

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSIS PREJUDICIAIS E FAVORÁVEIS AOS CULTIVOS AGRÍCOLAS EM MINAS GERAIS

Rodrigo de Moraes Borges

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Santa Maria, RS, Brasil
rodrigo.moraissb@hotmail.com

Alberto Cargnelutti Filho

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Departamento de Fitotecnia
Santa Maria, RS, Brasil
alberto.cargnelutti.filho@gmail.com

Murilo Vieira Loro

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Santa Maria, RS, Brasil
muriloloro@gmail.com

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram verificar o ajuste das séries de dados de temperatura mínima mensal do ar (T_{min}), de 47 municípios do Estado de Minas Gerais, às funções de distribuições de probabilidade normal, log-normal, gama e weibull; determinar, para cada série de dados, o valor de T_{min} cuja probabilidade de ocorrência de T_{min} menor ou igual a esse valor é de 90%; e elaborar mapas com a interpolação desses valores em isolinhas com diferença de 0,5°C. Nas 564 séries de dados (47 municípios x 12 meses) de T_{min} aplicou-se o teste de aderência de *Kolmogorov-Smirnov* e determinou-se o valor de T_{min} cuja probabilidade de ocorrência de T_{min} menor ou igual a esse valor é de 90%. Os dados de T_{min} se ajustam às distribuições normal, log-normal, gama e weibull. As estimativas dos parâmetros da distribuição normal (média e desvio padrão) podem ser utilizadas para determinar o valor de T_{min} cuja probabilidade de ocorrência de T_{min} menor ou igual a esse valor é de 90% e, para posterior elaboração de mapas com a interpolação desses valores de T_{min} em isolinhas. As isolinhas são úteis para verificar a probabilidade de ocorrência de T_{min} prejudicial ou favorável para culturas agrícolas.

Palavras-chave: Séries temporais. Distribuição normal. Redução de riscos.

PROBABILITY OF OCCURRENCE OF HARMFUL AND FAVORABLE MONTHLY MINIMUM TEMPERATURES FOR AGRICULTURAL CROPS IN MINAS GERAIS

ABSTRACT

The objectives of this work were to verify the fit of the data series of monthly minimum air temperature (T_{min}), from 47 municipalities in the State of Minas Gerais, to the functions of normal, log-normal, gamma and weibull probability distributions; determine, for each data series, the value of T_{min} whose probability of occurrence of T_{min} less than or equal to this value is 90%; and prepare maps with the interpolation of these values in isolines with a difference of 0.5°C. In the 564 data series (47 municipalities x 12 months) of T_{min} , the Kolmogorov-Smirnov adherence test was applied and the value of T_{min} was determined, whose probability of occurrence of T_{min} less than or equal to this value is 90%. The T_{min} data fits the normal, log-normal, gamma, and weibull distributions. The estimates of the parameters of the normal distribution (mean and standard deviation) can be used to determine the value of T_{min} whose probability of occurrence of T_{min} less than or equal to this value is 90% and, for later elaboration of maps with the interpolation of these values of T_{min} in isolines. Isolines are useful to verify the probability of occurrence of harmful or favorable T_{min} for agricultural crops.

Keywords: Time series. Normal distribution. risk reduction.

INTRODUÇÃO

A temperatura do ar é importante para o desempenho agrônômico das plantas, sendo que as variações bruscas podem provocar prejuízos, comprometendo a produtividade das espécies. Segundo Taiz et al. (2017), a temperatura interfere no crescimento e desenvolvimento das plantas por meio de alterações na taxa fotossintética, nas reações metabólicas, na respiração, na absorção de água e nas modificações da membrana plasmática.

As espécies vegetais exibem crescimento nulo ou em taxa reduzida quando as temperaturas mínimas do ar são inferiores a sua temperatura basal. Nesse sentido, Souza e Martins (2014) em estudo com oliveira concluíram que a temperatura basal inferior é 9,6°C para a cultivar Grappolo e 6,9°C para a cultivar Maria da Fé. Pezzopane et al. (2008) evidenciaram que temperatura basal do café arábica cv. Mundo Novo, para o subperíodo florescimento-colheita, é de 10,2°C e 10,5°C, em condições sem e com correção pelo fator hídrico, respectivamente. Amaral et al. (2019), determinaram que a temperatura base inferior, predominante em oito variedades de cana-de-açúcar, é de 7°C. Por outro lado, espécies frutíferas, como a macieira por exemplo, exigem horas de frio abaixo de uma temperatura limite para quebra da dormência. Assim, Putti, Petri e Mendez (2003), concluíram que a temperatura efetiva para acumular horas de frio varia com o cultivo, podendo chegar até 15°C. Diante dessas temperaturas limitantes das culturas é importante calcular probabilidades de ocorrência a fim de identificar as regiões e os meses do ano em que as temperaturas possam ser prejudiciais ou favoráveis ao cultivo.

Diante de séries históricas de dados é possível investigar a melhor distribuição de probabilidade e a partir das estimativas dos parâmetros da mesma, calcular as probabilidades de ocorrência de eventos de interesse. Investigações sobre ajustes de distribuição de probabilidade, tais como a normal, log-normal, gama e weibull, têm sido realizadas para a temperatura do ar (ASSIS et al., 2004; CARGNELUTTI FILHO; MATZENAUER; TRINDADE, 2008; ARAUJO et al., 2010), evidenciando, de maneira geral, melhor ajuste dos dados à distribuição normal.

A partir dos dados de uma determinada variável, por exemplo, temperatura mínima mensal, e as coordenadas geográficas de vários locais de uma região, espacialmente bem distribuídos, é possível utilizar o método da ponderação do inverso das distâncias (*Inverse Distance Weighted* - IDW) para a interpolação das isolinhas em um mapa dessa região. Esse interpolador IDW assume o pressuposto de que os pontos mais próximos entre si são mais parecidos do que os mais distantes, realizando a predição de um valor para um determinado local não medido por meio de valores amostrados em seu entorno, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto amostrado e essa influência diminui conforme essa distância aumenta (JAKOB e YUNG, 2006).

Os principais aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais, relacionados à precipitação, temperaturas mínima, média e máxima, intensidade e direção dos ventos a 10 metros de altura, classificação climática de Köppen-Geiger e índice de aridez, estão descritos em Reboita et al. (2015). Segundo esses autores, as temperaturas médias anuais são de 20°C e 26°C, no Sul e Norte de Minas Gerais, respectivamente. O Sul apresenta maiores acúmulos de precipitações durante o ano. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger o clima Aw é dominante em Minas Gerais (Reboita et al., 2015). Esse clima proporciona o cultivo agrícola diversificado no Estado de Minas Gerais, sendo que durante as estações de baixas temperaturas destacam-se as culturas de cafeeiro. O Estado de Minas Gerais é o maior produtor da espécie, oliveira, macieira e cana-de-açúcar (IBGE, 2020). Embora o ambiente da região expresse condições favoráveis para o desenvolvimento em escala comercial dessas espécies, há locais e períodos do ano em que a temperatura mínima do ar pode ser desfavorável ao ótimo desenvolvimento das culturas.

A realização desse estudo é importante para o Estado de Minas Gerais, a fim de agregar informações que possam ser utilizadas no planejamento de atividades agrícolas. Assim, os objetivos deste trabalho foram verificar o ajuste das séries de dados de temperatura mínima mensal do ar (T_{min} , em °C), de 47 municípios do Estado de Minas Gerais, às funções de distribuições de probabilidade normal, log-normal, gama e weibull; determinar para cada série de dados o valor de T_{min} , cuja probabilidade de ocorrência de T_{min} menor ou igual a esse valor é de 90%; e elaborar mapas com a interpolação desses valores em isolinhas com diferença de 0,5°C.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperatura mínima mensal do ar (T_{min} , em °C) das 47 estações meteorológicas, localizadas em 47 municípios do Estado de Minas Gerais, foram obtidos no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020), referentes ao período de janeiro de 1961 a dezembro de 2019, totalizando 59 anos de observações. A T_{min} corresponde à média das temperaturas mínimas diárias do mês.

Foram formadas 564 séries temporais de T_{min} (47 municípios x 12 meses), com número diferenciado de anos de observações em cada série em função da disponibilidade dos dados meteorológicos (Tabela 1).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das estações meteorológicas localizadas em 47 municípios do Estado de Minas Gerais, período de coleta dos dados de temperatura mínima mensal e número de observações (mínimo, máximo e média) entre as 12 séries (meses) de dados em cada município.

Município	Coordenadas			Período	Número de observações		
	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)		Mínimo	Máximo	Média
Aimorés	-19°29'24"	-41°04'12"	82,74	1972-2014	35	40	38
Araçuaí	-16°49'48"	-42°02'60"	289,00	1961-2019	47	54	51
Araxá	-19°36'00"	-46°56'24"	1023,61	1965-2019	45	49	48
Arinos	-15°54'36"	-46°06'00"	519,00	1977-2019	34	38	37
Bambuí	-20°01'48"	-45°00'00"	661,27	1961-2018	41	44	43
Barbacena	-21°15'00"	-43°45'36"	1126,00	1961-2018	50	53	52
Belo Horizonte	-19°55'48"	-43°55'48"	915,00	1961-2019	54	55	55
Bom Despacho	-19°40'48"	-45°21'36"	695,00	1981-2019	31	34	33
Caparaó	-20°30'36"	-41°53'60"	843,18	1973-2019	32	38	35
Capinópolis	-18°42'36"	-49°32'60"	620,00	1970-2018	37	42	39
Caratinga	-19°43'48"	-42°07'48"	609,65	1961-2019	43	50	48
Carbonita	-17°31'48"	-43°00'00"	736,38	1981-2019	34	36	35
Conceição do Mato Dentro	-19°01'12"	-43°25'48"	652,00	1961-2019	48	55	52
Coronel Pacheco	-21°33'00"	-43°15'36"	435,00	1966-2009	37	40	39
Curvelo	-18°45'00"	-44°27'00"	672,00	1961-2019	48	52	50
Diamantina	-18°13'48"	-43°38'24"	1296,12	1961-2019	39	42	41
Divinópolis	-20°10'12"	-44°52'12"	788,35	1995-2019	22	25	24
Espinosa	-14°54'36"	-42°47'60"	569,64	1974-2019	40	41	41
Florestal	-19°52'48"	-44°24'36"	760,00	1961-2018	39	43	41
Formoso	-14°55'48"	-46°15'00"	840,00	1977-2019	17	35	32
Frutal	-20°01'48"	-48°55'48"	543,93	1961-2013	37	42	39
Ibirité	-20°00'36"	-44°02'60"	814,54	1961-2015	38	43	41
Itamarandiba	-17°51'00"	-42°51'00"	914,00	1962-2019	46	51	49
Ituiutaba	-18°56'60"	-49°31'12"	560,00	1980-2015	25	29	27
Janaúba	-15°48'00"	-43°17'24"	516,00	1977-2016	30	33	31
João Pinheiro	-17°43'48"	-46°10'12"	760,36	1961-2017	40	49	46

