



Mudanças na precipitação pluviométrica no norte do Rio Grande do Sul entre 1991 e 2020: município de Marcelino Ramos



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura e Pecuária***

DOCUMENTOS 385

Mudanças na precipitação pluviométrica no norte do Rio Grande do Sul entre 1991 e 2020: município de Marcelino Ramos

*Nicolly de Quadros Oliveira
Márcia Toffani Simão Soares
Mariana Borba Knoblauch
Marcos Silveira Wrege
Volnei Pauletti*

Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba
Caixa Postal 319
CEP 83411-000, Colombo, PR
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Elisabete Marques Oaida

Membros
Annete Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Elenice Fritzsos
Guilherme Schnell e Schuhli
Marilice Cordeiro Garrastazú
Sandra Bos Mikich
Susete do Rocio Chiarello Penteado
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial e revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Celso Alexandre de Oliveira Eduardo

Foto capa
Marcia Toffani Simão Soares

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Florestas

Mudanças na precipitação pluviométrica no norte do Rio Grande do Sul entre 1991
e 2020: município de Marcelino Ramos. / Nicolý de Quadros Oliveira ... [et al.]. -
Colombo : Embrapa Florestas, 2023.
PDF (24 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, e-ISSN 1980-3958 ; 385)

1. Chuva. 2. Estiagem. 3. Clima. 4. Mudança climática. 5. Mitigação. 6. Produção
agrícola. 7. Produção silvícola. 8. Marcelino Ramos, PR. I. Oliveira, Nicolý de Quadros.
II. Soares, Márcia Toffani Simão. III. Knoblauch, Mariana Borba. IV. Wrege, Marcos
Silveira. V. Pauletti, Volnei. VI. Santin, Delmar. VII. Mariotto, Pedro Henrique Malucelli.
VIII. Gomes, João Bosco Vasconcellos. IX. Série.

CDD (21. ed.) 630.25158162

Autores

Nicolý de Quadros Oliveira

Engenheira-agrônoma, autônoma, Curitiba, PR

Márcia Toffani Simão Soares

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Mariana Borba Knoblauch

Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Marcos Silveira Wrege

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Volnei Pauletti

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Delmar Santin

Engenheiro Florestal, doutor em Agronomia, autônomo, Canoinhas, SC

Pedro Henrique Malucelli Mariotto

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do Solo, doutorando em Ciência do Solo na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

João Bosco Vasconcellos Gomes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Agradecimentos

Ao Instituto Brasileiro de Erva Mate (Ibramate) e a Baldo S/A, pela parceria no projeto “Silvicultura Clonal, Nutrição e Qualidade de Erva-Mate” (código SEG 20.18.00.032.00.00).

Ao pesquisador Ivar Wendling (Embrapa Florestas) e aos produtores rurais da região norte do RS, pelos relatos que motivaram a realização do presente estudo.

Apresentação

Em razão das incertezas relacionadas à mudança global do clima, a pesquisa nacional tem unido esforços para a detecção de riscos climáticos e elaboração de estratégias para evitar ou mitigar seus impactos nocivos nas esferas econômica, social e ambiental. Nesse estudo de caso, a alteração do regime de chuvas na região do município de Marcelino Ramos, no norte do Rio Grande do Sul, entre 1991 e 2020, foi analisada mediante a aplicação da análise estatística descritiva e do teste de tendência (Mann-Kendall). Os procedimentos utilizados permitiram a detecção de grande variabilidade interanual nos volumes de chuvas, a tendência, nos últimos dez anos da série histórica, à diminuição do volume de chuvas nos trimestres correspondentes à primavera (setembro a novembro, $p \leq 0,01$) e verão (dezembro a fevereiro, $p \leq 0,05$), bem como o aumento no outono e no inverno, em relação aos 20 anos anteriores. Os biênios 2019-2020 e 2020-2021 corresponderam aos últimos períodos de estiagem identificados, com número expressivo de meses apresentando valores acumulados de chuva abaixo da normal climatológica. As informações climáticas levantadas indicam a necessidade de ações voltadas à mitigação de danos decorrentes da irregularidade das chuvas na produção agrícola e silvícola, em episódios extremos, e do aprimoramento das ferramentas de avaliação e predição de fenômenos climáticos, para a prevenção de riscos aos sistemas produtivos no Sul do Brasil. O presente documento, alinhado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, foi viabilizado graças à parceria entre a Embrapa, universidade e representantes do setor rural (Objetivo 17). É fruto das ações que buscam assegurar a proteção e resiliência de sistemas de produção agrícola e florestal a eventos adversos (Objetivos 12 e 15), em um contexto de instabilidade climática reportada em diversas regiões do País (Objetivo 13).

