



Avaliação da onda de calor ocorrida em janeiro de 2022 no Rio Grande do Sul

Amanda Heemann Junges^{1(*)}, Ivonete Fátima Tazzo², Loana Silveira Cardoso² e Jossana Ceolin Cera³

¹Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura – CEFRUTI, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Rodovia BR 470 km 171, s/n, CEP 95330-000 Veranópolis, RS. E-mail: amanda-junges@agricultura.rs.gov.br.

²Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa Agrônômica – CEAGRO, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90130-060 Porto Alegre, RS. E-mails: ivonete-tazzo@agricultura.rs.gov.br e loana-cardoso@agricultura.rs.gov.br.

³Estação Experimental do Arroz, Instituto Rio-Grandense do Arroz – IRGA, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Avenida Bonifácio Carvalho Bernardes, 1.494, CEP 94930-030 Cachoeirinha, RS. E-mail: jossana.cera@gmail.com.

(*) Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 10 de junho de 2022

Aceito em 14 de outubro de 2022

Termos para indexação:

temperatura do ar
anomalias
produção agropecuária

RESUMO

Objetivo deste trabalho foi descrever as temperaturas do ar – T (máxima – Tmax; mínima – Tmin; e média – Tmed) registradas no Rio Grande do Sul em janeiro de 2022 para caracterização de onda de calor e impactos na agropecuária. Na análise estadual, foram empregados dados de T para definição das médias mensais e anomalias e, na regional, dados de Tmax para expressão da evolução temporal e quantificação dos dias com Tmax ≥ 30 °C, ≥ 35 °C e ≥ 40 °C. Para avaliação de onda de calor, foram quantificados dias consecutivos com Tmax ≥ 5 °C acima da média. Em janeiro de 2022, as médias de Tmax foram superiores a 30 °C na maior parte do Estado, com gradiente crescente no sentido leste-oeste, onde atingiram 36 °C. Foram registrados, em média, 22 dias com Tmax ≥ 30 °C (variação regional 16-29), 12 com Tmax ≥ 35 °C (4-19) e três com Tmax ≥ 40 °C (0-11). Em 62,5% das estações avaliadas para definição da onda de calor ocorreram, no mínimo, cinco dias consecutivos com Tmax ≥ 5 °C acima da média. Janeiro de 2022 foi caracterizado como de ocorrência de onda de calor e temperaturas máximas elevadas do ar, as quais causaram, juntamente com estiagem, impactos negativos no potencial produtivo das culturas agrícolas e no desempenho animal.

© 2022 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

Uma onda de calor é caracterizada como um período desconfortável e muito quente que pode causar impactos negativos na saúde, na economia e na agropecuária. Considera-se que, em uma onda de calor, a temperatura máxima do ar seja, no mínimo, 5 °C acima da normal climatológica,

situação que pode durar vários dias ou semanas (INMET, 2022a). Temperatura máxima diária 5 °C acima da média do período também é o critério estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para definição de onda de calor, a qual deve ocorrer em, no mínimo, seis dias consecutivos (Peterson et al., 2001). Firpo et al. (2012), em estudo sobre a climatologia das ondas de calor e de frio no

Rio Grande do Sul, designaram “onda” o período igual ou maior a cinco dias consecutivos de anomalias de temperatura do ar. Araújo (1930) definiu que uma onda de calor ocorre no Rio Grande do Sul quando a temperatura mínima do ar é superior a 22 °C e a temperatura máxima do ar é superior a 33 °C, por período de, no mínimo, três dias. Independentemente do critério adotado, o mês de janeiro de 2022 foi caracterizado pela ocorrência de uma onda de calor intensa e anomalias positivas (acima de 5 °C) na média mensal das temperaturas máximas ocorreram no Rio Grande do Sul, sul do Mato Grosso do Sul e norte do Paraná (INMET, 2022a).

Climaticamente, no Estado do Rio Grande do Sul, a temperatura máxima média mensal é de 29,2 °C em janeiro, variando entre 25 °C (em Cambará do Sul) e 32,6 °C (em São Luiz Gonzaga) (Matzenauer et al., 2011). Empregando dados diários de temperatura do ar de 13 estações meteorológicas na série 1961-2005, Costa (2008) estabeleceu que, no verão (janeiro–fevereiro–março), na maioria das regiões do Estado, as temperaturas máximas absolutas ficaram acima de 32 °C, com exceção de Bom Jesus (29,9 °C). A distribuição espacial dos extremos de temperatura máxima em janeiro apresenta valores crescentes, do extremo sul e do litoral, em direção ao noroeste do Estado, com a presença de um núcleo de menores temperaturas na região de Bom Jesus (Firpo et al., 2012).

Diniz et al. (2003) empregaram técnica de agrupamento para definir regiões homogêneas de temperatura máxima mensal no Rio Grande do Sul para o período 1913-1998 e verificaram que, em janeiro, as médias de temperaturas máximas variam entre 25,9 °C (região homogênea R4 - Veranópolis, Caxias do Sul, Farroupilha, São Francisco de Paula, Vacaria, Bom Jesus, Caçapava do Sul, Encruzilhada do Sul, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar) e 31,9 °C (região homogênea R1 - Marcelino Ramos, Iraí, Santa Rosa, Santo Ângelo, Ijuí, São Luiz Gonzaga, São Borja), ou seja, existe um gradiente de temperatura, principalmente na máxima, no sentido leste – oeste, evidenciado pelo gradiente de altitude no sentido contrário, desde o Médio Vale do Uruguai até a Serra do Nordeste. Os autores observaram que, como em janeiro praticamente não existe a entrada de massas frias intensas e os anticiclones da retaguarda das frentes frias causam apenas pequenas variações na temperatura do ar, não se observa influência latitudinal na composição das regiões homogêneas, mas somente orográfica (Diniz et al., 2003).

As condições térmicas influenciam os mais diversos processos vitais das plantas, da germinação e emergência (influenciadas pela temperatura do solo), até o crescimento e desenvolvimento fenológico, definidos pelas temperaturas do ar e do solo (Bergamaschi, 2017). O efeito da temperatura do ar sobre o metabolismo das plantas pode ser melhor compreendido por meio das temperaturas car-

deais, que correspondem ao conjunto formado pelas temperaturas basais inferior, superior e ótima, variáveis entre espécies e entre genótipos (Bergamaschi, 2017). Na chamada temperatura ótima, a fotossíntese líquida é máxima. Em temperaturas acima da ótima, a assimilação líquida é negativa, visto que as plantas paralisam o crescimento e passam a sofrer estresse térmico (Bergamaschi, 2017).

A condição de altas temperaturas do ar associadas à baixa disponibilidade hídrica ocorre, especialmente, no período de primavera-verão no Rio Grande do Sul, particularmente em anos de ocorrência de estiagens, fenômenos meteorológicos adversos que fazem parte das características climáticas do Estado (Berlato et al., 1992). Nestes casos, pode haver impactos negativos sobre a produção e a produtividade das culturas agrícolas, tanto nas produtoras de grãos, como milho, arroz, soja e feijão, quanto em frutíferas, olerícolas e pastagens. No caso das pastagens, os danos decorrentes de altas temperaturas do ar podem, de forma indireta, afetar também a produção animal, em função da diminuição da produção e da qualidade forrageira.

Além do impacto do estresse térmico decorrente das altas temperaturas no crescimento e no desenvolvimento das plantas (culturas agrícolas), também é fundamental avaliar o efeito das ondas de calor no conforto térmico e no desempenho animal. A ocorrência de estresse térmico impede os animais de expressarem o potencial genético, gerando redução no desempenho e prejuízos à eficiência reprodutiva.

O objetivo deste trabalho foi analisar as temperaturas do ar registradas no Estado do Rio Grande do Sul em janeiro de 2022 para caracterização da onda de calor e descrição, com base em revisão bibliográfica, dos possíveis impactos na produção agropecuária.

