climatológicas de uma variável meteorológica original (como, por exemplo, temperatura do ar) ou derivada (calculada a partir das variáveis originais, como é o caso das HF) são necessários, no mínimo de 30 anos de registros (dados) seguenciais. Dessa maneira, as médias são consideradas normais climatológicas e, quando definidas a partir de séries fixas de 30 anos, são denominadas normais climatológicas padrão (NCP) e, para esse fim foram definidas as séries 1931-1960, 1961-1990 e, mais recentemente, 1991-2020. Definir as normais climatológicas é, portanto, fundamental caracterização climática. Devido à dinâmica das variáveis meteorológicas, o emprego de normais climatológicas busca, justamente, estabelecer padrões, pois as médias representam o valor predominante da variável meteorológica no local considerado. Da mesma maneira, a definição das normais climatológicas facilita a identificação de anomalias ou de eventos extremos, contribuindo para geração de informações relevantes à comunidade científica, aos integrantes das cadeias produtivas relacionados ao setor agropecuário, e às instituições que necessitam de dados climáticos (Instituto Nacional de Meteorologia, 2022).

Em Veranópolis, a coleta, registro e análise de dados meteorológicos vem sendo executados desde 1956;

inicialmente de forma convencional (estação meteorológica convencional), e, a partir de 2011, de forma automática (estação meteorológica automática), no Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI), estação experimental agrícola mais antiga do Estado do Rio Grande do Sul (desde 1919) e atualmente pertencente Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária da Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação (SEAPI) do Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Na estação meteorológica convencional, os instrumentos (como, por exemplo, o termômetro) devem ser lidos diariamente por uma pessoa (observador meteorológico) em horários fixos (9h, 15h, 21h) e os dados anotados em planilhas de papel e/ou retirados os gráficos daqueles que possuem sistema mecânico de registro (termógrafo). Em estações automáticas, a coleta e o registro das variáveis meteorológicas são totalmente automatizados, não havendo a necessidade de leitura dos instrumentos por uma pessoa. Os sensores emitem sinais elétricos que são captados por um sistema de aquisição de dados (datalogger), permitindo o registro contínuo dos dados em intervalos definidos pelo usuário (hora ou minutos).

Em Veranópolis, a estação meteorológica automática foi instalada na mesma área da estação convencional. Dessa maneira, há um banco de dados que permite a obtenção de médias climatológicas e demais estatísticas relacionadas à variabilidade e tendências das HF; as quais podem ser empregadas na caracterização do frio hibernal no contexto da Serra Gaúcha, tendo em vista que não são todos os municípios que dispõem de bancos de dados com séries históricas de longo prazo.

O objetivo deste trabalho foi definir a climatologia, a variabilidade e as tendências das horas de frio (HF ≤ 7,2°C) mensais e acumuladas nos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) na série histórica 1956-2021 de Veranópolis, Serra Gaúcha, Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados

Foram empregados valores mensais de HF (soma do número de horas nas quais a temperatura do ar permanece igual ou inferior a 7,2°C), de maio a setembro, do banco de dados (série 1956-2021; 66 anos) da estação meteorológica de Veranópolis (28°53'17" S e 51°32'32" W, 707 m de altitude), localizada no Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI), estação experimental do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), da Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação (SEAPI).

2.2 Análises

2.2.1 Preenchimento de falhas no banco de dados

Na série histórica 1956-2021 foram verificadas falhas no conjunto de dados mensais de HF nos anos 2000 a 2014 (15 anos, ou 23% da série). Em função disso, foi avaliada a possibilidade de preenchimento dos dados faltantes com os da estação meteorológica de Bento Gonçalves. A estação meteorológica de Bento Gonçalves, além de estar localizada na mesma região ecoclimática (região 3: Serra do Nordeste) (Maluf; Caiaffo, 2001), é a mais próxima de Veranópolis com

série histórica de longo prazo de HF (desde 1976). Para isso, foram empregados dados mensais (soma de HF em maio, junho, julho, agosto e setembro) e as somas de HF dos períodos M-A e M-S no conjunto de dados disponíveis para ambas estações (1976 a 1999; 2015 a 2021). Em função de os dados de HF serem não paramétricos (teste de Kolmogorov-Smirnov, p < 0,05), foi empregado teste de Mann Whitney (p < 0.05), para avaliar se as amostras independentes (HF de Veranópolis e HF de Bento Goncalves) foram retiradas de populações com médias iguais. O objetivo desta etapa foi verificar a possibilidade de preenchimento de falhas especificamente para o período 2000 a 2014. Eventuais outras falhas, pontuais, não foram preenchidas, de modo que, caso um ou mais meses do período M-A ou M-S não apresentasse dados em um determinado ano, este não foi considerado na obtenção das médias, a fim de evitar subestimativas.

2.2.2 Estatísticas descritivas

Para caracterização climática e avaliação da variabilidade das HF foram estabelecidas as estatísticas descritivas média, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV), mínimo e máximo, valores referentes à média ± 1DP e número de anos acima (extremos superiores) e abaixo (extremos inferiores) destes limites. As estatísticas descritivas foram obtidas para os dados mensais (maio a setembro) e para a soma de HF nos períodos M-A e M-S na série histórica. A variabilidade dos dados também foi expressa por meio de diagramas de caixa (box plot).

Foram calculadas as porcentagens médias de contribuição dos meses no total de HF de M-S (considerado,

neste caso, equivalente a 100%) e definida a evolução temporal gradativa do acúmulo de HF no período M-S. Para essas análises foram considerados válidos os anos nos quais não havia falha nos dados mensais, a fim de não comprometer a definição do total de HF de M-S. A evolução temporal gradativa do acúmulo de HF foi definida com base na porcentagem de anos (válidos) que atingiram a média e os limiares 150 HF, 200 HF, 250 HF e 300 HF nas etapas maiojunho (soma das HF ocorridas em maio e junho); maio-junho-julho-agosto-setembro (M-S).