Juiz de Fora	-	-43°21'36"	939,96	1961-2019	45	54	52
Juramento	21°45'36"	-43°39'36"	648,00	1987-2019	26	29	28
Lambari	-	-45°18'36"	878,45	1976-2006	22	24	23
Lavras	21°56'24"	-45°00'00"	918,84	1961-2019	48	51	50
Machado	-	-45°56'24"	873,35	1961-2019	51	54	52
Mocambinho	15°04'48"	-44°00'36"	452,00	1976-2012	29	32	30
Monte Azul	-	-42°51'36"	625,00	1974-2015	32	35	33
Montes Claros	15°09'36"	-43°50'24"	652,00	1961-2019	38	41	40
Paracatu	-	-46°52'48"	712,00	1973-2019	34	37	35
Patos de Minas	17°14'24"	-46°31'48"	940,28	1961-2018	48	51	50
Pedra Azul	-	-41°16'48"	648,00	1972-2019	41	43	42
Pirapora	16°00'00"	-44°54'36"	505,24	1961-2019	45	49	47
Poços de Caldas	-	-46°22'48"	1150,00	1961-2015	42	46	44
Pompeu	21°54'36"	-45°00'00"	690,91	1973-2015	37	39	38
Salinas	-	-42°16'48"	471,32	1961-2019	41	43	42
São Lourenço	16°08'60"	-45°00'36"	953,20	1961-2019	48	53	52
São Sebastião do Paraíso	22°06'00"	-47°06'36"	820,00	1961-2012	24	32	30
Sete Lagoas	20°54'36"	-44°15'00"	732,00	1961-2016	45	46	46
Uberaba	19°27'36"	-47°57'00"	737,00	1961-2018	47	51	49
Unaí	19°43'48"	-46°52'48"	460,00	1978-2019	37	40	39
Viçosa	16°21'36"	-42°51'36"	712,20	1961-2018	45	48	47
Todos os municípios					17	55	41

Fonte - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020). Elaboração dos autores, 2022.

Aplicou-se o teste de aderência de *Kolmogorov-Smirnov* (BUSSAB e MORETTIN, 2017) em cada uma das 564 séries de dados de T_{min}, para verificar o ajuste dos dados às distribuições normal, log-normal, gama e weibull (FERREIRA, 2009; BUSSAB e MORETTIN, 2017), totalizando 2.256 testes (564 séries de dados x 4 distribuições de probabilidade). Para cada uma das 564 séries de dados de T_{min} foi calculada a média e o desvio-padrão, cujas estimativas foram utilizadas nos cálculos de probabilidade com base na distribuição normal.

Para cada município e mês do ano (564 séries de dados), foi utilizada a função INV.NORM(probabilidade; média; desv_padrão) do aplicativo Microsoft Office Excel® (2007), em que: a probabilidade assumida nesse estudo é de 0,90 ou 90%; média é a média da T_{min} da série de dados; e desv_padrão é o desvio padrão da T_{min} da série de dados. Essa função retorna o valor de T_{min} cuja probabilidade de ocorrência de T_{min} menor ou igual a esse valor é de 90%.

Para cada mês, com esses valores calculados para cada município e com as respectivas coordenadas geográficas foram elaborados mapas. Nesses mapas foram interpoladas isolinhas com diferença de 0,5°C entre si. A interpolação das isolinhas foi realizada pelo método da ponderação do inverso das distâncias

(*Inverse Distance Weighted* - IDW), com o uso do software de sistema de informação geográfica QGIS. Dessa forma foram obtidos 12 mapas (um mapa para cada mês do ano).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel® (2007) e do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020). Os mapas foram gerados utilizando o sistema de informações geográficas (GIS) por meio da Projeção Policônica e DATUM: SIRGAS 2000 com a utilização do software QGIS 3.12.3 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2020)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor-p do teste de aderência de *Kolmogorov-Smirnov* aplicado em cada uma das 564 séries de dados de T_{min} (47 municípios x 12 meses) oscilou entre 0,0018 e 0,9999; 0,0009 e 0,9997; 0,0013 e 0,9998; e 0,0158 e 0,9998, respectivamente, para as distribuições normal, log-normal, gama e weibull. O valor-p médio das 564 séries de dados de T_{min} foi 0,6493; 0,5933; 0,6168; e 0,6872, respectivamente, para as distribuições normal, log-normal, gama e weibull. Em 544, 531, 536 e 560 séries de dados, respectivamente, para as distribuições normal, log-normal, gama e weibull, o valor-p foi maior que 0,05. Quanto maior o valor-p, maior é a aderência dos dados à curva da distribuição em teste (BUSSAB e MORETTIN, 2017). Assim, pode-se assumir que os dados apresentaram bons ajustes a essas quatro distribuições de probabilidade, podendo-se optar pela distribuição normal para o cálculo de probabilidades, principalmente, pelo seu maior uso e facilidade de cálculos. Estudos têm demonstrado que a temperatura do ar tem bom ajuste à distribuição normal (ASSIS et al., 2004; CARGNELUTTI FILHO; MATZENAUER; TRINDADE, 2008; ARAUJO et al., 2010).

Para cada uma das 564 séries de dados de T_{min} foi calculada a média (Tabela 2) e o desvio-padrão (Tabela 3), cujas estimativas foram utilizadas nos cálculos de probabilidade com base na distribuição normal. Assim, por exemplo, para a série de dados de T_{min} do município de Aimorés no mês de janeiro a média foi 22,17°C (Tabela 2) e o desvio padrão foi 1,41°C (Tabela 3). Aplicando-se a função INV.NORM(probabilidade; média; desv_padrao) do aplicativo Microsoft Office Excel® (2007), ou seja, INV.NORM(0,90;22,17;1,41) obtém-se 24,0°C (Tabela 4). Isso significa que no mês de janeiro, em Aimorés, a probabilidade de ocorrência de T_{min} menor ou igual a 24,0°C é de 90% (Figura 1). Em outro exemplo, para a série de dados de T_{min} do município de Viçosa no mês de dezembro a média foi 18,35°C (Tabela 2) e o desvio padrão foi 0,89°C (Tabela 3). Aplicando-se a função INV.NORM(0,90;18,35;0,89) obtém-se 19,5°C (Tabela 4). Isso significa que no mês de dezembro, em Viçosa, a probabilidade de ocorrência de T_{min} menor ou igual a 19,5°C é de 90%.

Tabela 2 - Médias de temperatura mínima mensal em °C em municípios do Estado de Minas Gerais.

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Aimorés	22,1 7	22,37	22,2 6	20,6 7	17,9 0	16,3 1	15,77	16,77	18,50	20,34	21,35	21,91
Araçuaí	21,2 1	21,39	21,2 8	20,1 3	17,7 7	16,0 6	15,54	16,50	19,22	21,17	21,32	21,21
Araxá	18,4 0	18,50	18,3 0	17,0 8	14,8 1	13,8 1	13,44	14,67	16,25	17,59	17,76	18,12
Arinos	20,9 0	21,23	21,0 7	20,3 0	17,8 0	15,4 2	14,70	15,89	18,98	20,89	21,06	21,04
Bambuí	18,8 6	18,48	17,8 5	15,8 0	12,1 1	9,55	8,71	9,89	13,27	16,27	17,93	18,74
Barbacena	16,5 8	16,60	16,2 4	14,5 3	12,1 4	10,7 9	10,33	11,11	12,62	14,30	15,24	16,17
Belo Horizonte	19,4 0	19,58	19,2 9	18,0 4	15,7 8	14,4 3	14,10	15,14	16,79	18,14	18,52	18,96
Bom Despacho	19,1 3	18,72	18,3 9	16,3 4	12,8 6	10,6 9	9,91	10,93	13,84	16,51	18,00	18,97
Caparaó	17,5 7	17,38	17,1 2	15,1 8	12,1 4	10,2 9	9,80	10,68	13,33	15,33	16,73	17,37
Capinópolis	20,2 6	20,23	20,2 5	18,9 2	16,3 2	15,5 0	14,85	16,56	18,74	19,93	20,06	20,31
Caratinga	19,3 2	19,46	18,9 9	17,3 6	14,7 0	13,0 5	12,51	13,66	15,79	17,86	18,66	19,13
Carbonita	18,3 3	18,30	18,3 4	16,7 9	14,1 1	12,1 0	11,17	11,95	14,48	16,87	18,09	18,49