Material e métodos

A análise dos dados de temperatura do ar foi realizada em nível estadual e por região ecoclimática (Maluf e Caiaffo, 2001). Para análise estadual, foram empregados dados diários de temperatura do ar máxima, mínima e média de janeiro de 2022, provenientes de 48 estações meteorológicas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul e pertencentes às redes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (SEAPDR). A partir dos dados diários, foram definidos os valores médios mensais, os quais foram empregados na espacialização das temperaturas médias (máximas, mínimas e médias) e das anomalias (diferenças entre as médias mensais das temperaturas registradas em janeiro de 2022 e as médias de janeiro na normal climatológica padrão 1991-2020). No período analisado, apenas duas estações meteorológicas apresentaram falhas nos dados (de três a sete dias), sendo preenchidos com valores

referentes à normal climatológica padrão 1991-2020. A espacialização das temperaturas médias e das anomalias foi realizada por meio de mapas, gerados com o pacote gráfico Grid Analysis and Display System (GrADS), ferramenta interativa, de fácil acesso, manipulação e visualização de dados geofísicos. A resolução dos mapas foi em grade de $0,35^\circ \times 0,35^\circ$. No GrADS, o método de interpolação utilizado foi o da análise objetiva de Cressman (Cressman, 1959), a qual emprega a razão entre a distância de uma observação de uma célula da grade e a distância máxima permitida, para calcular a importância relativa de uma observação e definir um valor de interpolação.

Para análise regional, foram empregados dados diários de temperatura máxima do ar de 29 estações meteorológicas das redes INMET e SEAPDR, sendo selecionadas de duas a três estações por região ecoclimática do Estado (Maluf e Caiaffo, 2001), com exceção da região 2 (Litoral), quais sejam: região 1 (Depressão Central: Campo Bom, Santa Maria e Porto Alegre); região 3 (Serra do Nordeste: Bento Gonçalves, Veranópolis e Vacaria); região 4 (Planalto Médio: Passo Fundo, Getúlio Vargas e Ibirubá); região 5 (Encosta Inferior da Serra do Nordeste: Teutônia e Sobradinho); região 6 (Alto e Médio Vale do Uruguai: Frederico Westphalen, Santa Rosa e Porto Vera Cruz); região 7 (Missioneira: Bossoroca, São Luiz Gonzaga e Santiago); região 8 (Baixo Vale do Uruguai: Maçambará, Itaqui e São Borja); região 9 (Campanha: Alegrete, Bagé e Uruguaiana); região 10 (Serra do Sudeste: Caçapava do Sul, Encruzilhada e Pinheiro Machado) e região 11 (Grandes Lagoas: Capão do Leão, Jaguarião e Camaquã).

Nesta análise, em caso de eventuais falhas nos dados (entre um e quatro dias), os mesmos não foram substituídos e, a partir dos dados diários das estações meteorológicas selecionadas, foi expressa graficamente a evolução temporal das temperaturas máximas do ar em janeiro de 2022 e quantificados os números de dias com temperatura máxima do ar igual ou maior a 30°C , 35°C e 40°C . Os números de dias por estação meteorológica foram empregados na definição do número médio de dias com temperatura máxima do ar igual ou maior às temperaturas citadas, nas regiões ecoclimáticas. Especificamente para estações meteorológicas com disponibilidade de dados de temperatura máxima média mensal na normal climatológica padrão 1991-2020 (Santa Maria, Porto Alegre, Veranópolis, Passo Fundo, São Luiz Gonzaga, Bagé, Uruguaiana e Encruzilhada do Sul) também foram quantificados, para fins de caracterização da ocorrência de onda de calor, os números de dias com temperatura máxima do ar igual ou maior que a temperatura máxima média mensal de janeiro e com temperatura máxima do ar 5°C acima da temperatura máxima média mensal de janeiro, bem como a sequência de distribuição destes dias no mês. Neste trabalho, foi considerado onda de calor

a ocorrência de cinco ou mais dias consecutivos com temperaturas máximas absolutas 5°C acima da média climatológica. Estas etapas foram realizadas em planilha Excel e os gráficos elaborados no programa Sigma Plot.

Resultados e discussão

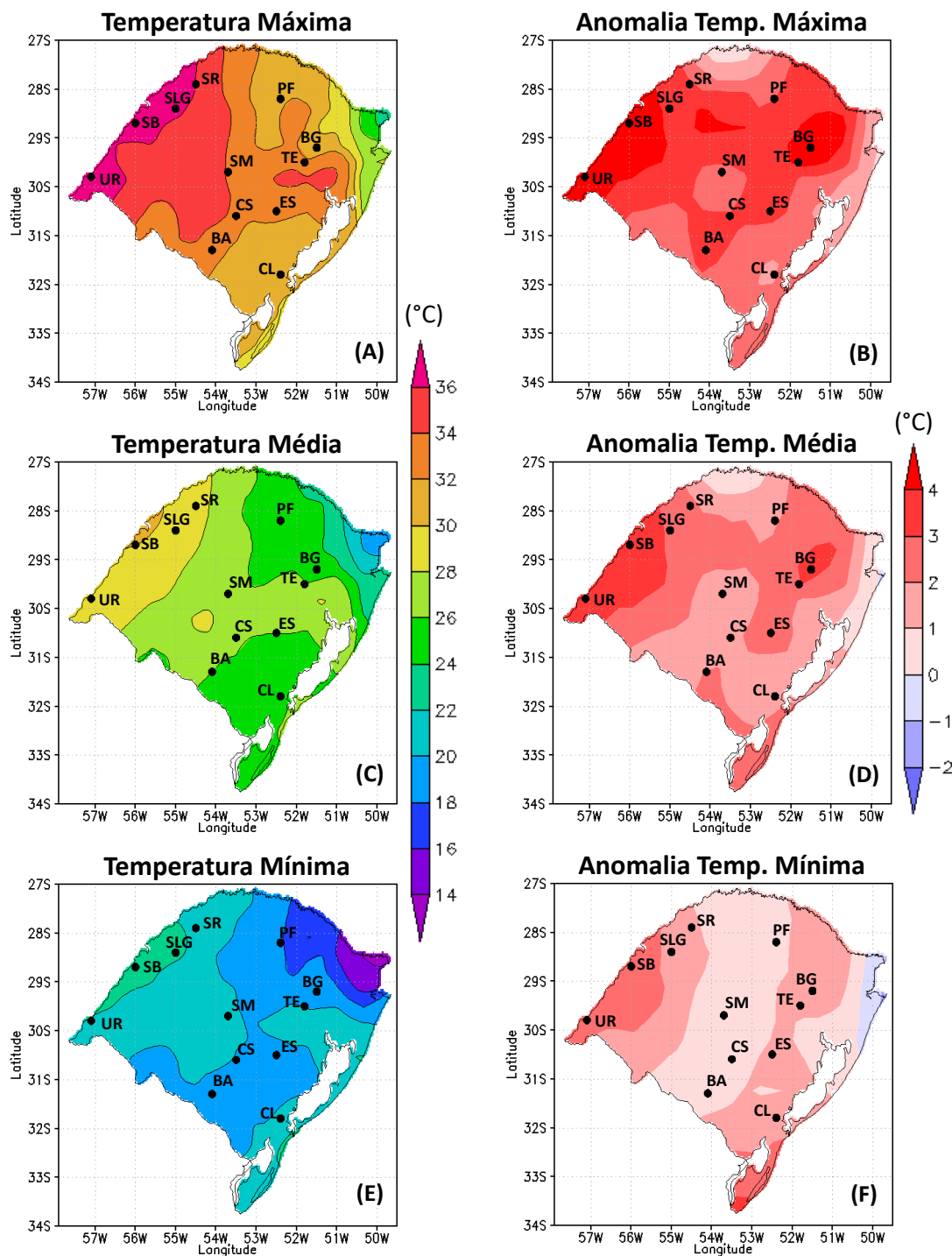
Os resultados da espacialização das médias mensais indicaram que a temperatura do ar foi acima da normal climatológica no Rio Grande do Sul em janeiro de 2022. As regiões climaticamente mais quentes do Estado (Campanha, Baixo Vale do Uruguai, Missioneira e Depressão Central) foram as que registraram as maiores temperaturas médias, tanto máximas, quanto mínimas e médias (Figura 1A, 1C, 1E). As médias de temperaturas máximas ficaram acima de 30°C na maior parte do Estado, com gradiente crescente no sentido leste-oeste, onde os valores atingiram 36°C (Figura 1A). Em termos de anomalias, todo Estado apresentou desvios positivos de temperaturas máximas e médias. Para temperatura mínima, apenas a região do Litoral Norte apresentou anomalias negativas (Figura 1B, 1D, 1F). Em várias regiões, os desvios positivos atingiram 4°C para temperatura máxima, como, por exemplo, na Campanha e no Baixo Vale do Uruguai. Embora as anomalias tenham sido todas positivas, aquelas relativas às temperaturas máximas foram, comparativamente, maiores.