2.2.3 Distribuição de frequências

A distribuição de frequências dos dados de HF mensais e dos períodos M-A e M-S foi determinada com base em classes fixas e classes percentílicas. Na análise de frequências por classes fixas foram definidas as ocorrências (número de anos) com base no intervalo de 50 HF entre classes, considerando, no caso de dados mensais, o valor mínimo 0 e máximo maior ou igual a 200 HF; e, no caso dos totais de HF dos períodos M-A e M-S, o valor mínimo menor ou igual a 100 HF e máximo maior ou igual a 500 HF.

Na análise de classes por percentis foram contabilizadas as ocorrências nas classes definidas pelos percentis de cada conjunto de dados (meses e períodos M-A e M-S), considerando: percentil 0 a 15 (15% dos dados) - classe muito abaixo (da média); percentil 15 a 35 (20% dos dados) - classe abaixo; percentil 35 a 65 (30% dos dados) - classe normal ou média; percentil 65 a 85 (20% dos dados) - classe acima; percentil 85 a 100 (15% dos dados) - classe muito acima.

Também foram definidas as frequências da porcentagem da contribuição mensal e do período maio a agosto (M-A) no total de HF do período M-S (considerado 100%).

2.2.4 Diferença entre séries

Em função da série histórica analisada englobar os conjuntos de dados referentes a duas normais climatológicas padrão (NCP), quais sejam, 1961-1990 (NCP1) e 1991-2020 (NCP2), foram calculadas as médias nas normais e avaliada as diferenças entre estas e também em relação à série completa (1956-2021). A maior parte dos dados não atendeu os pressupostos da normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (p < 0,05), de modo que a comparação de médias foi realizada pelo teste de Kruskall Wallis (p < 0,05), alternativa não paramétrica para ANOVA de um critério.

2.2.5 Tendência temporal

A existência de tendência temporal na série 1956-2021 de HF mensais e nos períodos M-A e M-S foi avaliada por meio do teste estatístico não paramétrico de Mann Kendall, considerando tendências temporais significativas com p < 0,05. A magnitude da tendência foi definida pelo estimador de Sen. O teste de Mann Kendall considera que a sucessão de valores ocorre de forma independente e a distribuição de probabilidade permanece a mesma no caso de estabilidade de uma série temporal (Back, 2001). O estimador Sen é uma opção da estatística não-paramétrica para determinar a taxa de variação dos parâmetros em séries temporais (Salmi *et al.*, 2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Preenchimento de falhas do banco de dados

O preenchimento dos dados faltantes na série 1956-2021 de HF de Veranópolis com dados da estação meteorológica de Bento Gonçalves foi considerado coerente em função de não terem sido verificadas diferenças entre os valores médios mensais (Figura 1A) e dos períodos M-A e M-S (Figura 1B) na série compatível de dados.

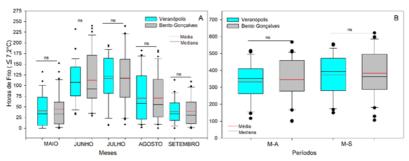


Figura 1. Diagramas de dispersão das horas de frio (HF ≤ 7,2°C) mensais (maio a setembro) (A) e nos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) (B) em Veranópolis e Bento Gonçalves na série compatível de dados das estações (1976-1999; 2015-2021). ns = não significativo pelo teste de Mann Whitney.

3.2 Estatísticas descritivas

A média mensal de HF em Veranópolis variou entre 37 HF (setembro) e 113 HF (julho) (Tabela 1) (Figura 2A). Julho foi o mês com maior valor médio de HF, seguido, em ordem decrescente, por junho e agosto (Tabela 1) (Figura 2A).

Embora a menor média mensal tenha ocorrido em setembro, o valor foi próximo ao de maio, de modo que o final do outono e o início da primavera foram os períodos de menor acúmulo (médio) de HF em Veranópolis. Os valores médios mensais foram semelhantes aos definidos, para Veranópolis, por Matzeneuer et al. (2005) na série 1956-2003: maio (37 HF), junho (90 HF), julho (96 HF), agosto (67 HF) e setembro (37 HF). Em termos numéricos, julho foi o mês que apresentou a maior diferença (17 HF), na comparação entre a analisada neste trabalho e а série série 1956-2003 (Matzenauer et al., 2005). Tal diferença, equivalente a cerca de um quarto do desvio-padrão das HF de julho (Tabela 1). pode ser considerada inerente aos conjuntos de dados.

No início (maio) e no final (setembro) do período de repouso vegetativo (dormência) de frutíferas de clima temperado na região, as médias de HF (41 HF e 37 HF) foram muito próximas dos valores de desvio-padrão (40 e 31), de modo que os coeficientes de variação foram elevados, indicando elevada variabilidade interanual das HF (Tabela 1) (Figura 2A). Apesar da elevada variabilidade, no entanto, em apenas 6 anos (maio) e 7 anos (setembro) não foram registradas HF (0 HF) nestes meses. De modo geral, os meses do inverno (junho-julho-agosto) apresentaram maiores médias mensais e menor variabilidade interanual (coeficiente de variação) de HF, comparativamente aos meses de maio e setembro.

As médias de HF dos períodos M-A e M-S (324 HF e 361 HF) (Tabela 1) (Figura 2B) foram muito próximas das definidas por Matzenauer *et al.* (2005) na série 1956-2003. As diferenças entre séries (34 HF) foram equivalentes a cerca de um terço dos desvios-padrão dos períodos, sendo, portanto, também consideradas inerentes aos conjuntos de dados e

indicativo de uma certa estabilidade dos valores médios de HF de Veranópolis.

Tabela 1. Estatísticas descritivas (média-M, desvio-padrão-DP, coeficiente de variação-CV (%) e valores mínimo-Mín e máximo-Máx); limites do intervalo média ±1DP e anos acima/abaixo destes limites; e quartis das horas de frio (HF ≤ 7,2°C) mensais (maio a setembro) e dos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) na série 1956-2021 de Veranópolis.