Conceição do Mato Dentro	18,5 5	18,42	18,1 5	16,5 7	13,6 6	11,5 4	10,43	10,90	13,59	16,47	18,08	18,54
Coronel Pacheco	19,5 4	19,55	19,0 1	16,9 9	13,7 8	11,5 7	10,95	11,96	14,19	16,64	18,24	19,16
Curvelo	19,4 7	19,46	18,9 6	17,3 9	14,6 4	12,5 8	12,02	13,36	16,00	18,58	19,11	19,45
Diamantina	16,7 1	16,67	16,6 1	15,4 2	13,5 2	12,0 8	11,38	12,05	13,64	15,23	16,06	16,56
Divinópolis	19,2 0	18,91	18,6 3	16,5 3	12,9 6	11,2 2	10,45	11,78	14,90	17,29	18,32	19,10
Espinosa	21,0 4	21,30	21,1 9	20,4 1	18,5 2	16,9 4	16,58	17,65	19,83	21,32	21,27	21,00
Florestal	17,9 8	17,64	16,9 4	14,6 9	11,1 2	8,72	8,07	9,40	12,53	15,77	17,09	17,84
Formoso	19,4 1	19,42	19,4 6	18,8 1	17,1 1	15,2 8	14,54	15,60	17,75	19,51	19,49	19,53
Frutal	21,3 1	21,31	20,8 7	19,1 5	16,1 3	15,0 2	14,70	16,30	18,67	20,22	20,55	21,15
Ibirité	17,9 9	17,92	17,3 6	14,9 4	11,9 4	9,98	9,60	11,16	14,22	16,49	17,18	17,80
Itamarandiba	17,5 6	17,65	17,6 0	16,2 8	13,9 7	12,0 1	11,43	11,88	13,85	16,09	17,16	17,64
Ituiutaba	21,2 3	20,95	20,7 9	19,2 8	15,6 5	14,6 1	14,31	15,59	18,52	20,26	20,79	21,13
Janaúba	20,4 6	20,35	20,5 5	19,9 7	18,2 6	16,8 4	16,31	16,72	18,40	20,02	20,59	20,61
João Pinheiro	18,8 2	19,09	18,8 5	18,3 2	16,3 9	14,9 3	14,49	15,57	17,49	18,77	18,80	18,58
Juiz de Fora	18,1 2	18,33	17,7 3	16,1 6	13,9 2	12,8 9	12,33	12,91	14,01	15,59	16,42	17,49
Juramento	18,7 2	18,73	18,7 4	17,3 8	15,0 5	13,2 3	12,16	13,46	16,04	18,35	19,15	19,09
Lambari	16,5 9	16,07	15,3 8	12,6 7	8,89	6,14	5,74	6,58	10,36	13,05	14,60	15,87
Lavras	18,0 7	18,10	17,5 9	15,8 2	13,0 3	11,5 7	11,00	12,02	14,09	16,13	16,95	17,72
Machado	18,2 3	18,14	17,5 0	15,1 0	11,7 2	9,89	9,32	10,50	13,43	15,74	16,84	17,81
Moçambinho	20,6 1	20,58	20,4 6	19,4 6	17,3 4	15,4 0	14,50	15,07	17,57	20,02	20,68	20,78
Monte Azul	21,0 0	21,37	21,3 3	20,7 4	19,3 5	17,9 9	17,70	18,21	19,91	21,24	21,24	21,03
Montes Claros	19,6 8	19,69	19,5 8	18,3 9	16,0 2	14,3 0	13,77	14,56	17,25	19,34	19,80	19,76
Paracatu	20,0 2	20,04	19,8 6	18,9 0	16,3 1	14,6 8	14,25	15,43	18,16	19,79	19,78	19,81
Patos de Minas	18,3 8	18,29	18,0 8	16,6 7	14,2 6	12,9 5	12,76	14,18	16,36	17,82	18,16	18,31
Pedra Azul	19,6 9	19,72	19,5 9	18,9 1	17,0 3	15,4 9	14,76	15,31	16,93	18,36	19,19	19,64
Pirapora	20,8 6	21,02	20,6 4	19,0 9	16,1 2	13,8 4	13,31	15,05	18,41	20,76	20,89	20,91
Poços de Caldas	16,7 2	16,56	15,8 2	13,0 4	9,26	7,52	7,01	8,25	11,66	13,99	15,10	16,23
Pompeu	19,5 8	19,37	19,0 7	17,2 5	14,2 6	12,5 0	12,07	13,67	16,09	18,33	19,06	19,57
Salinas	20,0 3	20,06	20,1 5	19,0 9	16,7 2	14,6 0	14,17	14,77	17,56	19,69	20,24	20,13
São Lourenço	17,5 6	17,34	16,6 3	13,9 3	10,2 3	8,29	7,43	8,70	11,96	14,86	16,09	17,18

São Sebastião do Paraíso	18,3 4	18,15	17,6 6	15,8 7	12,8 1	11,2 3	10,96	12,42	15,01	16,60	17,49	17,93
Sete Lagoas	18,5 5	18,43	18,1 0	16,4 4	13,6 0	11,9 8	11,62	12,82	15,35	17,33	18,02	18,41
Uberaba	19,4 4	19,21	19,0 2	17,2 3	14,1 2	13,0 2	12,48	14,18	16,67	18,27	18,69	19,32
Unaí	20,4 9	20,43	20,3 7	19,1 8	16,6 4	14,0 9	13,26	14,67	17,94	20,09	20,38	20,48
Viçosa	18,4 9	18,41	17,9 2	16,1 4	13,1 3	11,2 6	10,77	11,42	13,76	16,23	17,54	18,35

Fonte - Elaborada pelos autores, 2022.

Tabela 3 - Desvios-padrão de temperatura mínima mensal em °C em municípios do Estado de Minas Gerais.

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Aimorés	1,41	1,35	1,28	1,59	1,94	1,48	1,37	1,58	1,77	1,48	1,48	1,33
Araçuaí	0,76	0,90	1,07	1,11	1,43	1,53	1,37	1,47	1,27	0,78	0,87	0,71
Araxá	1,40	1,13	0,85	1,10	1,22	1,25	1,43	1,32	1,50	1,45	1,30	1,30
Arinos	1,11	0,57	0,59	0,70	0,84	1,08	1,07	1,07	1,02	0,83	0,80	0,79
Bambuí	0,98	0,99	1,07	1,18	1,28	1,37	1,33	1,36	1,49	1,18	1,02	0,91
Barbacena	0,75	0,61	0,76	0,93	1,14	1,30	1,12	0,98	1,05	0,87	0,96	0,83
Belo Horizonte	0,99	0,97	0,90	1,32	1,41	1,54	1,39	1,20	1,07	1,13	1,02	0,86
Bom Despacho	0,91	0,94	0,98	1,35	2,12	2,23	2,54	2,71	1,98	1,46	1,04	0,52
Caparaó	1,49	1,41	1,41	1,62	1,77	1,74	1,60	1,48	1,45	1,41	1,52	1,59
Capinópolis	1,16	1,06	1,10	1,63	1,20	1,25	1,52	1,01	1,18	1,27	1,20	1,05
Caratinga	0,65	0,64	0,80	0,83	1,26	1,08	1,12	1,10	0,85	0,78	0,88	0,70
Carbonita	0,93	0,64	0,92	0,77	1,13	1,33	1,26	1,39	1,41	0,98	0,88	0,64
Conceição do Mato Dentro	1,15	0,93	1,10	1,01	1,57	1,51	1,60	1,55	1,43	1,07	0,91	0,96
Coronel Pacheco	0,92	1,03	1,07	1,57	1,43	1,30	1,29	1,24	1,13	1,38	1,06	1,20
Curvelo	1,19	1,15	1,27	1,21	1,33	1,51	1,44	1,58	1,13	1,05	1,30	1,05
Diamantina	0,67	0,75	0,61	0,76	0,87	0,81	0,81	0,82	1,19	0,88	0,78	0,54
Divinópolis	0,61	0,60	0,53	0,70	1,00	1,11	1,01	1,22	1,15	0,91	0,88	0,52
Espinosa	0,91	0,94	1,13	1,19	1,29	1,49	1,40	1,25	0,92	0,94	0,93	0,97
Florestal	0,75	0,90	1,15	1,18	1,63	1,66	1,37	1,51	1,62	0,75	0,95	0,90
Formoso	0,61	0,60	0,59	0,70	0,85	0,89	0,82	0,77	0,94	0,73	0,74	0,56
Frutal	0,67	0,64	0,67	1,21	1,32	1,33	1,39	1,23	1,12	1,08	1,08	0,74
Ibirité	1,33	1,13	1,17	1,42	1,72	1,81	1,65	1,63	1,78	1,61	1,64	1,32
Itamarandiba	0,84	0,59	0,81	0,73	1,06	1,23	0,98	0,94	0,98	0,67	0,74	0,61
Ituiutaba	1,06	1,25	1,10	1,33	1,88	1,96	2,02	1,54	1,83	1,05	1,27	1,15
Janaúba	0,63	0,51	0,83	0,99	0,94	0,94	0,78	0,75	0,80	0,80	0,77	0,66
João Pinheiro	2,01	1,97	1,93	2,03	1,99	2,20	2,20	2,12	2,27	2,15	1,90	2,02
Juiz de Fora	0,95	0,88	0,78	0,97	1,28	1,25	1,14	1,05	0,98	1,12	1,06	0,96
Juramento	0,91	0,70	0,88	0,75	1,04	1,01	0,90	1,13	1,28	1,05	0,92	0,59
Lambari	1,31	1,61	1,58	1,40	1,57	1,19	1,47	1,42	1,93	1,22	1,23	1,30
Lavras	0,75	0,72	0,81	1,11	1,25	1,18	1,06	0,91	1,04	0,88	1,01	0,90
Machado	0,66	0,65	0,75	1,08	1,26	1,31	1,08	1,03	1,02	0,92	1,03	0,78
Moçambinho	0,72	0,77	0,79	0,70	1,04	0,70	0,79	1,08	1,13	0,79	0,64	0,53

Monte Azul	0,78	0,95	1,05	1,08	1,05	1,17	0,95	0,84	0,91	0,68	0,90	0,94
Montes Claros	0,92	0,71	1,03	1,09	1,28	1,26	1,28	1,40	1,40	1,14	1,08	0,89
Paracatu	1,14	1,29	1,16	1,35	1,43	1,58	1,77	1,82	1,57	1,55	1,42	1,47
Patos de Minas	0,53	0,46	0,54	0,66	0,91	0,91	0,90	0,82	0,78	0,67	0,71	0,52
Pedra Azul	0,99	1,11	1,65	0,89	1,08	1,17	1,13	1,35	1,22	1,10	1,08	1,05
Pirapora	0,67	0,57	0,78	1,03	1,48	1,58	1,42	1,50	1,46	1,08	0,92	0,74
Poços de Caldas	0,64	0,80	0,89	1,24	1,52	1,86	1,55	1,88	1,40	0,98	1,15	0,89
Pompeu	0,93	0,97	0,86	0,95	0,99	1,12	1,46	1,48	1,41	1,31	1,40	0,95
Salinas	0,98	0,83	1,05	1,09	1,28	1,83	1,53	1,77	1,43	1,10	0,93	0,83
São Lourenço	0,68	0,80	0,73	1,16	1,50	1,49	1,29	1,18	1,16	0,83	1,02	0,79
São Sebastião do Paraíso	0,60	0,63	0,56	0,96	1,23	1,19	1,26	1,12	1,13	0,80	1,10	0,65
Sete Lagoas	0,81	0,82	0,87	1,01	1,21	1,25	1,21	1,16	1,01	0,97	0,98	0,75
Uberaba	0,75	0,62	0,76	1,04	1,13	1,24	1,15	1,01	0,99	1,05	0,90	0,63
Unaí	1,10	0,92	0,86	1,04	1,10	1,46	1,53	1,46	1,64	1,38	1,12	1,14
Viçosa	0,85	0,71	1,02	1,19	1,59	1,61	1,33	1,44	1,26	0,81	0,97	0,89

Fonte - Elaborada pelos autores, 2022.