Janeiro de 2022 foi caracterizado pelas elevadas temperaturas do ar no Rio Grande do Sul, com registro de vários dias com temperaturas máximas acima de 35°C em todas regiões ecoclimáticas avaliadas (Figura 2), assim como acima de 40°C em cerca de 60% das regiões (Depressão Central, Encosta Inferior da Serra do Nordeste, Alto e Médio Vale do Uruguai, Missioneira, Baixo Vale do Uruguai e Campanha) (Figura 2).

No Estado do Rio Grande do Sul foram registrados, em janeiro, em média, 22 dias com temperaturas máximas do ar iguais ou superiores a 30°C , variando entre 16 dias (na região Grandes Lagoas) (Figura 2J) e 29 dias (Baixo Vale do Uruguai) (Figura 2G). Em termos absolutos, destaque para as estações meteorológicas de Porto Vera Cruz (Figura 2G), Itaqui (Figura 2G) e São Borja (Figura 2G), nas quais temperaturas máximas iguais ou superiores a 30°C ocorreram em 30 dias, e de Bossoroca (Figura 2F) e Uruguaiana (Figura 2H) com 29 dias, ou seja, locais onde praticamente todo mês de janeiro de 2022 pode ser caracterizado como de ocorrência de dias com temperaturas máximas acima de 30°C .

No que diz respeito às temperaturas máximas iguais ou superiores a 35°C , no Estado ocorreram, em média, 12 dias, com grande variação entre regiões: desde quatro dias (média da região Grandes Lagoas) (Figura 2J) até 19 dias (média da região Baixo Vale do Uruguai) (Figura 2G). Nas regiões Campanha (14 dias) (Figura 2H), Depressão Central

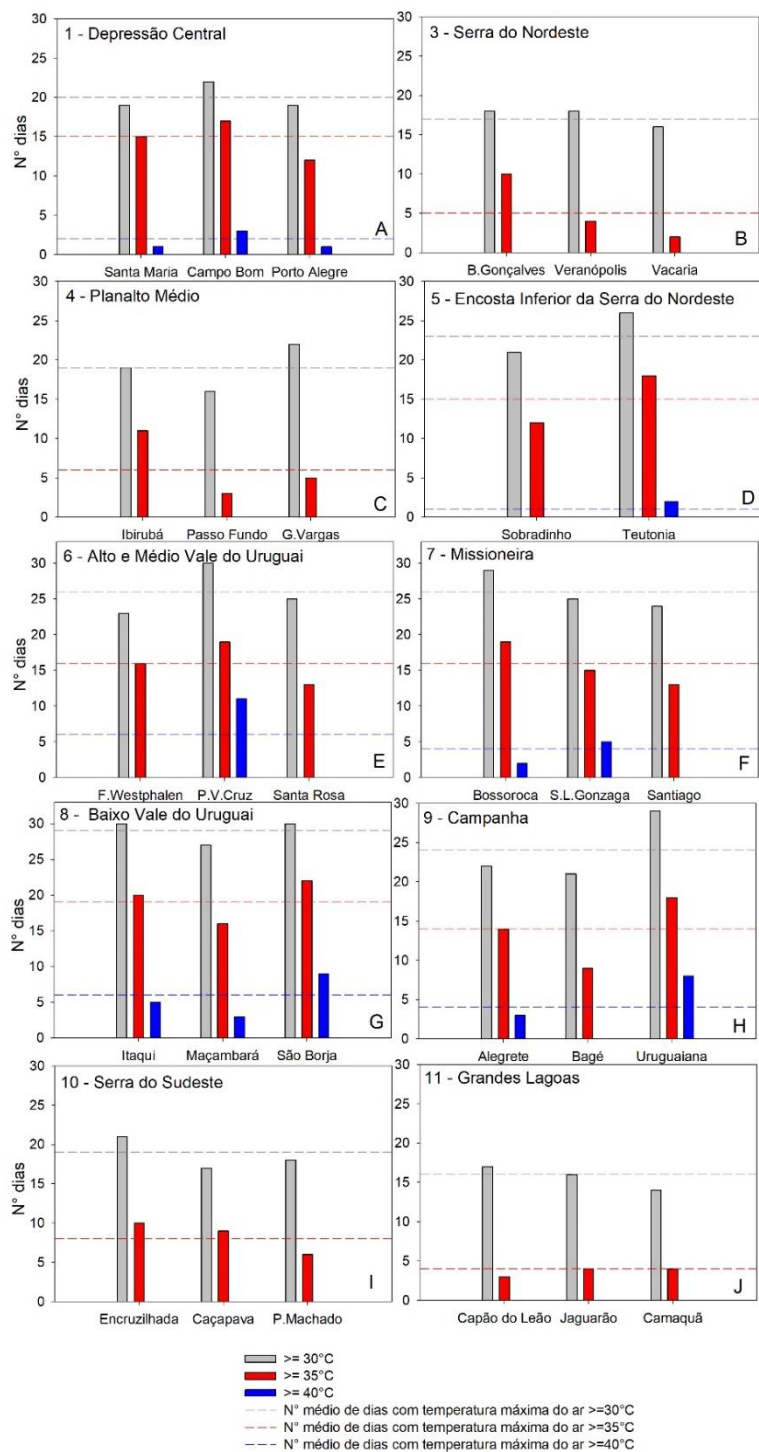
Figura 1. Temperaturas médias do ar em janeiro de 2022 no Estado do Rio Grande do Sul: máxima (A), média (C) e mínima (E) e anomalias das temperaturas médias do ar máximas (B), médias (D) e mínimas (F) em relação à normal climatológica padrão 1991-2020. Círculos pretos indicam a localização de algumas estações meteorológicas do Rio Grande do Sul: SM = Santa Maria, PF = Passo Fundo, Bento Gonçalves = BG, Teutônia = TE, Santa Rosa = SR, São Borja = SB, Bagé = BG, São Luiz Gonzaga = SLG, Capão do Leão = CL, Caçapava do Sul = CS, Encruzilhada do Sul = ES, Uruguaiana = UR.