Horas de Frio (HF ≤ 7,2°C)							
Estatística	Meses				Perí	Períodos	
Estatistica	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	M-A	M-S
M	41	92	113	78	37	324	361
DP	40	50	61	53	31	105	112
CV	99	54	54	68	83	32	31
Mín	0	2	0	0	0	117	150
Máx	206	232	295	187	113	531	556
M+1DP (1)	81	142	174	131	68	429	474
M-1DP (2)	0	42	52	25	6	219	249
Anos aci-	6	11	9	10	13	10	11
ma de ⁽¹⁾	(9%)	(17%)	(14%)	(15%)	(20%)	(15%)	(17%)
Anos	0	10	10	11	10	8	9
abaixo de	(0%)	(15%)	(15%)	(17%)	(15%)	(12%)	(14%)

A variabilidade interanual das HF nos períodos, definida por meio dos coeficientes de variação, foi inferior à variabilidade mensal e valores entre 219 HF e 429 HF (M-A) e entre 249 e 474 HF (M-S) foram limiares do intervalo média ±1DP (Tabela 1). Valores acima ou abaixo destes limiares podem ser considerados extremos no conjunto de dados e, nesse caso, observou-se que o número de anos nos quais o

acúmulo de HF em M-A e M-S foi acima de média +1DP (extremos superiores; 10-11) foi próximo ao de anos com acúmulo abaixo de média -1DP (extremos inferiores; 8-9) (Tabela 1). O menor acúmulo de HF ocorreu em 2015, tanto quando considerado o período M-A (117 HF), quanto no M-S (150 HF) (Figura 2B). Por sua vez, na série histórica, destacaram-se como máximos valores de HF acumuladas em M-A o ano 1962 (531 HF) e, em M-S, 1988 (556 HF) e 2016 (550 HF) (Figura 2B).

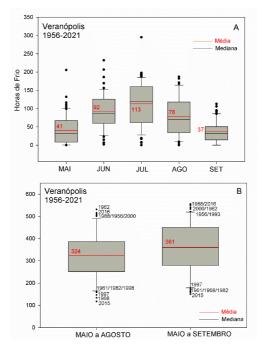


Figura 2. Diagramas de dispersão e médias de horas de frio mensais (HF \leq 7,2°C) de maio a setembro (A); diagramas de dispersão, médias e anos extremos em relação às HF dos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) (B) de Veranópolis, série 1956-2021.

Em média, a soma das HF ocorridas nos meses correspondentes ao inverno climatológico (junho-julho-agosto) e no período M-A equivaleram, respectivamente, a 78% e 90% das HF ocorridas em M-S (Figura 3), indicando o inverno como um período importante de monitoramento do frio e definição de estratégias acerca do manejo de frutíferas de clima temperado.

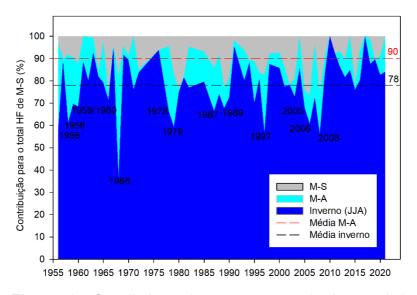


Figura 3. Contribuição (em porcentagem) dos períodos inverno (JJA: junho-julho-agosto) e maio a agosto (M-A) para as horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) ocorridas de maio a setembro (M-S, 100%) na série 1956-2021 de Veranópolis; médias (em porcentagem) da série e anos com porcentagem inferior a 70%.

O acúmulo de HF no inverno é importante para superação da dormência de gemas, tendendo a beneficiar a ocorrência sucessiva das três fases da dormência - paradormência, endodormência e ecodormência (Lang et al., 1987). Em regiões de invernos amenos, o acúmulo de frio pode ocorrer lentamente, levando a uma fase prolongada de endodormência, que pode, consequentemente, se sobrepor à ecodormência (Malagi et al., 2015).

Invernos amenos também impõem condições de elevada flutuação (variabilidade) nas temperaturas diárias, o que pode comprometer a uniformidade no processo de superação da endodormência, o percentual de brotação e o potencial produtivo das plantas. Nesse sentido, destacaramse na série analisada os invernos nos quais as HF responderam por menos de 70% do total de M-S (Figura 3). Embora eventuais falhas na coleta de dados não possam ser totalmente descartadas, observou-se que, nos invernos com os mais baixos acúmulos de HF (1968, 1997 e 2008), foram registrados valores baixos de HF nos três meses do inverno (caso de 1968); ou em dois meses, especialmente em julho e diminuiu HF agosto, 0 aue as do inverno consequentemente, a contribuição para o total de M-S, caso de 1997 (07 HF em julho e 18 HF em agosto) e 2008 (17 HF em julho e 40 HF em agosto). Esses resultados demonstraram que valores baixos de HF em dois ou três meses do inverno comprometem o acúmulo de HF do período M-S, o que tem impactos na fisiologia das plantas (dada às sucessivas fases da dormência), bem como afeta a tomada de decisão acerca do manejo dos pomares, especialmente no que se refere à necessidade de aplicação de produtos indutores de brotação, dado que as necessidades de frio dos genótipos não são plenamente atendidas a campo.

A evolução temporal gradativa do acúmulo de HF nos meses que compõem o período utilizado como padrão no monitoramento do frio (M-S) indicou que a soma de HF de maio e junho (etapa 1), foi, em média, de 134 HF e que, considerando o conjunto de dados válidos (57 anos), 42% dos anos atingiram esse valor médio (Figura 4A). Em 35% e 18% dos anos foram atingidos, respectivamente, os limiares 150 HF e 200 HF.