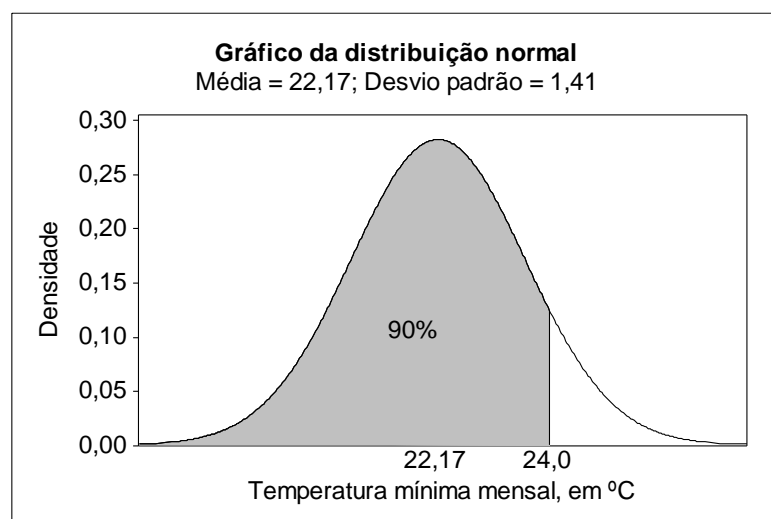
Tabela 4 - Valor de temperatura mínima mensal em °C, cuja probabilidade de ocorrência de temperatura mínima mensal menor ou igual a esse valor é de 90% em municípios do Estado de Minas Gerais.

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Aimorés	24,0	24,1	23,9	22,7	20,4	18,2	17,5	18,8	20,8	22,2	23,2	23,6
Araçuaí	22,2	22,5	22,6	21,6	19,6	18,0	17,3	18,4	20,8	22,2	22,4	22,1
Araxá	20,2	20,0	19,4	18,5	16,4	15,4	15,3	16,4	18,2	19,4	19,4	19,8
Arinos	22,3	22,0	21,8	21,2	18,9	16,8	16,1	17,3	20,3	22,0	22,1	22,0
Bambuí	20,1	19,8	19,2	17,3	13,7	11,3	10,4	11,6	15,2	17,8	19,2	19,9
Barbacena	17,5	17,4	17,2	15,7	13,6	12,4	11,8	12,4	14,0	15,4	16,5	17,2
Belo Horizonte	20,7	20,8	20,4	19,7	17,6	16,4	15,9	16,7	18,2	19,6	19,8	20,1
Bom Despacho	20,3	19,9	19,6	18,1	15,6	13,6	13,2	14,4	16,4	18,4	19,3	19,6
Caparaó	19,5	19,2	18,9	17,3	14,4	12,5	11,9	12,6	15,2	17,1	18,7	19,4
Capinópolis	21,7	21,6	21,7	21,0	17,9	17,1	16,8	17,9	20,3	21,6	21,6	21,7
Caratinga	20,2	20,3	20,0	18,4	16,3	14,4	14,0	15,1	16,9	18,9	19,8	20,0
Carbonita	19,5	19,1	19,5	17,8	15,6	13,8	12,8	13,7	16,3	18,1	19,2	19,3
Conceição do Mato Dentro	20,0	19,6	19,6	17,9	15,7	13,5	12,5	12,9	15,4	17,8	19,2	19,8
Coronel Pacheco	20,7	20,9	20,4	19,0	15,6	13,2	12,6	13,6	15,6	18,4	19,6	20,7
Curvelo	21,0	20,9	20,6	18,9	16,3	14,5	13,9	15,4	17,5	19,9	20,8	20,8
Diamantina	17,6	17,6	17,4	16,4	14,6	13,1	12,4	13,1	15,2	16,4	17,1	17,3
Divinópolis	20,0	19,7	19,3	17,4	14,2	12,6	11,7	13,3	16,4	18,5	19,4	19,8
Espinosa	22,2	22,5	22,6	21,9	20,2	18,9	18,4	19,2	21,0	22,5	22,5	22,2
Florestal	18,9	18,8	18,4	16,2	13,2	10,8	9,8	11,3	14,6	16,7	18,3	19,0
Formoso	20,2	20,2	20,2	19,7	18,2	16,4	15,6	16,6	19,0	20,4	20,4	20,2
Frutal	22,2	22,1	21,7	20,7	17,8	16,7	16,5	17,9	20,1	21,6	21,9	22,1
Ibirité	19,7	19,4	18,9	16,8	14,1	12,3	11,7	13,3	16,5	18,6	19,3	19,5
Itamarandiba	18,6	18,4	18,6	17,2	15,3	13,6	12,7	13,1	15,1	16,9	18,1	18,4

Ituiutaba	22,6	22,6	22,2	21,0	18,1	17,1	16,9	17,6	20,9	21,6	22,4	22,6
Janaúba	21,3	21,0	21,6	21,2	19,5	18,0	17,3	17,7	19,4	21,0	21,6	21,5
João Pinheiro	21,4	21,6	21,3	20,9	18,9	17,7	17,3	18,3	20,4	21,5	21,2	21,2
Juiz de Fora	19,3	19,5	18,7	17,4	15,6	14,5	13,8	14,3	15,3	17,0	17,8	18,7
Juramento	19,9	19,6	19,9	18,3	16,4	14,5	13,3	14,9	17,7	19,7	20,3	19,8
Lambari	18,3	18,1	17,4	14,5	10,9	7,7	7,6	8,4	12,8	14,6	16,2	17,5
Lavras	19,0	19,0	18,6	17,3	14,6	13,1	12,4	13,2	15,4	17,3	18,2	18,9
Machado	19,1	19,0	18,5	16,5	13,3	11,6	10,7	11,8	14,7	16,9	18,2	18,8
Moçambinho	21,5	21,6	21,5	20,4	18,7	16,3	15,5	16,5	19,0	21,0	21,5	21,4
Monte Azul	22,0	22,6	22,7	22,1	20,7	19,5	18,9	19,3	21,1	22,1	22,4	22,2
Montes Claros	20,9	20,6	20,9	19,8	17,7	15,9	15,4	16,3	19,0	20,8	21,2	20,9
Paracatu	21,5	21,7	21,4	20,6	18,1	16,7	16,5	17,8	20,2	21,8	21,6	21,7
Patos de Minas	19,1	18,9	18,8	17,5	15,4	14,1	13,9	15,2	17,4	18,7	19,1	19,0
Pedra Azul	21,0	21,1	21,7	20,1	18,4	17,0	16,2	17,0	18,5	19,8	20,6	21,0
Pirapora	21,7	21,7	21,6	20,4	18,0	15,9	15,1	17,0	20,3	22,1	22,1	21,8
Poços de Caldas	17,5	17,6	17,0	14,6	11,2	9,9	9,0	10,7	13,5	15,2	16,6	17,4
Pompeu	20,8	20,6	20,2	18,5	15,5	13,9	13,9	15,6	17,9	20,0	20,8	20,8
Salinas	21,3	21,1	21,5	20,5	18,4	16,9	16,1	17,0	19,4	21,1	21,4	21,2
São Lourenço	18,4	18,4	17,6	15,4	12,2	10,2	9,1	10,2	13,4	15,9	17,4	18,2
São Sebastião do Paraíso	19,1	19,0	18,4	17,1	14,4	12,8	12,6	13,9	16,5	17,6	18,9	18,8
Sete Lagoas	19,6	19,5	19,2	17,7	15,1	13,6	13,2	14,3	16,6	18,6	19,3	19,4
Uberaba	20,4	20,0	20,0	18,6	15,6	14,6	14,0	15,5	17,9	19,6	19,9	20,1
Unaí	21,9	21,6	21,5	20,5	18,1	16,0	15,2	16,5	20,0	21,9	21,8	21,9
Viçosa	19,6	19,3	19,2	17,7	15,2	13,3	12,5	13,3	15,4	17,3	18,8	19,5

Fonte - Elaborada pelos autores, 2022.

Figura 1 - A área hachurada representa que a probabilidade de a temperatura mínima mensal ser menor ou igual a 24,0°C no mês de janeiro em Aimorés, Minas Gerais, é de 90%.



Fonte - Elaborada pelos autores, 2022.

Para cada mês, com os valores de T_{min} para cada município (Tabela 4) e com as respectivas coordenadas geográficas (Tabela 1) foram elaborados 12 mapas, ou seja, um mapa para cada mês

(Figuras 2 a 13). Nesses mapas foram interpoladas isolinhas com diferença de 0,5°C entre si. Assim, por exemplo, uma isolinha de 20°C significa que há 90% de probabilidade de que a T_{min} seja menor ou igual a 20°C.

O método de interpolação espacial utilizado assume que os pontos mais próximos são mais semelhantes que os mais distantes. Nesse sentido, tendo em vista que as amostras estão distribuídas uniformemente sobre a área e que existe similaridade entre ambientes próximos em relação às condições ambientais, o uso de IDW promove resultados eficientes (JAKOB e YUNG, 2006), além de proporcionar maior facilidade de aplicação na geração de grande quantidade de mapas. Esse método tem sido utilizado em estudos importantes para interpolar padrões climáticos futuros (ADEYERI et al., 2019) e mudanças climáticas envolvendo a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica (UMAR et al., 2019; GEMEDÁ; KORECHA; GAREDEW, 2021).

Figura 2 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais, em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de janeiro em Minas Gerais.