(Figura 2A) e Encosta Inferior da Serra do Nordeste (Figura 2D), ambas com 15 dias; e Alto e Médio vale do Uruguai (Figura 2E) e Missioneira (Figura 2F), ambas com 16 dias, cerca de metade do mês registrou temperaturas acima de 35 °C. Em termos absolutos, destaque para São Borja, onde as temperaturas máximas atingiram esse limiar em 22 dias do mês de janeiro (Figura 2G), seguido por Itaqui (20 dias)

(Figura 2G), Porto Vera Cruz (Figura 2E) e Bossoroca (19 dias) (Figura 2F), e Teutônia (Figura 2D) e Uruguaiana (18 dias) (Figura 2H). Mesmo regiões nas quais climaticamente as temperaturas máximas do ar em janeiro são menores, tais como Serra do Nordeste, Serra do Sudeste e Grandes Lagoas, registraram dias com temperaturas máximas iguais ou superiores a 35 °C, com médias respectivamente,

Figura 2. Número de dias com temperatura máxima do ar igual ou maior a 30 °C (barras cinzas), 35 °C (barras vermelhas) e 40 °C (barras azuis) ocorrido em estações meteorológicas localizadas nas regiões ecoclimáticas; e número médio de dias com temperatura máxima do ar igual ou maior a 30 °C (linhas tracejadas cinzas), 35 °C (linhas tracejadas vermelhas) e 40 °C (linhas tracejadas azuis) por região ecoclimática: Depressão Central (A), Serra do Nordeste (B), Planalto Médio (C), Encosta Inferior da Serra do Nordeste (D), Alto e Médio Vale do Uruguai (E), Missioneira (F), Baixo Vale do Uruguai (G), Campanha (H), Serra do Sudeste (I) e Grandes Lagoas (J).



de dez, dez e quatro dias (Figura 2B, 2I e 2J).

Temperaturas iguais ou superiores a 40 °C ocorreram, em média, em seis dias na região Baixo Vale do Uruguai (Figura 2G), o maior valor médio observado nas regiões ecoclimáticas. Em termos absolutos, destaque para os locais em que o número de dias atingiu cerca de um decêndio do mês: Porto Vera Cruz (11 dias) (Figura 2E) e Uruguiana

(oito dias) (Figura 2H).

O número de dias indicou que a ocorrência de elevadas temperaturas do ar em janeiro de 2022 foi temporalmente extensa e atingiu praticamente todo Rio Grande do Sul, ou seja, pode ser considerada espacialmente abrangente, impactando nos valores médios mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas (Figura 1A, 1E, 1C). Os resultados

concordaram com o boletim do INMET, que indicou que o período mais quente da onda de calor (12 a 23 de janeiro), abrangeu todas as regiões do Estado (INMET, 2022b).

Janeiro pode ser considerado um mês quente no Rio Grande do Sul, tendo em vista que, na média climatológica, esse é o mês com maior valor de temperatura média máxima na maioria das regiões (Matzenauer et al., 2011). As variações diárias das temperaturas do ar registradas em janeiro, no entanto, dependeram dos eventos que atuam sobre o Estado. Em janeiro de 2022, houve a formação de dois eventos ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul): o primeiro, entre os dias 06 e 12 de janeiro, e o segundo, entre os dias 29 de janeiro e 02 de fevereiro (INMET, 2022a). A ZCAS, um dos principais sistemas meteorológicos responsáveis pela reposição hídrica em parte do Brasil no período chuvoso, tem como característica a persistência de uma faixa de nuvens praticamente estacionada, o que provoca muita chuva sobre as mesmas áreas por, pelo menos, quatro dias consecutivos. Este sistema gera chuva volumosa, principalmente, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Com a canalização do corredor de umidade para essas regiões, a região Sul do Brasil tem maior tendência de ter pouca ou nenhuma chuva. O período com as maiores temperaturas do ar em janeiro de 2022 no Rio Grande do Sul ocorreu justamente entre dois eventos de ZCAS. Esta condição foi reforçada pela atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que esteve mais próxima do Sul do Brasil, favorecendo ainda mais a elevação das temperaturas do ar. A bolha de ar quente e seco foi rompida apenas entre os dias 26 e 27 de janeiro de 2022, com a passagem de um sistema frontal.

Em relação a ENOS (El Niño Oscilação Sul), Rodrigues et al. (2012) indicaram que, em eventos El Niño, a ZCAS fica mais intensa e estende-se mais em direção ao oceano, enquanto que, em eventos La Niña, a ZCAS fica menos intensa e situa-se mais ao sul de sua posição climatológica, além de ter uma fraca configuração sobre o oceano, comparada à configuração sobre o continente. Pela comparação de dois casos extremos de ZCAS, o estudo de Quadro (1994) sugeriu que, durante um evento de El Niño, a ZCAS apresenta-se inibida ou tende a se formar fora de sua região preferencial de ocorrência (aproximadamente ao norte de 25°S, sobre a costa leste do continente sulamericano). Diante disso, anos com influência da La Niña possuem maior probabilidade de formarem eventos ZCAS e, conseqüentemente, o Sul do Brasil ter menor índice pluviométrico, assim como verificado em janeiro de 2022.

Ainda no que se refere a eventos ENOS, no Uruguai, Bigdgin e Renom (2002) constataram que, na fase fria (La Niña), as temperaturas mínimas são inferiores às normais e as máximas são superiores, ou seja, há uma maior amplitude térmica, enquanto que, na fase quente (El Niño) a amplitude térmica diária tende a ser menor. Outros autores

também documentaram a relação entre o ENOS e as anomalias climáticas de temperatura do ar sobre a América do Sul. Rusticucci e Vargas (2001), ao analisarem o possível efeito de ENOS na ocorrência de ondas extremas sobre a Argentina, apontaram que, nos meses mais quentes, as ondas se apresentam mais intensas quando ocorre La Niña, tal como a situação verificada em janeiro de 2022. Neste caso, a anomalia da Temperatura da Superfície no Oceano Pacífico Equatorial, na área de referência para definição do evento ENOS, denominada região de Niño 3.4 (entre 170°W-120°W), atingiu -1 °C no verão 2021/2022 (NOAA, 2022).

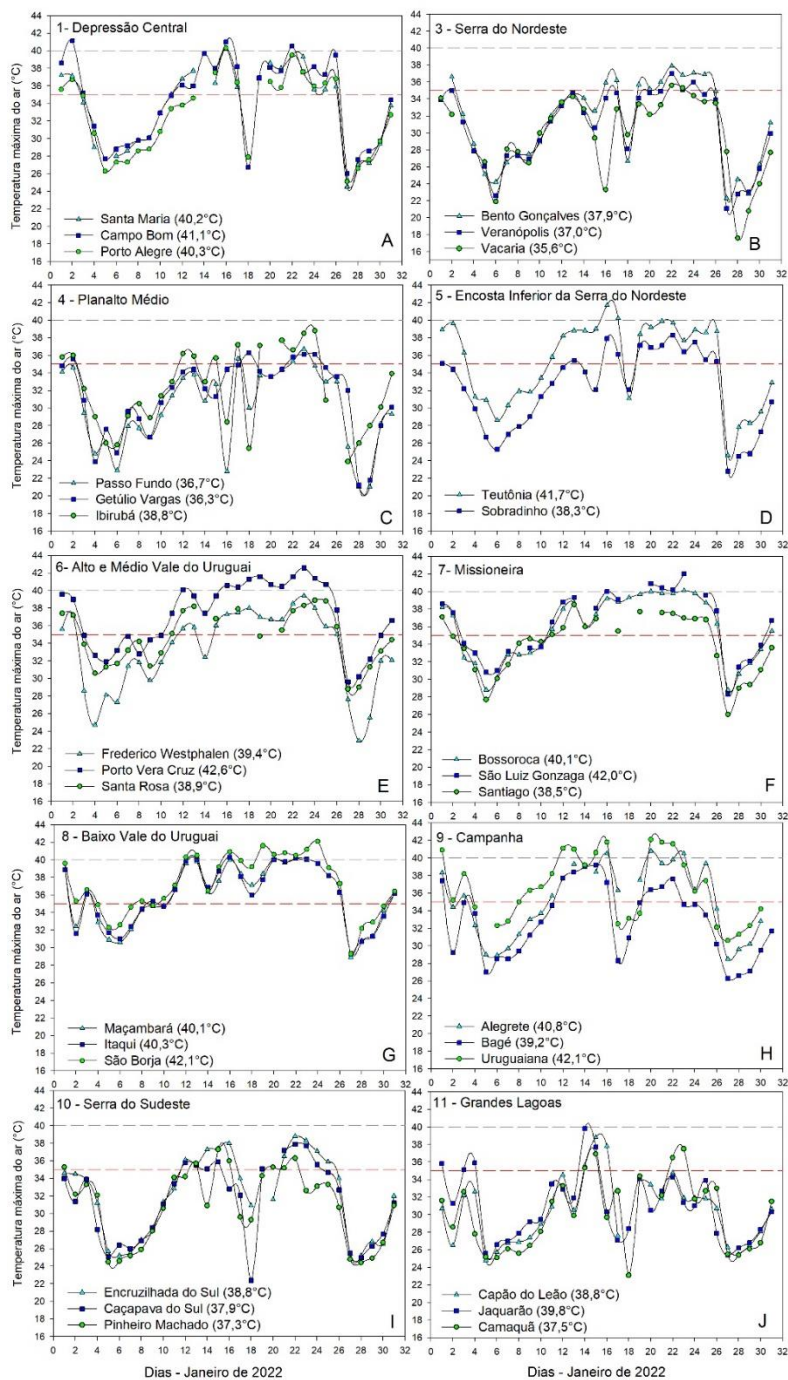
A evolução temporal das temperaturas máximas indicou que, embora com valores distintos entre regiões ecoclimáticas, a elevação das temperaturas do ar, no Estado, ocorreu a partir do segundo decêndio de janeiro (Figura 3).