Marcílio José Thomazini

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Florestas

Sumário

Introdução.....	11
Material e métodos	11
Local de estudo	11
Obtenção e análise de dados	15
Resultados e discussão.....	16
Conclusões.....	22
Referências	22

Introdução

O volume e intensidade de chuvas exercem influência em uma série de outras variáveis climáticas do sistema produtivo, condicionando processos físicos, químicos e biológicos fundamentais ao manejo, e alterações morfofisiológicas determinantes da produção, como o transporte e assimilação de nutrientes e o ritmo de crescimento da planta. No estado do Rio Grande do Sul, os períodos prolongados de estiagem, na última década, vêm gerando prejuízos às culturas de ciclo curto como soja (2017-2018, Gonçalves; Sibaldelli, 2018) milho e feijão (2019-2020, Fernandes et al., 2021) e também às culturas de ciclo longo, como relatado recentemente para a cultura da erva-mate em fases de brotação e produção (2019-2021, Informativo Roda de Mate, 2022). As estiagens são especialmente impactantes quando a pouca ou má distribuição de chuvas ocorre em cultivos estabelecidos sobre solos rasos ou arenosos, em razão da sua limitada capacidade de armazenamento de água, principalmente na fase de implantação das culturas, quando o sistema radicular das plantas ainda é pouco desenvolvido e explora um volume menor de solo. Superar os problemas relacionados às variações climáticas demanda, desta forma, ajustes nas estratégias de manejo da cultura, para o aumento da capacidade de resiliência e sustentabilidade dos sistemas de produção.

Estudos voltados à caracterização e análise de padrões e tendências climáticas vêm sendo intensificados nos últimos anos, como ferramentas que dão suporte aos processos de tomada de decisão (Nachtigall; Hawerth, 2018), de planejamento e de condução das atividades agrícolas (Arsego et al., 2020) e silviculturais (Carvalho, 2020). A análise de padrões e tendências temporais pode variar em escala de tempo e de espaço, sendo as escalas regional e local apontadas como as mais importantes para o isolamento de fenômenos não detectados por modelos globais (Blain et al., 2009). A fim de melhor compreender os eventos climáticos extremos recentemente ocorridos e que afetaram a produção agrícola e florestal no norte do Rio Grande do Sul, este estudo de caso teve por objetivo analisar as variações e a tendência da precipitação pluviométrica no município de Marcelino Ramos entre os anos de 1991 e 2021, período em que são relatadas significativas alterações no clima e em ecossistemas de todo o planeta pelo 6º relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Pörtner et al., 2022).

Material e métodos

Local de estudo

A região de abrangência do trabalho compreende o município de Marcelino Ramos, situado na parte norte do estado do Rio Grande do Sul e que tem como coordenadas geográficas oficiais 27°27'43" S e 51° 54' 21" W (IBGE, 2007). A região apresenta clima temperado do tipo subtropical úmido. Por esta classificação, não há estação seca definida, ou seja, espera-se a não ocorrência de meses com precipitação pluvial inferior a 60 mm, de acordo com o critério definido pela classificação climática de Köppen, para diferenciação de estação seca (Cardoso et al., 2020). O município compõe a Região Geográfica Imediata de Erechim (IBGE) e o Conselho Regional de Desenvolvimento Norte (Corede Norte), delimitados ao norte pelo principal curso de água da Bacia Internacional do Rio Uruguai (Rio Uruguai, Figura 1). A paisagem rural é constituída por mosaicos ocupados predominantemente por culturas temporárias, permanentes (Figuras 2A a 2D) e pastagens, entre fragmentos heterogêneos da vegetação nativa, muitas vezes associados às redes de drenagem (Rovani et al., 2020, Figuras 2A e 2B). O reflorestamento, de menor expressão na região, é associado ao cultivo do eucalipto para produção de lenha (Sponchiado, 2017). Os cultivos

temporários de maior representação econômica são a soja, o milho e o trigo, com destaque para os municípios Sertão, Campinas do Sul, Getúlio Vargas, Jacutinga e Quatro Irmãos (soja). Das culturas permanentes, pode-se destacar a erva-mate, a laranja e a uva (Sponchiado, 2017), com expressiva representação dos municípios de Erechim, Barão de Cotegipe e Marcelino Ramos para a erva-mate, o município de Barão de Cotegipe para a uva, e os municípios de Marcelino Ramos e Itatiba do Sul para a laranja (Rio Grande do Sul, 2015).