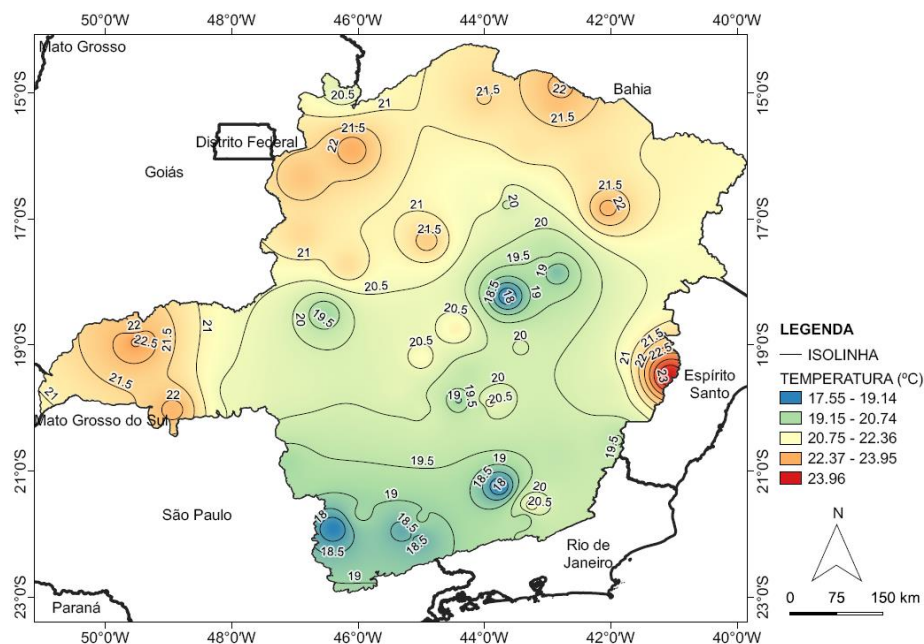


Figura 3 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de fevereiro em Minas Gerais.

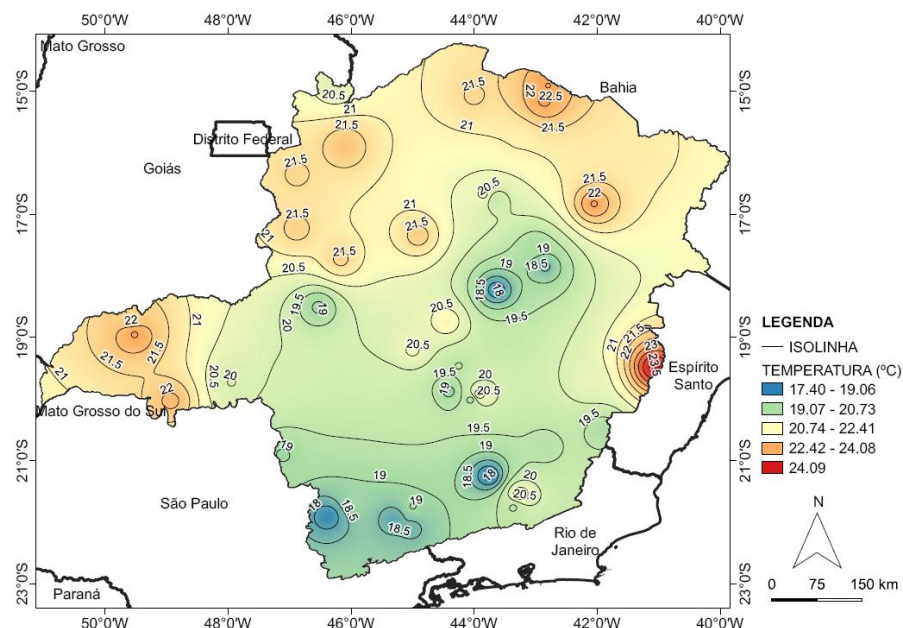


Figura 4 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas, para o mês de março em Minas Gerais.

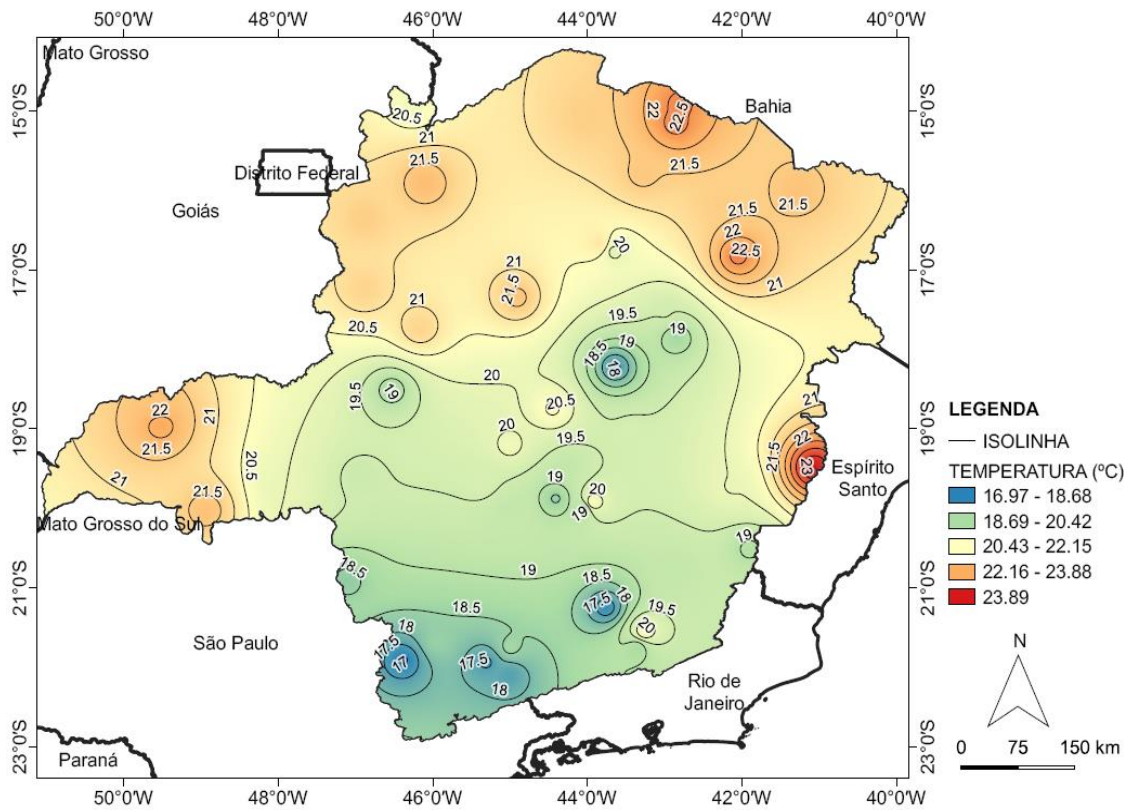


Figura 5 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de abril em Minas Gerais.

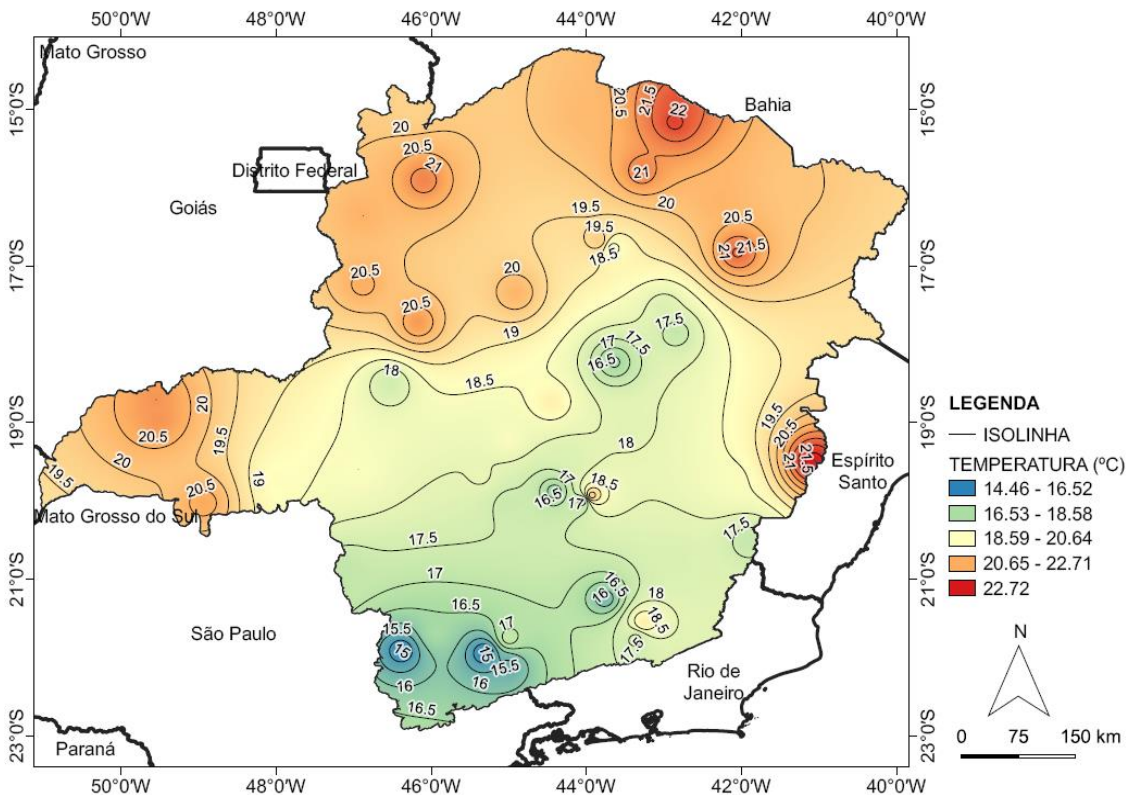


Figura 6 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de maio em Minas Gerais.