No primeiro decêndio, temperaturas máximas absolutas iguais ou acima de 35 °C foram registradas em todas as regiões ecoclimáticas, porém em um período relativamente curto compreendido pelos primeiros três dias do mês (Figura 3). Os maiores números de dias com temperaturas máximas iguais ou superiores a 35 °C ocorreram em Uruguaiana (seis dias, ou 60% do primeiro decêndio) e em São Borja (cinco dias, ou 50% do primeiro decêndio). Na maior parte das regiões, não foram registradas temperaturas máximas acima de 40 °C, com exceção da Depressão Central e da Campanha, nas quais os valores atingiram 41,1 °C (em Campo Bom, dia 02) (Figura 3A) e 40,9 °C (em Uruguaiana, dia 01) (Figura 3H).

No segundo decêndio de janeiro de 2022, as temperaturas máximas novamente ultrapassaram 35 °C em todas regiões (Figura 3) sendo que, nesse caso, o número de dias com esse limiar de temperatura foi comparativamente maior ao do primeiro decêndio. Com exceção das estações meteorológicas de Veranópolis e Vacaria (região Serra do Nordeste) (Figura 3B), todas as demais registraram temperaturas máximas iguais ou superiores a 35 °C, variando entre um dia (Passo Fundo e Getúlio Vargas) (Figura 3C) e dez dias (100% do segundo decêndio) em Porto Vera Cruz (Figura 3E), Bossoroca (Figura 3F), Itaqui, Maçambará e São Borja (Figura 3G). Especificamente para Porto Vera Cruz e São Borja, é importante destacar que, dos dez dias que registraram temperaturas acima de 35 °C, em seis dias e em cinco dias, respectivamente, os valores ultrapassaram 40 °C. Máximas absolutas acima de 40 °C ocorreram nas regiões Depressão Central, Encosta Inferior da Serra do Nordeste, Alto e Médio Vale do Uruguai, Missioneira, Baixo Vale do Uruguai e Campanha (Figura 3), especialmente nos dias 16 e 17. A temperatura máxima absoluta registrada no Estado no segundo decêndio de janeiro foi 42,2 °C (em Uruguaiana, no dia 20) (Figura 3H).

No terceiro decêndio de janeiro, novamente temperaturas iguais ou superiores a 35 °C foram registradas em

Figura 3. Evolução temporal e valores máximos absolutos de temperaturas máximas do ar registrados em janeiro de 2022 em duas a três estações meteorológicas por região ecoclimática do Estado do Rio Grande do Sul: Depressão Central (A), Serra do Nordeste (B), Planalto Médio (C), Encosta Inferior da Serra do Nordeste (D), Alto e Médio Vale do Uruguai (E), Missioneira (F), Baixo Vale do Uruguai (G), Campanha (H), Serra do Sudeste (I) e Grandes Lagoas (J).



todo Rio Grande do Sul (Figura 3). O número de dias nos quais esse limiar foi atingido variou entre 0 e um dia (na região Grandes Lagoas) (Figura 3J) e seis a sete dias (55% e 64 % do terceiro decêndio), nas regiões Depressão Central (Figura 3A), Encosta Inferior da Serra do Nordeste (Figura 3D), Alto e Médio Vale do Uruguai (Figura 3E), Missioneira (Figura 3F) e Baixo Vale do Uruguai (Figura 3G). Temperaturas máximas absolutas acima de 40 °C foram registradas nas mesmas estações meteorológicas/regiões

que já haviam registrado esse limiar de temperatura no segundo decêndio. As máximas absolutas ultrapassaram 42 °C: 42,6 °C (Porto Vera Cruz, dia 23) (Figura 3E), 42 °C (São Luiz Gonzaga, dia 23) (Figura 3F) e 42,1 °C (São Borja, dia 24) (Figura 3G). Na maior parte das regiões, não foram registrados dias com temperaturas iguais ou superiores a 40 °C, sendo os maiores números de dias ocorridos em Porto Vera Cruz (cinco dias, ou 45% do decêndio) (Figura 3E) e São Borja (quatro dias, 36% do terceiro decêndio) (Figura 3G).

Os resultados indicaram que, em janeiro de 2022, ocorreram entre 17 dias (Porto Alegre) e 27 dias (Uruguaiiana) com temperaturas máximas acima da normal climatológica padrão (Tabela 1). Em todas estações avaliadas, mais da metade do mês registrou temperaturas máximas absolutas acima da média histórica (Tabela 1), havendo sequências de 21 dias (Uruguaiiana), 17 dias (Veranópolis), 16 dias (Encruzilhada do Sul), 15 dias (Passo Fundo) e 14 dias (São Luiz Gonzaga e Santa Maria) consecutivos nos quais este critério foi atingido.

No que se refere à caracterização da onda de calor, foi possível verificar que temperaturas máximas absolutas 5 °C acima da média ocorreram entre 10 e 15 dias (Tabela 1), no entanto, as sequências máximas de dias consecutivos nos quais este critério foi atingido variou entre 4 dias (Santa Maria, Passo Fundo, São Luiz Gonzaga) e 8 dias (Veranópolis) (Tabela 1). Dessa maneira, salienta-se que, no que se refere à definição de onda de calor, todas estações avaliadas registraram, no mínimo, 10 dias com temperaturas máximas 5 °C acima da média, ou seja, atingiram o limiar de temperatura do ar estabelecido para definição de onda de calor (Tabela 1). Porém, no que se refere à necessidade de ocorrência de, no mínimo, cinco dias consecutivos com temperaturas máximas absolutas 5 °C acima da média histórica, em 62,5% das estações avaliadas esse parâmetro foi atingido e configurou-se a ocorrência de onda de calor.

Períodos com temperaturas máximas do ar extremamente altas, tal como os observados no Rio Grande do Sul em janeiro de 2022, especialmente quando associados a menor disponibilidade hídrica decorrente de precipitações pluviais abaixo da média e ocorrência de estiagem, situação que também ocorreu no Estado na primavera-verão 2021/2022 (Junges et al., 2021; Cardoso et al., 2022; Tazzo et al., 2022), podem afetar negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Na safra 2021/2022, as culturas de primavera-verão apresentaram variações ne-

gativas de produção e produtividade no Rio Grande do Sul, em comparação aos dados da safra anterior (2020/2021) (CONAB, 2022). Apesar de incremento em área plantada de milho, soja e arroz, ocorreram reduções de produtividade de 32% para cultura do milho, 56,2% para soja, 15% para feijão e 9,7% para arroz (CONAB, 2022).