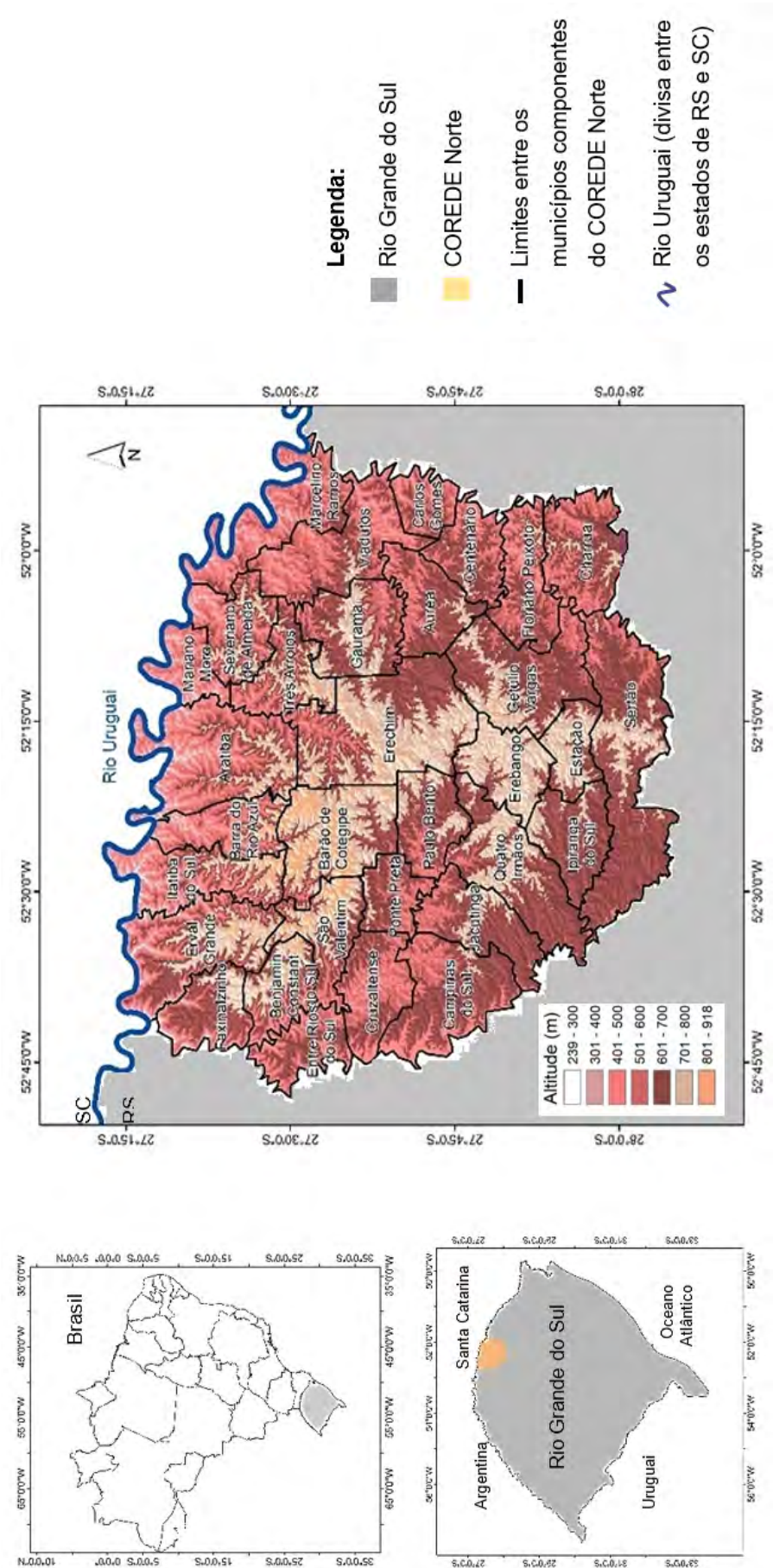


Figura 1. Limite geopolítico do Conselho Regional de Desenvolvimento Norte (Corede Norte) no Rio Grande do Sul. Imagens elaboradas com base em Rio Grande do Sul, 2022b.