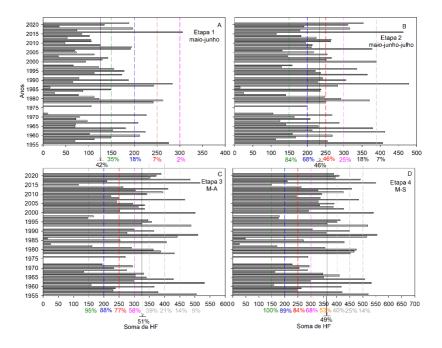


Figura 4. Evolução gradativa do acúmulo de horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) na série histórica 1956-2021 de Veranópolis: média e porcentagem de anos que atingiram a média e limiares (linhas tracejadas) entre 150 HF e 500 HF nas etapas 1 (soma das HF de maio e junho) (A), 2 (soma das HF de maio, junho e julho), 3 (soma das HF de maio, junho, julho e agosto - MA) e 4 (soma das HF de maio, junho, julho, agosto e setembro – M-S).

Apenas 7% dos anos atingiram 250 HF e 2% dos anos atingiram 300 HF, demonstrando que, apesar de possível, o atendimento de maiores exigências de HF por frutíferas de clima temperado não é frequente nessa etapa (Figura 4A). Por sua vez, espécies e cultivares de menor exigência (150 HF), podem ter suas necessidades supridas nos dois primeiros meses de monitoramento do frio hibernal, o que ocorreu, na série analisada, em pouco mais de um terço dos casos (35%) (Figura 4A). Dentre os pessegueiros, as cultivares Tropic Beauty (Dalbó et al., 2022), Sentinela (Raseira; Pereira; Carvalho, 2022), Pepita (Raseira; Pereira; Carvalho, 2022) e Premier (Petri et al., 2021) são listados como de exigência de frio hibernal de cerca de 150 HF, assim como as videiras americanas (Vitis labrusca) e híbridas 'Bordô, 'Concord', 'Isabel', 'Niágara' (HF entre 50 e 150) (Peruzzo et al., 2014) e videiras europeias (Vitis vinifera) 'Chardonnay' e 'Riesling itálico' (Anzanello; Fialho; Santos, 2018).

Quando consideradas as HF acumuladas em maiojunho-julho (etapa 2), a média de HF foi 248 HF, sendo esse valor atingido em 46% dos anos válidos (Figura 4B). Os limiares 150 HF e 200 HF passaram a ser atingidos em, respectivamente, 84% e 68% dos anos (Figura 4B). Até mesmo o limiar de relativa maior exigência de frio hibernal (250 HF) foi atingido em quase metade dos anos válidos (46%). No entanto, em apenas um quarto dos anos (25%), as HF dessa etapa atingiram 300 HF (Figura 4B). São consideradas cultivares de média exigência de frio hibernal os pessegueiros 'BRS Fascínio', 'Maciel', 'Santa Áurea' e 'Chimarrita' (HF entre 200 e 400) (Anzanello; Lampugnani, 2020); as ameixeiras 'Gulf Ruby' (200 HF) (Simonetto *et al.*, 2007) e 'Gulf Blaze' (200 HF) (Anzanello, 2020) e 'Irati', 'Poli Rosa', 'Reubennel' (entre 200 e 300 HF) (Simonetto *et al.*,

2007); assim como as cultivares de kiwizeiros 'Golden King', 'MG-06' e 'Yellow Queen', classificados como de exigência de frio menor ou igual a 300 HF (Silveira *et al.*, 2012); e a videira 'Tannat' (250 HF).

Para o período M-A (etapa 3), em metade dos anos válidos (51%), a média (324 HF) foi atingida e em 58% dos anos, o limiar de 300 HF foi atingido (Figura 4C). Para pessequeiros. 'Eldorado'. 'Sinuelo'. 'Marli'. 'Esmeralda'. 'Turmalina', 'Coral' e 'Charme' situam-se na faixa 300 a 350 HF de exigência de frio hibernal (Raseira; Pereira; Carvalho, 2022; Petri et al., 2021), assim como ameixeiras 'América' (300 HF) (Simonetto et al., 2007), pereiras 'Kiefer' (300 HF) e 'Le Conte' (300 a 400 HF) (Brighenti, 2012), assim como as videiras européias 'Merlot' (300 HF) (Anzanello; Fialho; Santos, 2018) e kiwizeiros 'Bruno' (300 a 400 HF) (Petri et al., 2021). No entanto, exigências maiores (como 400 HF) foram atingidas em menos de um quarto dos casos (21%) e 500 HF em apenas 9% (Figura 4C). Mesmo quando considerado o período M-S (etapa 4), apenas 14% dos anos atingiram 500 HF, indicando que espécies e cultivares de maior exigência de frio hibernal, como, por exemplo, pessegueiros 'Eragil' (500 HF) (Anzanello; Lampugnani, 2020) e 'Chiripá' (500 HF) (Petri et al., 2021); ameixeiras 'Fortune' (500 HF) (Simonetto et al., 2007), 'Piúna' (500 HF) (Dalbó et al., 2022), 'Santa Rosa' (600 HF) (Petri et al., 206) e 'Letícia' (600 HF) (Anzanello, 2020); e kiwizeiros 'Elmwood' (300 a 500 HF) e 'Monty' (500 HF) (Silveira et al., 2012), podem não ter as necessidades supridas de forma natural, ou seja, sem a aplicação de produtos indutores de brotação de gemas.

É importante salientar que, embora a indução da brotação em frutíferas de clima temperado não dependa exclusivamente do número de HF ocorrido no período M-A e M-S e outros fatores devam ser considerados, especialmente no que se refere às práticas de manejo, os resultados da análise da evolução temporal gradativa na série histórica de longo prazo de HF é importante para caracterização climática regional e permite maior compreensão acerca do frio hibernal, tanto em termos médios quanto de limiares mínimos e máximos possíveis de serem atingidos. Dessa forma, a indicação de plantio de frutíferas de clima temperado deve considerar as probabilidades de as espécies e cultivares atingirem as HF requeridas de forma natural (a campo), como estratégia de redução do risco climático. Diante dos resultados, considerou-se que o cultivo de espécies e cultivares que apresentam uma exigência máxima de 400 HF é o mais indicado para Veranópolis, visando reduzir o risco climático de variação no potencial produtivo.