No caso de estresses decorrentes de altas temperaturas, o excesso de calor pode causar danos pela exposição das plantas a temperaturas letais ou a temperaturas que ultrapassam a temperatura basal superior, situação que tende a ocorrer naturalmente, em dias e horários com temperaturas elevadas (Bergamaschi, 2017). Neste caso, as plantas consomem reservas e acumulam toxinas, e, embora o estresse possa ser reversível, pode levar a planta ao estado de inanição e comprometer a produtividade de grãos, frutos ou matéria verde/seca. Em condições naturais, quase sempre os estresses causados por temperaturas elevadas do ar estão associados ao déficit hídrico nas folhas. Plantas que transpiram normalmente, com estômatos abertos, mantêm a temperatura foliar abaixo da temperatura do ar. Se a temperatura foliar for igual ou superior à temperatura do ar, a planta está em déficit hídrico, ou seja, transpirando menos do que a demanda atmosférica (Bergamaschi, 2017).

Em milho, limitações ao cultivo decorrentes de altas temperaturas do ar são complexas e de difícil detecção, pois, de modo geral, estão associadas ao déficit hídrico em períodos de estiagem, quando há elevada demanda evapotranspirativa da atmosfera (Bergamaschi e Matzenauer, 2009). O déficit hídrico leva ao enrolamento de folhas e fechamento de estômatos, com redução do fluxo transpiratório e elevação da temperatura, podendo haver senescência da área foliar. Durante o florescimento, a combinação de déficit hídrico e altas temperaturas diurnas afeta a polinização e a formação inicial dos grãos, diminuindo o número de grãos por espiga. Altas temperaturas durante a noite podem reduzir a assimilação líquida das plantas, devido a perdas por respiração, o que diminui o rendimento

Tabela 1. Temperatura máxima média de janeiro na normal climatológica padrão (NCP) 1991-2020, número e distribuição de dias consecutivos com temperatura máxima acima da média climatológica e 5 °C acima da média climatológica ocorridos em janeiro de 2022 nas estações meteorológicas de Santa Maria, Porto Alegre, Veranópolis, Passo Fundo, São Luiz Gonzaga, Bagé, Uruguaiiana e Encruzilhada do Sul.

Estação meteorológica	Tmax média de janeiro (NCP 1991-2020) (°C) (1)	Dias com Tmax acima de Tmax média (1) em janeiro de 2022		Dias com Tmax 5°C acima de Tmax média (1) em janeiro de 2022	
		N°	Distribuição	N°	Distribuição
Santa Maria	31,0	18	3+14+1	10	2+2+2+4
Porto Alegre	31,0	17	3+6+7+1	10	1+3+1+5
Veranópolis	27,1	24	4+2+17+1	15	2+3+2+8
Passo Fundo	28,4	19	3+15+1	10	2+2+1+1+4
São Luiz Gonzaga	32,7	21	4+1+14+2	12	1+2+3+4+2
Bagé	29,7	21	1+2+8+9+1	13	1+1+5+6
Uruguaiiana	32,1	27	4+21+2	13	1+1+6+4+1
Encruzilhada do Sul	29,2	21	4+16+1	12	2+5+5

de grãos (Bergamaschi e Matzenauer, 2009). Temperaturas do ar superiores a 35 °C podem reduzir a produtividade e alterar a composição proteica do grão de milho (Silva et al., 2006).

Para cultura da soja, temperaturas acima de 40 °C diminuem a taxa de crescimento, provocando danos à floração e à capacidade de retenção de vagens. Tais problemas acentuam-se com a ocorrência simultânea de altas temperaturas do ar e déficit hídrico. Também é importante considerar que, em dias nos quais as temperaturas máximas do ar atingem 35 °C ou mais, com ausência de ventos e elevada radiação solar incidente, pode ocorrer o superaquecimento da superfície do solo, especialmente nas primeiras horas da tarde e essas condições acarretarem em tombamento fisiológico ou cancro de calor (Farias et al., 2009). Segundo estes autores, tombamento fisiológico se caracteriza por plântulas tombadas com lesão de estrangulamento do hipocótilo, no nível da superfície do solo. A lesão e o tombamento decorrem de altas temperaturas da superfície do solo, as quais desestruturam as membranas celulares e desidratam os tecidos do colo da planta.

Para cultura do feijão, temperaturas do ar acima de 35 °C, no florescimento, reduzem o rendimento de grãos. No período entre a diferenciação dos botões florais e o enchimento de grãos, altas temperaturas do ar reduzem os componentes de rendimento, especialmente do número de vagens por planta, devido à esterilização do grão de pólen e à consequente queda de flores. A taxa de abscisão de flores e a formação de vagens pequenas é uma das maiores limitações ao rendimento, podendo ocorrer expressiva quebra de safra quando as temperaturas diurnas e noturnas forem, respectivamente, superiores a 30 °C e 25 °C (Heinemman et al., 2009a).

Em lavouras de arroz irrigado, a ocorrência de altas temperaturas do ar durante a fase reprodutiva diminui a produtividade de grãos em função da esterilidade das espiguetas, a qual pode ocorrer quando as temperaturas do ar se situam acima de 35 °C na floração (Heinemman et al., 2009b). Nesta cultura, o processo reprodutivo inicia-se uma hora depois do florescimento, quando ocorre a germinação dos grãos de pólen no estigma e o alongamento dos tubos polínicos, de modo que esse momento é considerado o mais crítico, e temperaturas diurnas acima de 33 °C já podem interromper o processo. O segundo estágio de desenvolvimento mais sensível é a pré-floração, cerca de nove dias antes da emissão das panículas (Heinemman et al., 2009b). Para o arroz, a antese é a fase mais sensível às altas temperaturas do ar, sendo que a temperatura crítica, acima da qual a esterilidade de espiguetas começa a aumentar, situa-se entre 33 e 34 °C (Walter et al., 2010). Quando essa temperatura crítica é ultrapassada, mesmo por poucas horas, ocorre esterilidade

de espiguetas, devido à menor deposição de grãos de pólen, e, em temperaturas extremas (>40 °C), ocorre esterilidade dos órgãos femininos. Altas temperaturas do ar também diminuem a qualidade de grãos, seja pelo aumento do centro branco, redução da massa dos grãos e do teor de amilose (Heinemman et al., 2009b). Na safra 2021/2022, as altas temperaturas do ar que acompanharam a onda de calor de janeiro foram prejudiciais às plantas, especialmente em lavouras de arroz que estavam em floração no período, resultando, juntamente com a falta de água ocorrida em algumas etapas do ciclo, em menor produtividade de grãos (IRGA, 2022).

No que se refere às frutíferas, embora a videira seja bastante resistente a altas temperaturas, considera-se que temperaturas do ar acima de 38 °C paralisam o crescimento e temperaturas acima de 40 °C são extremamente prejudiciais. Altas temperaturas do ar podem causar murchamento de folhas e paralisar a atividade fotossintética, além de afetarem a qualidade das uvas por degradação do ácido málico, o que resulta em mostos pouco equilibrados e com baixa acidez, e interferirem na composição e no acúmulo de diversos constituintes da baga, como os polifenóis (Mandelli et al., 2009). Também é importante considerar os efeitos das temperaturas máximas do ar em vinhedos protegidos, tendo em vista as alterações micrometeorológicas causadas pela tecnologia (Chavarria e Santos, 2009). Em avaliações realizadas em vinhedos no Rio Grande do Sul, constatou-se que, dentre as temperaturas do ar, as máximas diárias foram as que sofreram maior influência da cobertura plástica: à medida que a temperatura máxima diminui fora da cobertura, a redução correspondente sob a cobertura é menor (para 1,0 °C de redução na temperatura externa, a temperatura abaixo da cobertura reduziu 0,90 °C). Nas condições sob cobertura plástica pode ocorrer maior acúmulo de calor, sendo a perda retardada em relação a vinhedo a céu aberto (Ferreira et al., 2004; Chavarria e Santos, 2009), especialmente, em função da menor movimentação de ar (Segovia et al., 1997; Cardoso et al., 2008).