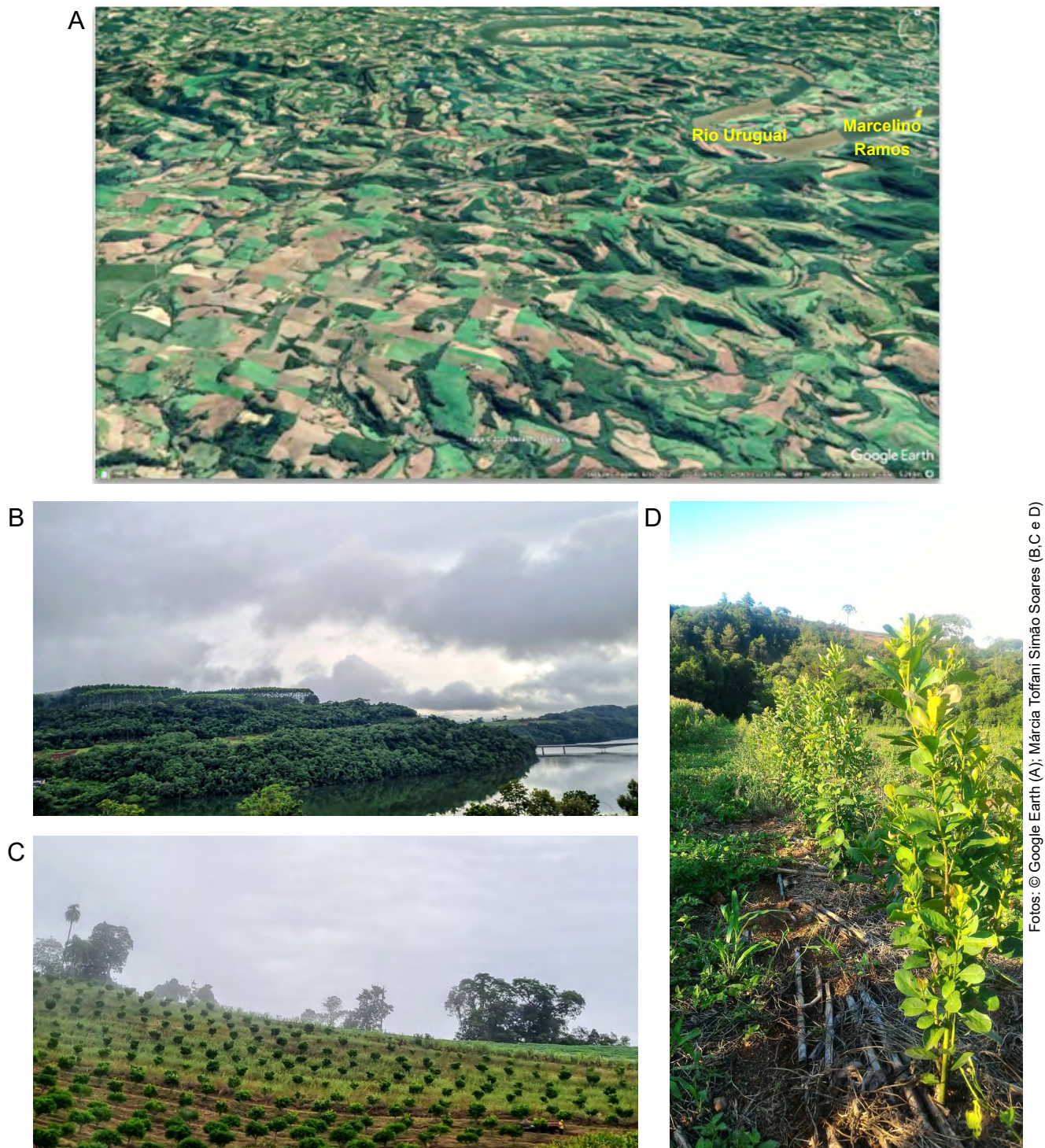


Figura 2. Zona rural na divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sendo: (A): imagem aérea obtida na proximidade do Rio Uruguai, em trecho que delimita o Conselho Regional de Desenvolvimento Norte (Corede Norte), contendo a localização da cidade de Marcelino Ramos, RS; (B): ponte Transbrasiliana sobre o Rio Uruguai (BR 153); (C) e (D): cultivos de laranja, erva-mate e milho em propriedades da região, próximos à vegetação nativa remanescente.