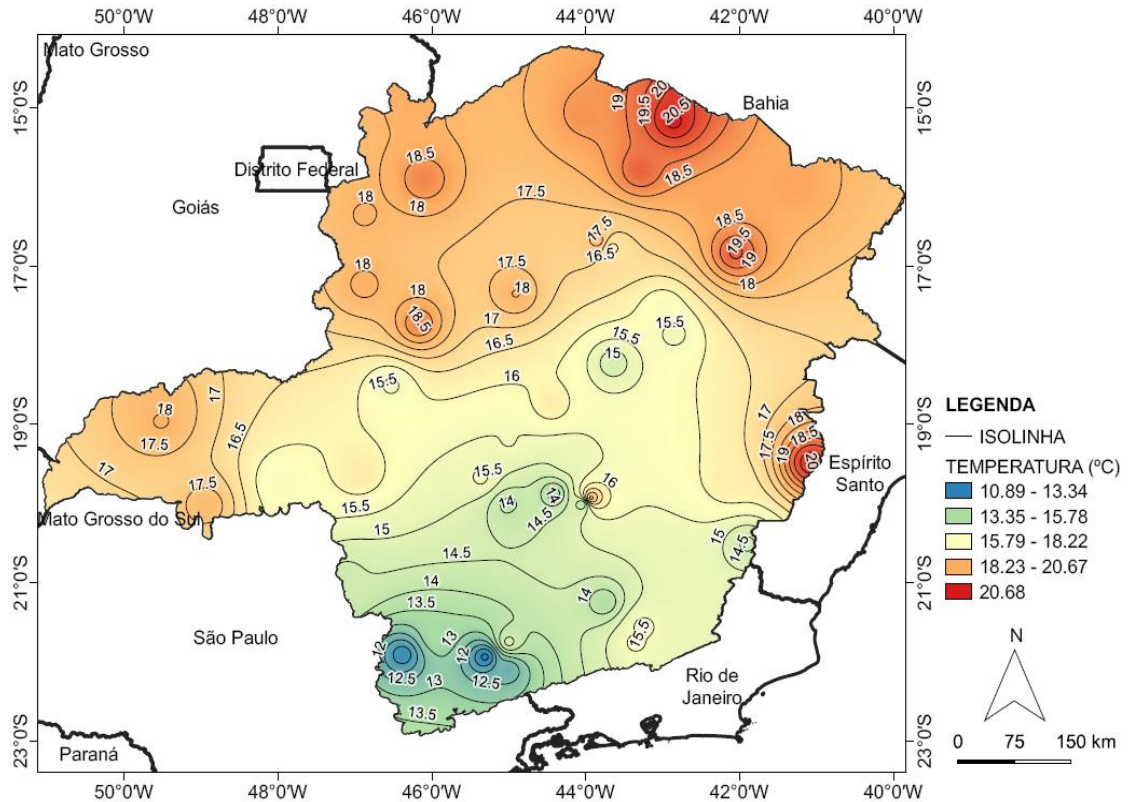


Figura 7 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de junho em Minas Gerais.

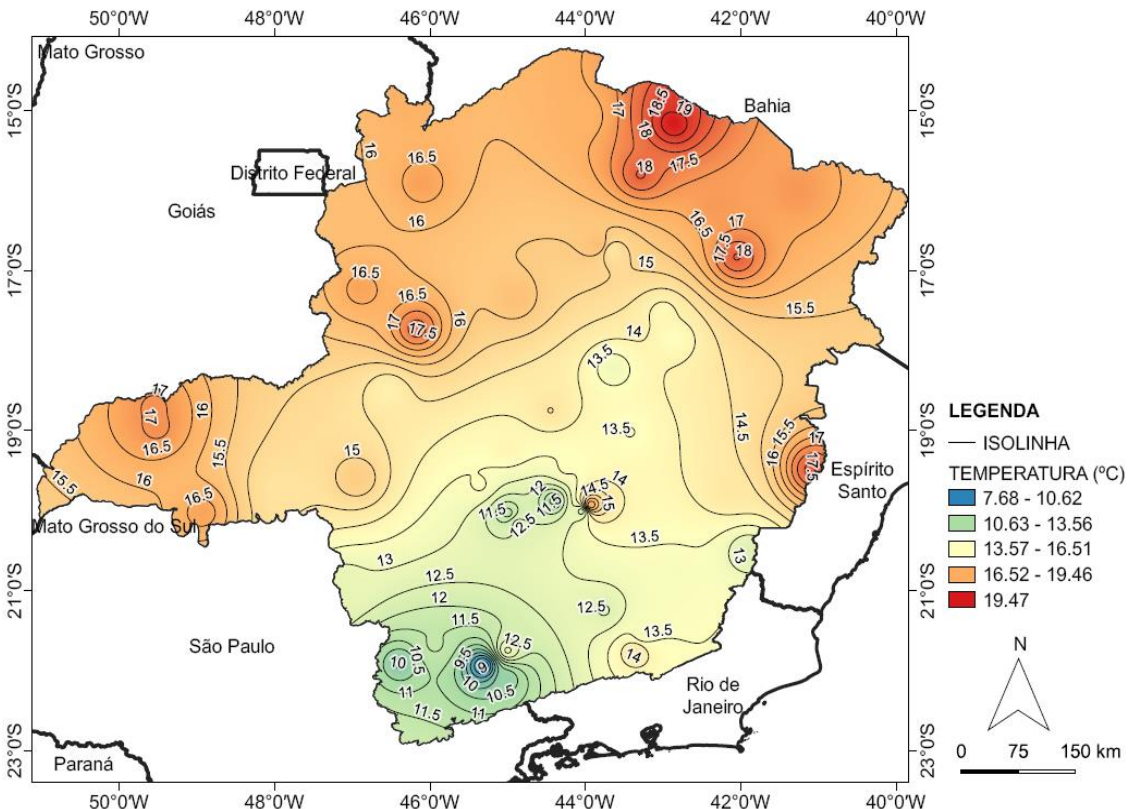


Figura 8 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de julho em Minas Gerais.

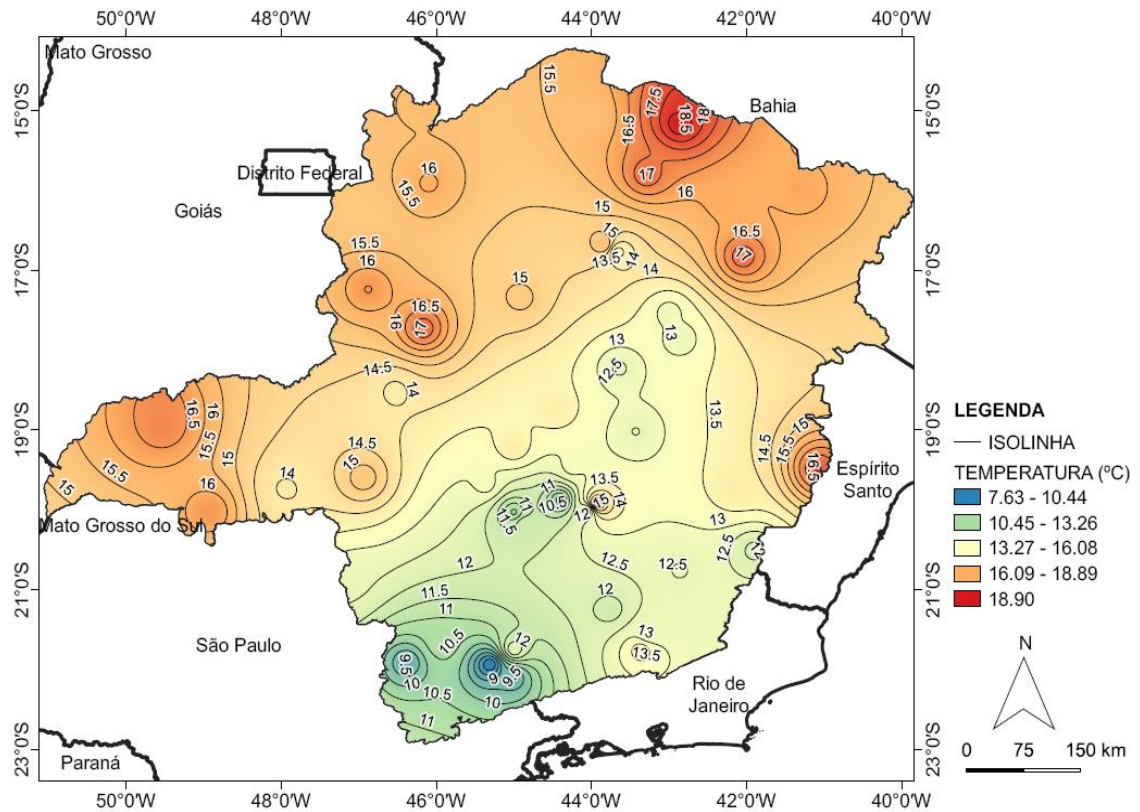


Figura 9 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de agosto em Minas Gerais.

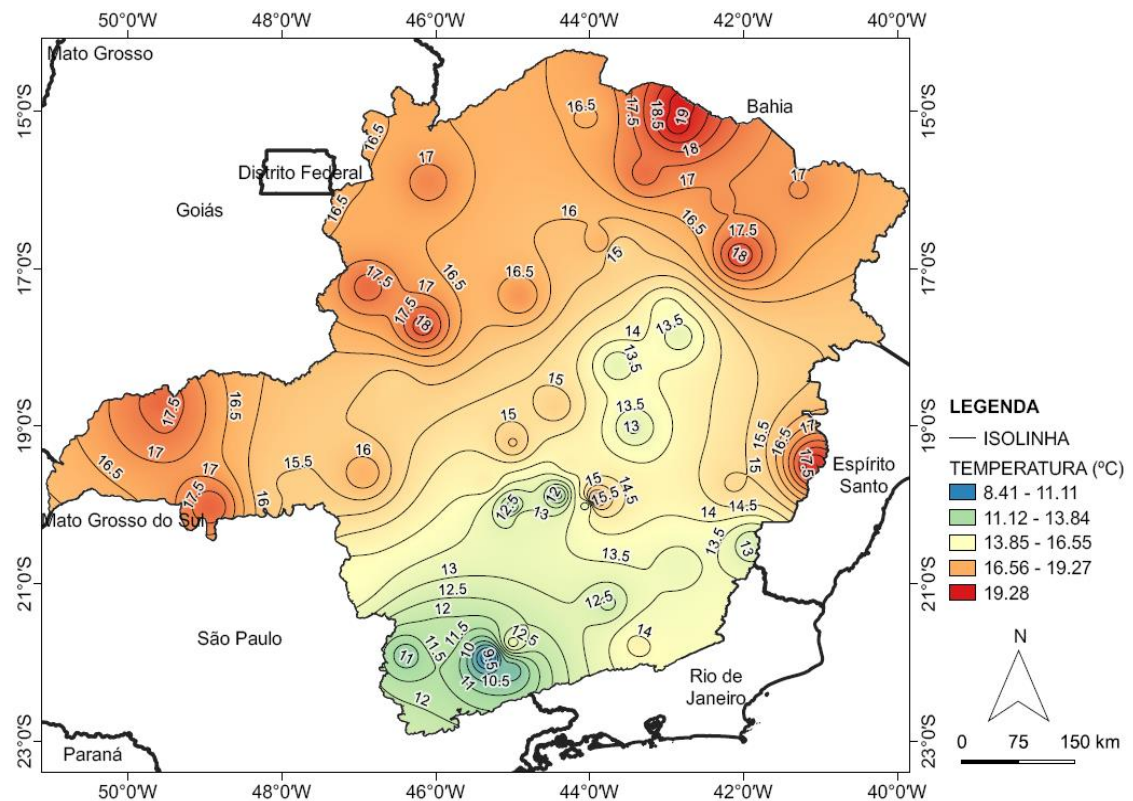


Figura 10 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de setembro em Minas Gerais.