A faixa ideal de temperaturas do ar para macieira, durante o período vegetativo, situa-se entre 18 e 23 °C, não devendo ultrapassar 25 °C no verão. Temperaturas acima de 30 °C causam redução no crescimento das raízes e da parte aérea. Nessas condições, o período compreendido entre a floração e a maturação é encurtado, havendo menos tempo para o crescimento dos frutos, de modo que estes apresentam menor tamanho. Temperaturas muito altas, durante o crescimento dos frutos, também podem ocasionar queimaduras na epiderme, reduzindo a produtividade, a qualidade e a capacidade de armazenamento dos mesmos (Nachtigall et al., 2009).

No que se refere à produção animal, as altas temperaturas do ar causam estresse térmico. O estresse térmico,

seja pelo calor ou frio, é um dos fatores que pode causar desequilíbrio da homeostase (Garcia, 2013), o que limita a produção animal (Rashamol et al., 2019). Um animal sofre estresse térmico por calor quando produz mais calor do que pode dissipar e, para se ajustar, reduz o consumo de alimentos, o que pode levar ao declínio da produção (Bond, 1954). Os bovinos são animais homeotérmicos, capazes de manter a temperatura corporal, independentemente das variações da temperatura ambiente e, para isso, empregam mecanismos fisiológicos, metabólicos e comportamentais (Perissinoto, 2003). A faixa de temperatura ambiente na qual o animal apresenta metabolismo mínimo, sem demonstrar sintomas de desconforto térmico é denominada de Zona de Termoneutralidade (ZTN) ou Zona de Conforto Térmico (ZCT) (Sousa Júnior, 2008). O estresse acontece quando as altas temperaturas do ambiente, aliadas à alta produção de calor metabólico, resultam em um estoque de calor corporal excedente (Azevedo e Alves, 2009). Essa condição está associada, principalmente, à variação da temperatura: quando a temperatura, à noite, não é inferior a 21 °C, por um período de três a seis horas, o animal não tem capacidade de perder o calor adquirido durante o dia (Silanikove, 2000), gerando desconforto térmico. As temperaturas críticas superiores para animais recém-nascidos, para taurinos e zebuínos, são, respectivamente, 26 °C, 27 °C e 35 °C (Azevedo e Alves, 2009; Almeida et al., 2020), ou seja, temperaturas do ar acima destas tendem a causar efeitos negativos no desempenho animal. Os efeitos imediatos dos fatores ambientais podem ser observados na eficiência reprodutiva e no nível comportamental, os quais podem afetar o crescimento, a produção de leite, a expressão do estro, a maturação oocitária, a fertilização e o desenvolvimento embrionário. A diminuição nas taxas de concepção durante o verão pode variar entre 20 e 30% (de Rensis e Scaramuzzi, 2003), visto que altas temperaturas do ar afetam negativamente a capacidade das vacas de apresentarem comportamento natural de acasalamento (Orihuela, 2000).

Em rebanhos leiteiros, o estresse térmico ocasiona alterações comportamentais e fisiológicas que causam queda da produção e da qualidade do leite (Daltro et al., 2020). O consumo de alimento e a produção de leite são afetados quando a temperatura ambiente é superior a 26 °C (para raça Holandesa), 29 °C (para Jersey) e 29,5 °C (para Pardo-Suíça), enquanto que, para raças zebuínas, esse limiar é superior e a temperatura crítica máxima é 35 °C (Pereira, 2005). Tazzo et al (2022) quantificaram o índice de temperatura e umidade para o mês de janeiro de 2022 em vários locais do Rio Grande do Sul e observaram condições críticas entre 37% e 75% do período. Efeitos na produção de leite foram estimados para dois níveis (10 kg dia⁻¹ e 30 kg dia⁻¹), verificando-se queda de produção média de 2,1 kg dia⁻¹ para o primeiro nível e 4,3 kg dia⁻¹ para o

segundo. Vacas com maior produção de leite, pela elevada taxa metabólica, sofreram maiores efeitos decorrentes das altas temperaturas do ar (Tazzo et al., 2022).

As aves apresentam grandes dificuldades para enfrentar condições de altas temperaturas e umidade do ar, por possuírem baixa capacidade termorreguladora (Laganá, 2008). Desta forma, altas temperaturas do ar, acima da máxima crítica, tal como as registradas em janeiro de 2022, podem gerar impactos negativos na reprodução, no crescimento e nos ganhos de peso, na produção de ovos e, em casos extremos, causar mortandade de animais.

Conclusões

As temperaturas médias mensais de janeiro de 2022 foram acima da média climatológica em todo Estado do Rio Grande do Sul. Embora as temperaturas médias e mínimas mensais também tenham sido superiores à normal climatológica, maiores anomalias positivas ocorreram para temperaturas máximas. O registro de vários dias com temperaturas máximas do ar acima de 30 °C, 35 °C e 40 °C, assim como a ocorrência de onda de calor, podem ter impactado de forma negativa na expressão do potencial produtivo das culturas agrícolas e no desempenho animal, contribuindo, juntamente com a situação de estiagem que se configurou na primavera-verão 2021/2022, para redução da produção e da produtividade verificadas na agropecuária do Estado neste ciclo.

Contribuição dos autores

A.H. JUNGES, I.F. TAZZO, L.S. CARDOSO e J.C. CERA: concepção do trabalho, aquisição e análise dos dados, redação e revisão do artigo.

Referências

- ALMEIDA, J. V. N.; MARQUES, L. R.; MARQUES, T. C.; GUIMARÃES, K. C.; LEÃO, K. M. Influence of thermal stress on the productive and reproductive aspects of cattle – Review. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e230973837, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3837>
- ARAÚJO, L. C. **Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, 1930, 110p.
- AZEVEDO, D. M. M. R. A.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2009. 83 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/664507/1/documento188.pdf> Acesso em: 09 mar. 2022
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Milho. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 239-260.
- BERGAMASCHI, H. Temperatura do ar. In: BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017. Cap. 6. p. 137-186.

- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, H. M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n.5, p. 695-702, 1992.
- BIDEGAIN, M.; RENON, M. Temperaturas extremas y amplitudes diárias en Uruguay condicionadas según el fenómeno ENOS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBMET, 2002 CD-ROM.
- BOND, T.E.; KELLY, C.F.; ITTNER, N.R. Radiation studies of pointed shade materials. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.35, n.6, p.389-392,1954.
- CARDOSO, L. S.; VARONE, F.; JUNGES, A. H.; TAZZO, I. F. Condições meteorológicas ocorridas em janeiro de 2022 e situação das principais culturas agrícolas no estado do Rio Grande do Sul. **Comunicado Agrometeorológico**, Porto Alegre, n. 34, p. 6-29, jan. 2022.
- CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. dos.; MANDELLI, F. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 441-447, 2008. DOI:10.1590/S0100-204X2008000400001
- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. dos. Manejo de videiras sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1917-1924, 2009. DOI:10.1590/S0103-84782009005000104
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v.9 – Safra 2021/22, n.10 - Décimo levantamento, p. 1-88, julho 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra> Acesso em: 07 out. 2022.
- COSTA, C.P. W. **Análise espacial e temporal de índices climáticos derivados das temperaturas máximas e mínimas para o Rio Grande do Sul**. 2008. 167 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- CRESSMAN, G.P. An operational objective analysis system. **Monthly Weather Review**, v. 87, n. 10, p. 367-374, 1959.
- DALTRO, A. M.; BETTENCOURT, A. F.; XIMENES, C. A. K.; DALTRO, D. DOS S.; PINHO, A. P. DOS S. Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 288-311, 21 out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>
- DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. **Theriogenology**, v. 60, n. 6, p. 1139-1151, 2003. DOI: 10.1016/s0093-691x(03)00126-2
- DINIZ, G. B.; BERLATO, M.A.; CLARKE, R.T.; FONTANA, D.C. Identificação de regiões homogêneas de temperaturas máxima e mínima do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 2, p. 303-312, 2003.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 263-277.
- 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**, v.27, n.1, p. 95 - 106, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000100010>
- GARCIA, A. R. Conforto térmico na reprodução de bubalinos criados em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 121-130, 2013.
- HEINEMANN, A. B.; STONE, L.F, SILVA, S.S. Feijão. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009a. p. 185-201.
- IRGA. Instituto Riograndense do Arroz. **Boletim de resultados de safra 2021/22 em terras baixas: arroz irrigado e soja**. Cachoeirinha, 19 set. 2022. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202209/26133439-relatorio-irga-safra-2021-22.pdf> Acesso em: 03 out. 2022
- HEINEMANN, A. B.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Arroz. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009b. p. 65-79.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Eventos extremos de janeiro de 2022 no Brasil. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/eventos-extremos-de-janeiro-de-2022-no-brasil> Acesso em: 17 fev. 2022a.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Boletim Agrometeorológico Mensal. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/boletinsAgroclimatologicos/BoletimAgro_2022-02-versaofinal.pdf. Acesso em: 10 mai. 2022b.
- JUNGES, A. H.; VARONE, F.; TAZZO, I. F.; CARDOSO, L. S. Condições meteorológicas ocorridas em dezembro de 2021 e situação das principais culturas agrícolas no estado do Rio Grande do Sul. **Comunicado Agrometeorológico**, Porto Alegre, n. 33, p. 6-26, dez. 2021.
- LAGANÁ, C. Influência de altas temperaturas na alimentação de frangos de corte. **Pesquisa e Tecnologia**, v.5, n.2, 2008.
- 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., 2001, Fortaleza, CE. **Anais...** Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 151-152.
- MANDELLI, F.; MIELE, A.; TONIETTO, J. Uva em clima temperado. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 505-515.
- MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. de (Ed.). Atlas climático: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Fepagro, CEMET/RS, 2011. 185 p.
- NACHTIGALL, G. R.; FIORAVANÇO, J. C.; HOFFMANN, A. Macieira. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 451-464.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Climate Prediction Center. Cold and warm episodes by season. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 10 mai. 2022.
- ORIHUELA, A. Some factors affecting the behavioral manifestation of oestrus in cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v.70, n.1, p.1-16, 2000.
- PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195 p.
- PERISSINOTO, M. **Sistemas de climatização em galpões tipo “freestall” para confinamento de gado leiteiro**. 2003. 140 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.
- PETERSON, T. C.; FOLLAND, C.; GRUZA, G.; HOOG, W.; MOKSSIT, A.; PLUMMER, N. **Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs 1998–2001**. Geneva: World Meteorological Organization, 2001, 143 p.
- QUADRO, M. F. de L. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 123p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.
- RASHAMOL, V. P.; SEJIAN, V.; PRAGNA, P.; LEES, A.M.; BAGATH, M.; KRISHNAN, G.; GAUGHAN, J.B. Prediction models, assessment methodologies and biotechnological tools to quantify heat stress response in ruminant livestock. **International Journal of Biometeorology**, v.63, p1265-1281, 2019. DOI: 10.1007/s00484-019-01735-9
- RODRIGUES, H. P.; CAVALCANTI, E.P.; MARIANO, E.B.; CABRAL, D.E.C. Uso de parâmetros atmosféricos para detecção de episódios de ZCAS em anos de El Niño/La Niña através do BRAMS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 951-969, 2012. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i4.232860>
- RUSTICUCCI, M.M.; VARGAS, W.M. Interannual variability of temperature spells over Argentina. **Atmósfera**, v.14, p. 75-86, 2001.
- SILVA, W. J. da.; SANS, L. M. A.; MAGALHAES, P. C.; DURAES, F. O. M. Exigências climáticas do milho em sistema plantio direto. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/490276>. Acesso em: 08 fev. 2022.

SEGOVIA, J. F. O.; ANDRIOLO, J. L.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v. 27, p. 37-41, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781997000100007>

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 1-2, p. 1-18, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)

SOUSA JÚNIOR, S. C.; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, Â.M.; NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região Semi-árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 10, n. 2. p. 127-137, 2008.

TAZZO, I. F.; VARONE, F.; CARDOSO, L. S.; JUNGES, A. H. Condições meteorológicas ocorridas em fevereiro de 2022 e situação das principais culturas agrícolas no estado do Rio Grande do Sul. **Comunicado Agrometeorológico**, Porto Alegre, n. 35, p. 6-21, fev. 2022.

TAZZO, I.F.; CARDOSO, L.S.; JUNGES, A.H., TAROUCO, A.K. Índice de conforto térmico durante onda de calor e impactos na bovinocultura de leite no Rio Grande do Sul. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 11.; WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E MOSTRA DE PESQUISA, 6., 2022, Porto Alegre, RS. Anais [...]. Porto Alegre: Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA): Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (SEAPDR), 2022. p. 22.

WALTER, C.; ROSA, H.T.; STRECK, N.A. Simulação do rendimento de grãos de arroz irrigado em cenários de mudanças climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.11, p.1237-1245, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200001>

REFERENCIAÇÃO

JUNGES, A.H.; TAZZO, I.F.; CARDOSO, L.S.; CERA, J.C. Avaliação da onda de calor ocorrida em janeiro de 2022 no Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.30, e027078, 2022.



Evaluation of the heat wave occurred in January 2022 in Rio Grande do Sul, Brazil

Amanda Heemann Junges^{1(*)}, Ivonete Fátima Tazzo², Loana Silveira Cardoso² and Jossana Ceolin Cera³

¹Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura – CEFRUTI, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Rodovia BR 470 km 171, s/n, CEP 95330-000 Veranópolis, RS, Brazil.

E-mail: amanda-junges@agricultura.rs.gov.br.

²Centro Estadual de Diagnóstico e Pesquisa Agronômica – CEAGRO, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90130-060 Porto Alegre, RS, Brazil. E-mails: ivonete-tazzo@agricultura.rs.gov.br and loana-cardoso@agricultura.rs.gov.br.

³Estação Experimental do Arroz, Instituto Rio-Grandense do Arroz - IRGA, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Avenida Bonifácio Carvalho Bernardes, 1.494, CEP 94930-030 Cachoeirinha, RS, Brazil. E-mail: jossana.cera@gmail.com.

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 June 2022

Accepted 14 October 2022

Index terms:

air temperature

anomalies

agricultural and livestock
production

ABSTRACT

The aim of this study was to describe the air temperatures - T (maximum - Tmax; minimum - Tmin; average - Tave) occurred in Rio Grande do Sul in January 2022 in order to characterize the heat wave and impacts in agricultural and livestock production. Air temperatures were used to define monthly averages and anomalies. In the regional analysis, daily Tmax were used to express the temporal evolution and quantify the number of days with Tmax ≥ 30 °C, ≥ 35 °C and ≥ 40 °C. To define the occurrence of heat wave, consecutive days with Tmax ≥ 5 °C above the average were quantified. The results showed that averages of Tmax were higher than 30 °C in most of the State, with an increasing gradient in east-west, where reached 36 °C. In average, it was registered 22 days with Tmax ≥ 30 °C (regional variation: 16-29), 12 with Tmax ≥ 35 °C (4-19) and 3 with Tmax ≥ 40 °C (0-11). In 62.5% of the stations evaluated to define the heat wave occurred, at least, five consecutive days with Tmax ≥ 5 °C above the average. January 2022 was characterized by a heat wave and elevated maximum air temperatures, which caused, together with the drought, negative impacts in agricultural crops and animal performance.

© 2022 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

JUNGES, A.H.; TAZZO, I.F.; CARDOSO, L.S.; CERA, J.C. Avaliação da onda de calor ocorrida em janeiro de 2022 no Rio Grande do Sul. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.30, e027078, 2022.