Fotos: © Google Earth (A); Márcia Toffani Simão Soares (B, C e D)

Obtenção e análise de dados

Os dados diários contendo os volumes acumulados de precipitação pluviométrica a cada 24 h, correspondentes aos meses entre janeiro de 1991 e julho de 2021, foram obtidos da estação meteorológica com código 2751018, presente na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia Inmet (INMET, 2022). As falhas, quando presentes, foram identificadas em planilha Excel e complementadas com o uso de dados das estações meteorológicas mais próximas (códigos: 2751005 e 2751030) ou, quando pequenas (1 a 5 dias), foram calculadas as médias considerando 2 dias anteriores e 2 dias posteriores àqueles para os quais faltaram dados, quando verificado que as medidas das estações mais próximas não representavam com fidelidade o dado ausente. Foram realizados:

- cálculo do volume acumulado de chuvas mensal, trimestral (SON: setembro a novembro; DJF: dezembro a fevereiro; MAM: março a maio; JJA: junho a agosto) e anual;
- análise descritiva dos dados obtidos nos últimos 30 anos (1991-2020), considerando os volumes mensal e anual de chuvas (média dos valores acumulados no período, mediana, desvio padrão, valores mínimo e máximo, limites inferior e superior do intervalo de confiança de 95% para média, mediana, coeficiente de curtose, coeficiente de variância e o coeficiente de assimetria). As médias deste período de 30 anos correspondem à normal climatológica, conforme as normas da Organização Meteorológica Mundial, e foram utilizadas para a indicação dos períodos com desvios da média histórica, em tabelas e gráficos;
- cálculo do número de ocorrências de chuvas, acumuladas no mês, abaixo da média histórica (frequências absoluta e relativa) entre janeiro de 1991 e julho de 2021;
- cálculo do número de ocorrências de chuvas mensais acumuladas com volume menor ou igual a 60 mm, em cada mês de janeiro 1991 a julho de 2021, para a definição de períodos de estiagem (escassez hídrica);
- cálculo das médias móveis em intervalos de 10 anos, para os trimestres do ano.

A média móvel da precipitação pluviométrica decenal foi calculada com a seguinte função:

$$\text{Média Móvel } ppt \text{ Anual} = \frac{pptA1 + pptA2 + \dots + pptAn}{n}$$

em que: $pptAx$ representa o volume de chuvas acumulado em um determinado ano e n o número total de anos (no caso 10). A média móvel foi utilizada para identificação de possíveis tendências temporais, a partir da suavização de variações bruscas dos dados (Cristino et al., 2022). O teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) foi aplicado nas médias móveis para detecção estatística de tendências, na série de 30 anos. O método é não paramétrico, pois não leva em conta a forma da distribuição dos dados. As hipóteses adotadas para o Teste Mann-Kendall são H_0 (hipótese nula): não há tendência nos dados; H_A (hipótese alternativa): há tendência nos dados, que pode ser de aumento ou de diminuição, conforme o resultado da estatística S (valores positivos ou negativos, respectivamente). Se o valor p do teste for inferior a algum nível de significância (no caso, 0,01, 0,05 e 0,1 como valor limítrofe), verifica-se evidência estatisticamente significativa para se rejeitar a hipótese nula H_0 , aceitando-se que os dados apresentam alguma tendência. A análise foi realizada com o uso do aplicativo R, pacote “trend”.

Resultados e discussão

As médias mensais dos valores acumulados de precipitação pluviométrica mensal e anual entre janeiro de 1991 e julho de 2021 são apresentadas na Tabela 1 e Figura 3, e a análise descritiva dos dados mensais e anuais na Tabela 2. Pela análise descritiva, verificam-se altos coeficientes de variação dos dados mensais de chuva, acima de 44% em todos os meses do ano, sendo os meses de março, abril, maio e agosto com CV acima de 60%. Os dados indicam baixa representatividade das médias e uma grande variabilidade interanual nos volumes de precipitação pluvial, conforme observado por Wrege et al. (2011), para o Sul do Brasil. As médias mensais de janeiro a agosto e de outubro a dezembro foram maiores que a mediana, indicando uma distribuição assimétrica positiva dos dados nestes meses, com mais da metade do conjunto de dados entre 1991 e 2020 apresentando registros inferiores à média (Figura 4).