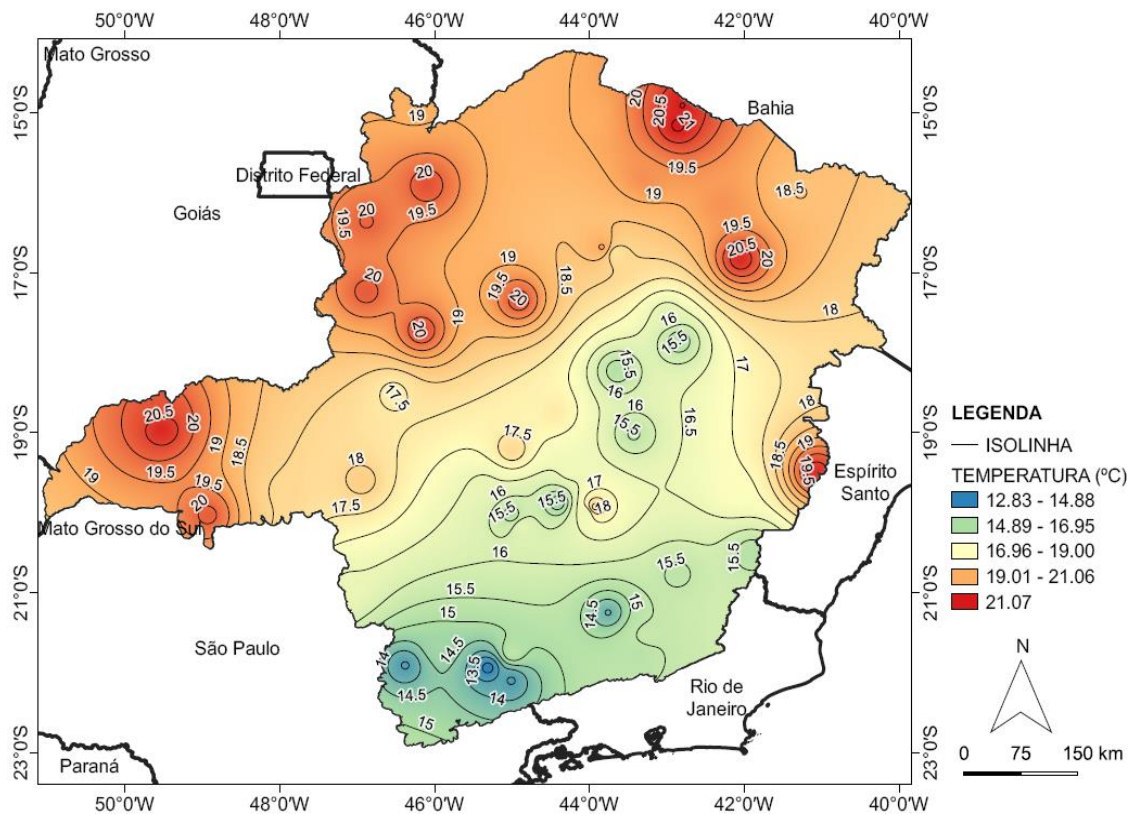


Figura 11 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em outubro em Minas Gerais. O mapa mostra isolinhas de temperatura e áreas coloridas correspondentes a diferentes faixas de temperatura. A legenda indica: ISOLINHA; TEMPERATURA (°C) com faixas: 14.63 - 16.59 (azul), 16.60 - 18.57 (verde), 18.58 - 20.54 (amarelo), 20.55 - 22.51 (laranja) e 22.52 (vermelho).

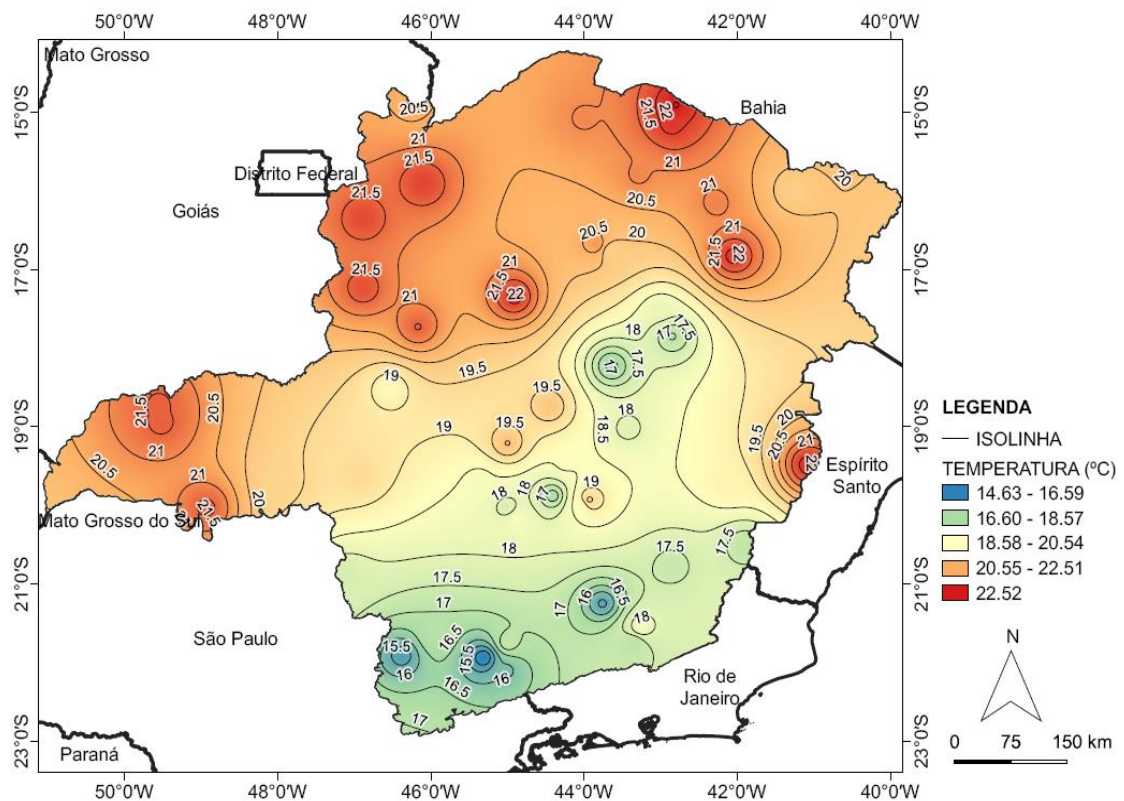


Figura 12 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de novembro em Minas Gerais.