3.3 Distribuição de frequências

Embora os valores médios de HF sejam fundamentais para caracterização climática, também é importante definir a distribuição de frequências, ou seja, quantas ocorrências (anos) se situaram em cada classe de HF, como forma de avaliação daquela mais frequente, bem como para posicionamento da média (médias situadas na classe de consideradas maior frequência podem ser mais representativas do conjunto de dados). Nesse sentido, os resultados indicaram que, em maio, a maior parte dos anos (35) apresentou valores de até 50 HF, e a média (41 HF) se localizou na classe de maior frequência (0 a 50 HF) (Figura 5A). No que se refere à contribuição relativa do mês no total de HF de M-S, observou-se que, embora maio contribua com,

em média, 11% do total, as porcentagens mais frequentes situaram-se em até 5% (21 anos) (Figura 6A).

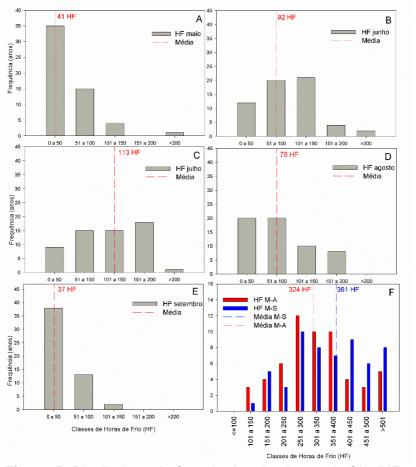


Figura 5. Distribuição de frequências das horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) mensais (maio-A, junho-B, julho-C, agosto-D e setembro-E) e acumuladas nos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) (F) em classes fixas de 50 HF série histórica 1956-2021 de Veranópolis.

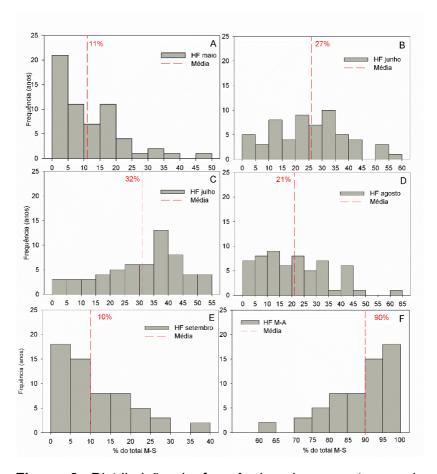


Figura 6. Distribuição de frequências da porcentagem de contribuição mensal (maio-A, junho-B, julho-C, agosto-D e setembro-E) e do período maio a agosto (M-A) (F) no total de horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) do período M-S na série histórica 1956-2021 de Veranópolis.

A média de HF de junho (92 HF) situou-se na classe 51 a 100 HF, porém, a porcentagem de anos nessa classe (20 anos) foi muito semelhante à da classe de maior frequência 101 a 150 HF (21 anos) (Figura 5B), de modo que ambas podem ser consideradas como de destaque em termos de frequência de HF em junho. Ou seja, a maior parte dos anos registrou valores entre 51 HF e 150 HF, quando considerada a delimitação fixa de classes por intervalos de 50 HF. A contribuição média de junho para o total de HF de M-S (27%) não se situou na classe de maior frequência (Figura 6B), a qual correspondeu a faixa 30 a 35% (10 anos). Porém, é importante destacar que o número de anos nas classes 10 a 15% (8 anos), 20 a 25% (9 anos) e 25 a 30% (7 anos) foi muito próximo ao da classe de maior frequência (Figura 6B), indicando não haver uma classe de destaque em termos de porcentagem de contribuição do mês de junho no total de HF acumuladas em M-S.

Em julho, os resultados indicaram uma situação semelhante à observada em junho: a média de HF (113 HF) não se situou na classe de maior frequência, a qual foi 151 a 200 HF (com 18 anos), porém, novamente, o número de anos nas classes 101 a 150 HF (15), 51 a 100 HF (15) foram muito próximos, não havendo classe de destaque em termos de frequência, quando analisadas classes fixas (Figura 5C). A contribuição média de julho para o total de HF de M-S (31%) não se situou na de maior frequência, a qual correspondeu a faixa 35 a 40% (13 anos) (Figura 6C), indicando uma frequência maior de contribuições superiores à média.

Em agosto, a média de HF (78 HF) situou-se na classe de 51 a 100 HF, a qual apresentou a mesma frequência (20 anos) da classe 0 a 50 HF (Figura 5D) e ambas podem ser consideradas de destaque em relação às HF de agosto. Em termos de contribuição relativa do mês de agosto, a média (20%) não se situou na faixa de maior frequência, e a porcentagem foi semelhante nas faixas (Figura 6D).

Em setembro, a média de HF (37 HF) situou-se na classe de maior frequência (0 a 50 HF, com 38 anos) (Figura 5E). A contribuição média de setembro (10%) para o total de M-S situou-se no limiar superior da faixa 5 a 10%, a qual correspondeu a de segunda maior frequência (15 anos), tendo em vista que a de maior frequência foi 0 a 5% (com 18 anos) (Figura 6E). Sendo assim, no caso de setembro, contribuições relativas acima de 10% podem ser consideradas pouco frequentes.

A média de HF de M-A (324 HF) não se situou na classe de maior frequência, que foi a de 251 a 300 HF, embora o número de anos nesta classe (12 anos) tenha sido muito próximo ao da classe da média (301 HF a 350 HF - 10 anos) e da classe 351 HF a 400 HF (9 anos) (Figura 5F). Embora exista variabilidade no total de HF de M-A, sendo semelhantes as frequências das classes 251-300; 301 a 350 e 351 a 400, a contribuição do período para o total de M-S é, na maior parte dos anos, superior a 90% (Figura 6F). Considerando o período M-S, a média de HF (361 HF) não se situou na classe de maior frequência, que foi a de 251 a 300 HF (10 anos), embora classes de maior acúmulo de HF também tenham apresentado frequências semelhantes, variando entre 6 anos e 9 anos (Figura 5F).