Tabela 1. Médias mensais dos valores acumulados de precipitação pluviométrica, entre 1991 e 2021, para o município de Marcelino Ramos, Rio Grande do Sul¹.

Ano	Meses												Anual ¹
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
1991	152,9	83,4	17,4	194,4	31,7	205,1	60,6	90,9	76,6	203,1	66,1	268,2	1.450,4
1992	49,3	180,8	120,2	24,9	382,6	132,3	216,8	130,9	169,6	109,0	194,0	100,7	1.811,1
1993	199,6	68,9	87,6	75,7	137,1	83,0	218,5	12,7	188,1	195,6	110,1	184,0	1.560,9
1994	81,9	319,6	76,1	212,0	92,4	113,3	261,3	30,2	124,1	345,5	215,0	91,0	1.962,4
1995	165,6	110,0	101,6	97,0	17,6	181,5	74,2	106,9	162,7	202,5	47,9	70,9	1.338,4
1996	296,3	284,7	148,8	56,4	46,5	145,9	97,6	185,4	244,8	165,1	204,2	158,7	2.034,4
1997	96,1	211,0	51,6	53,2	111,7	191,3	160,3	207,4	122,1	597,7	299,1	193,3	2.294,8
1998	283,3	496,0	188,2	360,6	149,5	78,4	114,6	232,2	255,3	169,4	35,0	107,6	2.470,1
1999	226,0	118,3	31,0	222,8	72,5	89,4	247,5	22,0	75,0	201,6	38,7	171,9	1.516,7
2000	74,8	106,0	102,5	132,7	92,1	131,6	146,4	89,1	299,7	217,4	106,1	169,6	1.668,0
2001	168,6	162,5	71,7	209,4	185,4	169,8	142,1	33,4	169,6	243,0	116,5	76,4	1.748,4
2002	108,0	76,9	99,8	68,5	202,7	132,4	108,1	172,1	166,3	289,3	195,7	186,1	1.805,9
2003	220,6	139,7	104,5	148,8	98,5	122,0	78,8	41,3	50,1	177,1	110,1	342,1	1.633,6
2004	107,2	119,9	23,4	138,6	115,7	60,9	148,3	44,1	197,6	209,3	128,3	15,9	1.309,2
2005	176,1	11,1	76,7	243,0	213,1	235,2	123,5	144,9	189,1	282,4	66,1	74,2	1.835,4
2006	166,9	118,0	132,3	39,0	213,1	235,2	123,5	144,9	128,5	87,8	237,8	111,5	1.738,5
2007	155,3	171,9	132,5	258,4	281,4	42,8	245,9	79,1	128,5	188,6	237,8	90,4	2.012,6
2008	76,6	86,5	165,9	216,6	61,7	235,8	2,4	97,4	167,8	369,9	120,0	56,2	1.656,8
2009	138,8	93,8	77,3	33,9	168,3	62,4	193,4	233,9	167,8	135,9	285,6	56,2	1.647,3
2010	138,4	150,4	152,7	323,7	208,4	54,0	159,1	61,0	117,0	145,5	83,4	308,1	1.901,7
2011	96,8	173,4	266,0	151,1	175,1	193,4	268,6	222,8	122,9	231,0	84,3	54,9	2.040,3
2012	129,2	137,4	70,3	120,5	28,5	176,0	170,0	15,0	95,7	217,0	26,4	154,4	1.340,4
2013	112,0	100,0	167,7	120,5	95,6	215,5	51,3	231,7	205,2	152,2	134,1	106,1	1.691,9
2014	166,3	78,7	333,1	156,7	254,3	425,2	63,2	89,8	280,0	115,7	158,4	198,6	2.320,0
2015	364,9	179,9	65,2	64,6	99,9	124,7	353,0	61,7	274,1	249,9	251,8	266,9	2.356,6
2016	122,8	213,1	224,1	132,0	184,4	31,3	120,4	187,8	73,2	269,9	101,3	215,0	1.875,3
2017	109,6	214,7	81,9	159,4	466,5	206,7	0,0	136,0	32,1	232,9	131,1	100,9	1.871,8
2018	177,8	85,9	174,2	40,8	74,6	100,9	50,7	83,0	211,1	265,0	166,7	107,3	1.538,0
2019	201,4	212,3	233,9	105,5	350,5	28,8	107,6	36,4	56,0	174,5	188,5	70,9	1.766,3
2020	148,6	136,3	30,0	80,6	134,6	218,2	195,3	143,5	55,0	7,8	78,7	169,7	1.398,3
2021	262,0	52,2	54,6	0,0	146,2	218,2	46,5						

¹ Valores em vermelho: anos com precipitação pluviométrica anual acumulada abaixo da normal climatológica; valores com realce cinza: indicação dos meses com precipitação pluviométrica mensal abaixo de 60 mm.