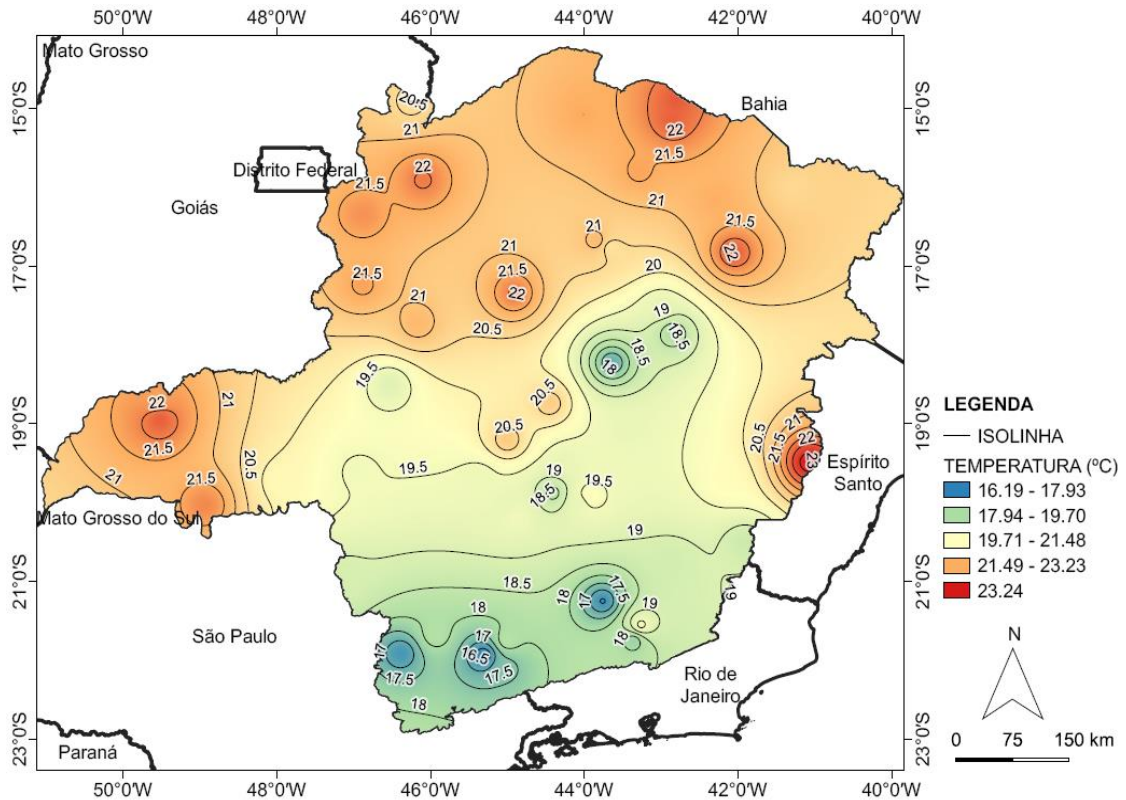
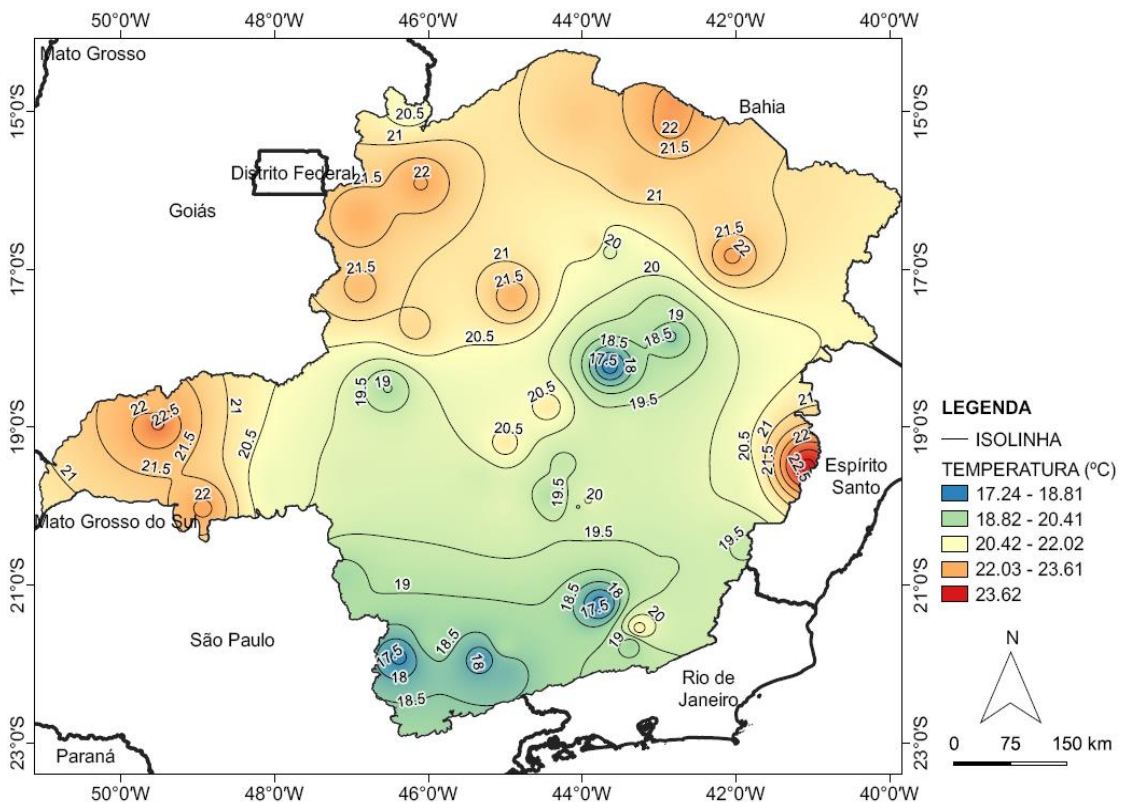


Figura 13 - Mapa de 90% de probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais em °C, iguais ou inferiores ao valor de temperatura das isolinhas para o mês de dezembro em Minas Gerais.



Os mapas contribuem substancialmente para o planejamento de atividades relacionadas às diversas culturas agrícolas do Estado de Minas Gerais, demonstrando a probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas mensais que podem prejudicar ou favorecer os cultivos.

Em estudo realizado em Minas Gerais (SOUZA e MARTINS, 2014) concluíram que a temperatura basal inferior (T_b) para o desenvolvimento vegetativo da oliveira, representado pela fase de muda, é $9,6^{\circ}\text{C}$ para cultivar Grappolo e $6,9^{\circ}\text{C}$ para cultivar Maria da Fé. Ao interpretar os mapas (Figuras 2 a 13) percebe-se que no Sul de Minas Gerais há maiores riscos de não atendimento da exigência térmica dessas cultivares, principalmente, nos meses centrais do ano (maio, junho, julho e agosto), ou seja, nesses meses há alta probabilidade (90%) de a T_{min} ser menor ou igual a esses valores crítico de T_b .

A temperatura base do café arábica cv. Mundo Novo, para o subperíodo florescimento-colheita, é $10,2^{\circ}\text{C}$ e $10,5^{\circ}\text{C}$, quando determinada com e sem correção pelo fator hídrico, respectivamente (PEZZOPANE et al., 2008). Com base nessas informações, pode-se inferir que a região Sul de Minas Gerais pode apresentar restrições, principalmente nos meses centrais do ano, devido à alta probabilidade (90%) de ocorrência de valores de T_{min} inferiores a esses valores de temperatura base. Por outro lado, teriam menores limitações quanto a T_{min} nas regiões Norte, Leste e Oeste.

Avaliando a taxa de crescimento e a temperatura base para o desenvolvimento de oito variedades de cana-de-açúcar, Amaral et al. (2019), concluíram que a temperatura ótima de crescimento variou de 17 a 21°C e a temperatura base inferior predominante nas variedades foi de 7°C . Novamente, percebe-se que a região do Sul de Minas Gerais apresentaria limitações para a produção de cana-de-açúcar, por ter probabilidade alta (90%) de ocorrência de T_{min} abaixo desses limites críticos (Figuras 2 a 13). Já, nas demais regiões do Estado de Minas Gerais as condições passam a ser mais favoráveis devido às maiores temperaturas.

Ao avaliar seis cultivares de macieira quanto à quantidade de frio e as temperaturas do ar para a indução da brotação, Putti, Petri e Mendez (2003), concluíram que a temperatura efetiva para acumular horas de frio varia com a cultivar, podendo chegar até 15°C para cultivares de menor exigência no frio. Assim, percebe-se que a região do Sul de Minas Gerais apresentaria condições mais favoráveis ao cultivo de macieira quando comparada com as regiões Norte, Leste e Oeste (Figuras 2 a 13).

As informações disponibilizadas nesse estudo servem como referência para o planejamento de outras culturas agrícolas que tenham interferência da T_{min} no seu crescimento e desenvolvimento. Possibilitam identificar regiões e meses do ano em que determinadas condições de T_{min} possam ser prejudiciais ou favoráveis aos cultivos agrícolas no Estado de Minas Gerais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de temperatura mínima mensal do ar (T_{min} , em $^{\circ}\text{C}$) se ajustam às distribuições normal, log-normal, gama e weibull. As estimativas dos parâmetros da distribuição normal (média e desvio padrão) podem ser utilizadas para determinar o valor de T_{min} , cuja probabilidade de ocorrência de T_{min} menor ou igual a esse valor é de 90% e, para posterior elaboração de mapas com a interpolação desses valores de T_{min} em isolinhas. As isolinhas são úteis para verificar a probabilidade de ocorrência de T_{min} prejudicial ou favorável para o desenvolvimento de determinada cultura agrícola, ao longo dos 12 meses do ano.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Processos 158513/2018-5; 131160/2019-2; e 304652/2017-2) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas aos autores.

REFERÊNCIAS

- ADEYERI, O. E.; LAWIN, A. E.; LAUX, P.; ISHOLA, K. A.; IGE, S. O. Analysis of climate extreme indices over the Komadugu-Yobe basin, Lake Chad region: Past and future occurrences. **Weather and Climate Extremes**, v.23, p.100194, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100194>
- AMARAL, M. A. C. M.; COELHO, R. D.; JOSÉ, J. V.; OLIVEIRA, Á. S. Temperatura base e taxa de crescimento de oito variedades de cana-de-açúcar. **Revista GEAMA**, v.5, n.1, p.21-29, 2019. Disponível em: <http://www.journals.ufpe.br/index.php/geama/article/view/2382/482483026>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- ARAÚJO, E. M.; SILVA, I. N.; OLIVEIRA, J. B.; CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; ALMEIDA, B. M. Aplicação de seis distribuições de probabilidade a séries de temperatura máxima em Iguatu – CE. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.1, p.36-45, 2010. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20100005>

- ASSIS, J. P.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; SPAROVEK, G.; TIMM, L. C. Ajuste de séries históricas de temperatura e radiação solar global diária às funções densidade de probabilidade normal e log-normal, em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.113-121, 2004. Disponível em: <http://sbagro.org/files/biblioteca/1400.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. São Paulo: Saraiva, 2017.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; TRINDADE, J. K. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à temperatura máxima do ar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.14, n.2, p.87-93, 2008. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/234>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- FERREIRA D. F. **Estatística básica**, 2ª ed., Lavras: UFLA, 2009.
- GEMEDA, D. O.; KORECHA, D.; GAREDEW, W. Evidences of climate change presences in the wettest parts of southwest Ethiopia. **Heliyon**, v.7, n.9, p.e08009, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08009>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária, Minas Gerais**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pesquisa/14/10193>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Banco de dados meteorológicos**. Brasília - DF, 2020. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 15., 2006. Caxambu - MG. **Anais...** Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2006, p.1-22. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/1530/1494>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Excel**. 2007. Disponível em: <https://office.microsoft.com/excel>
- PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6, p.1781-1786, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000600016>
- PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica* Borkh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.2, p.210-212, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200006>
- QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2020. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.17, n.2, p.206-226, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>
- SOUZA, P. M. B.; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, p.307-313, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200013>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, 6ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2017.
- UMAR, D. A.; RAMLI, M. F.; ARIS, A. Z.; JAMIL, N. R.; ADEREMI, A. A. Evidence of climate variability from rainfall and temperature fluctuations in semi-arid region of the tropics. **Atmospheric Research**, v.224, p.52-64, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100194>

Recebido em: 14/03/2022

Aceito para publicação em: 29/07/2022