A distribuição de frequência por classes percentílicas de HF mensais indicaram, com base no conjunto de dados, os valores que compuseram a classe média (normal) e as classes acima e abaixo desta.

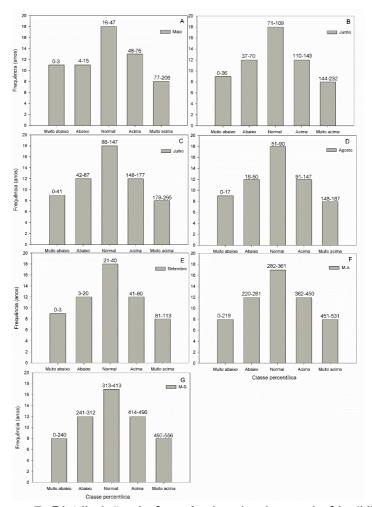


Figura 7. Distribuição de frequências das horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) por classes percentílicas (percentil 0 a 15: muito abaixo; 16 a 35: abaixo; 36 a 65: normal; 66 a 85: acima; 86 a 100: muito acima) de HF de maio (A), junho (B), julho (C), agosto (D), setembro (E) e nos períodos maio a agosto (M-A; F) e maio a setembro (M-S; G) em Veranópolis na série 1956-2021.

Podem ser considerados normais valores entre 16-47 HF em maio (Figura 7A), 71-109 HF em junho (Figura 7B), 88-144 HF em julho (Figura 7C), 51-90 HF em agosto (Figura 7D) e 21-40 HF em setembro (Figura 7E) e, no caso dos períodos M-A e M-S, respectivamente, 282-361 HF e 313-413 HF (Figura 7F e 7G).

Os resultados da distribuição de frequência em termos de classes percentílicas aprimora a informação acerca da ocorrência de frio no mês, tendo em vista que a abrangência das classes de 50 em 50 HF pode não ser a mais adequada em estudos que exijam maior detalhamento das condições climáticas. Além disso, as classes percentílicas permitiram avaliar acúmulo de frio ocorrido mensalmente. caracterizando-o como na média ou acima/abaixo desta em relação ao conjunto de dados analisados (1956-2021). Dessa maneira, podem ser "posicionados" os valores a serem contabilizados em anos futuros como forma de caracterização (avaliação/classificação) do acúmulo de frio hibernal e impactos deste no desenvolvimento (ciclo) e produção das frutíferas de clima temperado.

Como exemplo, em 2022, foram registrados 375 HF em M-A e 420 HF em M-S em Veranópolis (Tabela 2), sendo ambos períodos classificados como acima da média (Tabela 2) (Figura 7F e 7G). Na análise mensal verificou-se que, com exceção de julho, quando ocorreram apenas 57 HF (classe percentílica: abaixo — Tabela 2), todos os meses foram classificados como acima ou muito acima da média. Dessa maneira, 2022 pode ser considerado um ano favorável à quebra de dormência de gemas e indução da brotação para maioria das frutíferas de clima temperado. Na análise da safra vitivinífera 2022/2023 na região, Junges *et al.* (2022), salientaram que a evolução do acúmulo de frio foi acima da

média até o final de junho. Porém, na sequência (julho), foram contabilizadas poucas HF. Como a poda ocorre normalmente no final de julho/início de agosto, até o final de julho as videiras receberam, em média, 67% do total de HF acumuladas em 2022. Esse acúmulo de frio, combinado com o calor ocorrido no final de julho/início de agosto, promoveu antecipação da brotação (média de uma 15 dias). principalmente nas variedades mais precoces, que apresentam menor demanda de frio e soma térmica para algumas cultivares de videira brotar. como (exemplo: 'Chardonnay', 'Pinot Noir') (Anzanello; Fialho; Santos, 2018). Em termos de percentual de brotação, as respostas foram satisfatórias e a maioria das cultivares atingiram percentuais acima de 80%, sem tratamentos com indutores.

Por sua vez, em 2023, todos os meses contabilizaram HF abaixo ou muito abaixo da média (normal) com exceção de agosto (Tabela 2). As somas de HF dos períodos M-A e M-S também foram classificadas como muito abaixo da média: os valores foram cerca de 100 HF (respectivamente, 113 HF e 130 HF) inferior à média da série 1956-2021 e considerados extremos inferiores, pois situaram-se abaixo dos limiares de média ±1DP (Tabela 1). A ocorrência de HF abaixo ou muito abaixo da média durante praticamente todo período de repouso vegetativo afeta negativamente o sistema produtivo de frutíferas de clima temperado, pois, quando não é suprida a necessidade de frio das plantas, especialmente durante a endodormência, a brotação e a floração tendem a ser insuficientes e desuniformes, e o potencial produtivo da safra é prejudicado (Anzanello; Fialho; Santos, 2018). Nestes casos, o manejo dos pomares inclui a utilização de produtos indutores de brotação. Tais produtos são usados para complementar o requerimento em frio e iniciar um novo ciclo vegetativo e reprodutivo das plantas em locais ou anos em que o frio natural é insuficiente para superar o estado de dormência das cultivares (Morais; Carbonieri, 2015). Entretanto, considera-se que esses insumos agem positivamente somente se o ambiente suprir naturalmente, ao menos, 50% da necessidade de frio do genótipo a campo (Anzanello, 2020).

Tabela 2. Horas de frio (HF ≤ 7,2 °C) mensais (maio – MAI; junho – JUN; julho – JUL; agosto – AGO; setembro – SET) e na soma dos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) de 2022 e 2023 e classificação quanto à classe percentílica (C) definida pela série 1956-2021 de HF de Veranópolis.