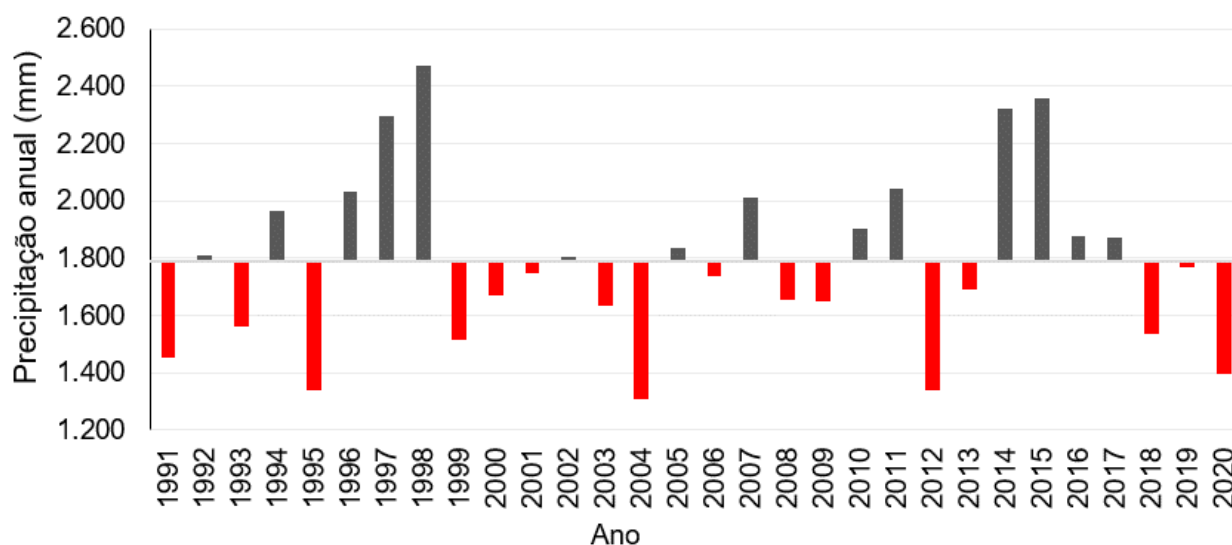


Figura 3. Volume acumulado anual da precipitação pluviométrica entre 1991 e 2020, para o município de Marcelino Ramos, RS. Barras vermelhas correspondem aos anos com ocorrência de chuvas abaixo da normal climatológica (1.786,5 mm).

Tabela 2. Estatística descritiva dos valores mensais acumulados de precipitação pluviométrica (mm), entre 1991 e 2020, para a estação meteorológica situada no município de Marcelino Ramos¹.

Mês	Nº obs.	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Qi	Qs	Std. Dev.	CV%	Assimetria	Curtose
Jan.	30	157,1	150,8	49,3	364,9	108,0	177,8	70,0	44,6	1,2	1,7
Fev.	30	154,7	136,9	11,1	496,0	93,8	180,8	92,1	59,6	1,9	5,7
Mar.	30	120,3	102,1	17,4	333,1	71,7	165,9	74,9	62,2	1,0	1,0
Abr.	30	141,4	132,4	24,9	360,6	68,5	209,4	86,1	60,9	0,8	0,2
Mai	30	158,2	135,9	17,6	466,5	92,1	208,4	107,1	67,7	1,2	1,4
Jun.	30	147,4	132,4	28,8	425,2	83,0	205,1	83,6	56,7	1,1	2,7
Jul.	30	143,4	132,8	0,0	353,0	78,8	195,3	82,8	57,7	0,4	0,1
Ago.	30	112,3	94,2	12,7	233,9	44,1	172,1	71,5	63,7	0,3	-1,1
Set.	30	153,5	164,5	32,1	299,7	95,7	197,6	72,9	47,5	0,3	-0,7
Out.	30	215,1	202,8	7,8	597,7	165,1	249,9	103,4	48,1	1,6	5,9
Nov.	30	140,6	124,2	26,4	299,1	83,4	195,7	75,8	53,9	0,4	-0,7
Dez.	30	142,6	109,6	15,9	342,1	76,4	186,1	80,4	56,4	0,8	0,1
Anual	30	1.786,5	1.757,4	1.309,2	2.470,1	1.560,9	1.962,4	307,3	17,2	0,5	-0,2

¹ Nº Obs.: número de observações; Qi e Qs: quartis inferior e superior, respectivamente; Std.Dev.: desvio padrão da média; CV%: coeficiente de variação.