Ano/	Horas de Frio (HF ≤ 7,2°C)									
Classe			Períodos							
	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	M-A	M-S			
2022	68	160	57	90	45	375	420			
С	Acima	Muito acima	Abaixo	Normal	Acima	Acima	Acima			
2023	3	59	83	66	20	211	231			
С	Muito abaixo	Abaixo	Abaixo	Normal	Abaixo	Muito abaixo	Muito abaixo			

3.4 Diferença entre séries

Os valores médios de HF, tanto mensais quanto nos períodos M-A e M-S, não diferiram na comparação entre normais climatológicas padrão 1961-1990 e 1991-2020 e a série completa (1956-2021) (Tabela 3). Esses resultados indicaram que, apesar da elevada variabilidade interanual do acúmulo de HF, tem havido certa estabilidade nos valores

médios climatológicos, ou seja, quando considerados conjuntos maiores de dados (30 ou mais anos), as médias de HF são semelhantes. Tais valores médios podem ser empregados na caracterização climática de Veranópolis e região, e na elaboração de zoneamentos e demais estudos agroclimáticos nos quais esse parâmetro é relevante.

Tabela 3. Médias de horas de frio (HF \leq 7,2 °C) mensais e na soma dos períodos maio a agosto (M-A) e maio a setembro (M-S) na série completa 1956-2021 e nas normais climatológicas padrão 1961-1990 (NCP1) e 1991-2020 (NCP2) de Veranópolis.

	Horas de Frio (HF ≤ 7,2°C)									
Série		N	Períodos							
	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	M-A	M-S			
Completa	41 ^{ns}	92 ^{ns}	113 ^{ns}	78 ^{ns}	37 ^{ns}	324 ^{ns}	361 ^{ns}			
NCP1	40 ^{ns}	100 ^{ns}	103 ^{ns}	72 ^{ns}	39 ^{ns}	316 ^{ns}	356 ^{ns}			
NCP2	34 ^{ns}	86 ^{ns}	127 ^{ns}	81 ^{ns}	37 ^{ns}	325 ^{ns}	362 ^{ns}			

Médias seguidas de "ns" indicam não haver diferença entre valores das colunas de acordo com teste de Kruskal-Wallis (p < 0,05).

3.5 Tendência temporal

Os resultados indicaram que, para maior parte dos dados de HF mensais e dos períodos M-A e M-S de Veranópolis, não há tendência temporal, ou seja, não ocorreram aumentos ou decréscimos significativos no acúmulo de frio hibernal na série 1956-2021.

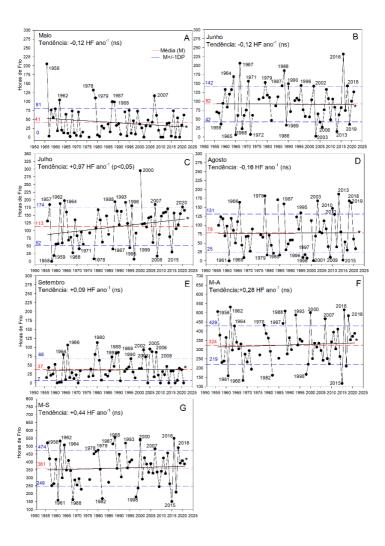


Figura 8. Horas de frio (HF \leq 7,2 °C) em maio (A), junho (B), julho (C), agosto (D), setembro (E) e períodos maio a agosto (M-A) (F) e maio a setembro (M-S) (G) na série 1956-2021 de Veranópolis; média (linha vermelha); média \pm 1DP (linhas azuis) e anos acima/abaixo deste intervalo; tendência

temporal. ns= não significativo pelo teste de Mann-Kendall (p < 0,05)

Foi verificada existência de tendência temporal de aumento das HF em julho (p < 0,05). O aumento na série foi de 0,97 HF ano-1 (Figura 8C). Este resultado corroborou os encontrados por Felippeto *et al.* (2007) que, analisando os dados de HF de Bento Gonçalves na série 1976-2006, também não verificaram alterações significativas nas HF de abril a setembro, embora tenham apontado tendência de aumento de HF em julho, com um deslocamento temporal do frio de junho-julho para julho-agosto.

4 CONCLUSÕES

As médias mensais de HF em Veranópolis variaram entre os valores mínimo de 37 HF (em setembro) e máximo de 113 HF (em julho), sendo os meses do inverno climatológico (junho-julho-agosto) os que apresentaram as maiores médias. O inverno respondeu, em média, por 78% do total de HF do período maio a setembro (M-S).

O início (maio) e o final (setembro) do período de monitoramento de frio (M-S) apresentaram menores médias mensais e maior variabilidade interanual dos valores de HF.

Os totais mensais de HF nos períodos maio a agosto (M-A) e M-S situaram-se na faixa 320-360 HF.

Considerando a evolução temporal gradativa do acúmulo de HF na série 1956-2021 considerou-se que o cultivo de espécies/cultivares que apresentam uma exigência máxima de 400 HF é o mais indicado para Veranópolis,

visando reduzir o risco climático de variação no potencial produtivo.

A definição das classes percentílicas permitiu avaliar o acúmulo de frio ocorrido mensalmente e nos períodos M-A e M-S, caracterizando-os como na média ou acima/abaixo desta em relação ao conjunto de dados analisados. Dessa maneira, podem ser "posicionados" os valores a serem contabilizados em anos futuros como forma de caracterização do acúmulo de frio hibernal e avaliação dos impactos deste no desenvolvimento (ciclo) e produção das frutíferas de clima temperado.

Não há diferença entre médias de HF mensais e dos períodos M-A e M-S nas normais climatológicas padrão 1961-1990 e 1990-2021 e na série completa de dados (1956-2021).

Não há tendência temporal significativa nas HF dos períodos M-A e M-S e HF mensais; com exceção de julho, que apresentou tendência de aumento de HF na série 1956-2021.

Por fim, salienta-se que os resultados deste trabalho geraram a climatologia das HF em Veranópolis, contribuindo para caracterização climática do município e da região e permitindo uma maior compreensão acerca desta variável agrometeorológica que é fundamental para o cultivo de frutíferas de clima temperado.

5 AGRADECIMENTO

A todos que contribuíram para coleta e registro dos dados da estação meteorológica convencional do CEFRUTI-Veranópolis, em especial ao observador meteorológico Sérgio Mossi (em memória).

REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, L. R. *et al.* Estimativa do total de horas abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias da temperatura do ar. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 4, p. 27-36, 1979.

ANZANELLO, R. Temperaturas efetivas e necessidade de frio de dois cultivares de ameixeira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 37-41, 2020.

ANZANELLO, R.; FIALHO, F. B.; SANTOS, H. P. Chilling requirements and dormancy evolution in grapevine buds. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 42, n. 4, p. 364-371, 2018.

ANZANELLO, R.; LAMPUGNANI, C. S. Requerimentos de frio na dormência de cultivares de pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha,** Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 18-28, 2020.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 717-726, 2001.

BERGAMASCHI, H. Temperatura do ar. *In*: BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima**: princípios e aplicações. Guaíba: Agrolivros, 2017. p. 137-185.

BRIGHENTI, L. M. Dormência da pereira. *In*: RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A. A.; BOGO, A. **A cultura da pereira**. Florianópolis: DIOESC, 2012. p. 112-122.

CZERMAINSKI, A. B. C.; ZAT, D. A. **50 anos de informações meteorológicas de Bento Gonçalves**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011. 16 p. (Comunicado técnico, 113).

DALBÓ, M. A. *et al.* Pêssego e Nectarina. *In*: AVALIAÇÃO de cultivares para o estado de Santa Catarina 2022-2023. Florianópolis: EPAGRI, 2022. p.84-87.

FELIPPETO, J. *et al.* Caracterização da variabilidade das horas de frio hibernal na região de Bento Gonçalves, entre 1976 a 2006. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 5., ENCONTRO DE PÓSGRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 1., 2007, Bento Gonçalves. **Resumos** [...]. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. p. 53.

FIRPO, M. Â. F.; SANSIGOLO, C. A.; ASSIS, S. V. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao ENOS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 95-106, 2012.

HAWERROTH, F. J. *et al.* **Dormência em frutíferas de clima temperado.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p. (Documentos, 310).

HERTER, F. G. et al. Zoneamento agroclimático do pessegueiro e da nectarineira para o Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 27 p. (Documentos, 91).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília, DF: INMET, 2022. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMAT OLOGICAS.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.

JUNGES, A. H. et al. Condições meteorológicas de agosto e setembro de 2020, prognóstico climático para outubronovembro-dezembro e recomendações fitotécnicas para vinhedos e pomares. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e

- Vinho, 2020a, 14 p. (Boletim agrometeorológico da Serra Gaúcha, edição outubro 2020).
- JUNGES, A. H. et al. Condições meteorológicas de agosto e setembro de 2022, prognóstico climático para o trimestre outubro-novembro-dezembro e recomendações fitotécnicas para vinhedos. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2022. 13 p. (Boletim agrometeorológico da Serra Gaúcha, edição outubro 2022).
- JUNGES, A. H. *et al.* Condições meteorológicas de julho a setembro de 2021, prognóstico climático para o trimestre outubro-novembro-dezembro e recomendações fitotécnicas para vinhedos. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2021, 12 p. (Boletim agrometeorológico da Serra Gaúcha, edição outubro 2021).
- JUNGES, A. H. et al. Condições meteorológicas de junho e julho de 2020, prognóstico climático para o bimestre agosto-setembro e recomendações fitotécnicas para viticultura. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2020b, 10 p. (Boletim agrometeorológico da Serra Gaúcha, edição agosto 2020).
- LANG, G. A. *et al.* Endo-, para and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **Hortscience**, Alexandria, v. 22, p. 371-178, 1987.
- MALAGI, G. *et al.* The comparison of dormancy dynamics in apple trees grown under temperate and mild winter climates imposes a renewal of classical approaches. **Trees**, Heidelberg, v. 29, p. 1365-1380, 2015.
- MALUF, J. R. T. *et al.* **Zoneamento agroclimático da macieira no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. 75 p.

- MALUF, J. R. T. et al. Zoneamento agroclimático da videira européia (Vitis vinifera L.) e videira americana (Vitis labrusca L.) no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO, 2014. 63 p.
- MALUF, J. R. T.; CAIAFFO, M. R. R. Regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3, Fortaleza, 2001. **Anais** [...]. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p.151-152.
- MATZENAUER, R. *et al.* Horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1-2, p. 71-76, 2005.
- MORAIS, H.; CARBONIERI, J. Horas e unidades de frio em pomares de maçã com diferentes microclimas. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 1-12, 2015.
- PERUZZO, S. N. *et al.* Necessidade de horas de frio para superação da endodormência em cultivares *Vitis labrusca* L. *In*: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DO IFRS, 4., 2014, Bento Gonçalves. **Anais** [...]. Bento Gonçalves: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2014. p.1-5.
- PETRI, J. L. *et al.* **Dormência e indução à brotação de árvores frutíferas de clima temperado.** Florianópolis: Epagri, 2021, 153 p. (Boletim técnico, 192).
- RASEIRA, M. C. N.; PEREIRA, J. F. M.; CARVALHO, F. L. C. **Cultivo do pessegueiro**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2022. 200 p. (Sistemas de produção, 4).
- SALMI, T. et al. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and

Sen's slope estimates: the Excel template application MAKESENS. Helsinki: Finnish Meteorological Institute, 2002. 35 p. (Publications on air quality, 31).

SILVEIRA, S. V. *et al.* **Aspectos técnicos da produção de quivi**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. 82 p. (Documentos, 79).

SIMONETTO, P. R. *et al.* Fenologia e características agronômicas de cultivares de ameixeira (*Prunus salicina* L.) recomendadas para a região serrana do RS. Porto Alegre: Fepagro; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 14 p. (Circular técnica, 27).

WREGE, M. S. et al. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.

WREGE, M. S. et al. **Zoneamento agroclimático para pereira no Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 29 p. (Documentos, 182).







Secretaria de Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária

Avenida Getúlio Vargas, 1384 - Menino Deus CEP 90150-004 - Porto Alegre - RS

Fone: (51) 3288-8000

www.agricultura.rs.gov.br/ddpa