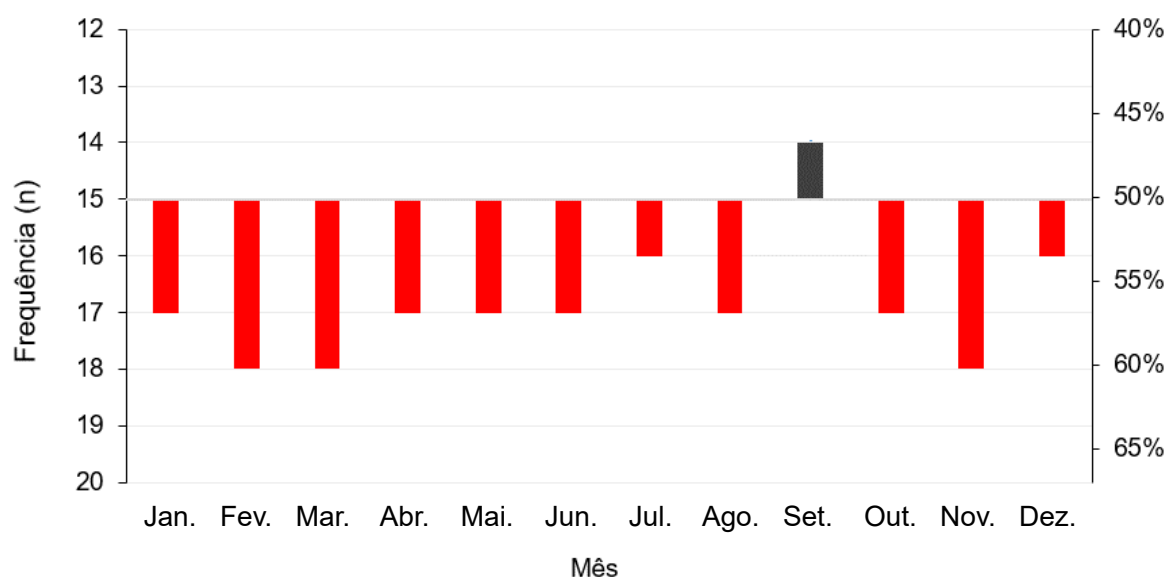


Figura 4. Ocorrência da precipitação pluviométrica mensal abaixo da média histórica entre 1991 e 2020: frequência absoluta e relativa. Barras vermelhas correspondem aos meses com mais de 50% dos registros ($n > 15$) abaixo da normal climatológica.

Considerando o período entre janeiro de 1990 e julho de 2021, observa-se que as maiores frequências de chuva acumulada igual ou inferior a 60 mm foram observadas nos meses de agosto (8), março (6) e abril (7) (Figura 5A e Tabela 1). As maiores frequências de meses com volume de águas precipitado menor que 60 mm ocorreram nos anos de 1999 (3), 2004 (3), 2012 (3), 2019 (3), 2020 (3) e 2021 (4) (Figura 5B). Alguns destes anos, analogamente, compõem o conjunto que delimita os 25% dos menores volumes anuais precipitados (quartil inferior: 1991, 1993, 1995, 1999, 2004, 2012, 2019, Tabelas 1 e 2). Episódios mais intensos de estiagem nos anos de 2004, 2005 e 2009 foram reportados por Braz et al. (2017), no Rio Grande do Sul, sendo registrada pelos autores uma maior frequência de ocorrência de estiagem na metade norte, em relação às demais regiões desse estado. Os efeitos das estiagens nas safras de grãos em 2004/2005 e 2011/2012 foram também analisados por Cardoso et al. (2020).

Na série histórica avaliada, os últimos eventos de precipitação pluviométrica mensal abaixo da média (Figura 6) coincidem com as estiagens registradas nos anos de 2019, 2020 e 2021 no estado (Fernandes et al., 2021, Rio Grande do Sul, 2022a). Fernandes et al. (2021), ao avaliarem os principais eventos de secas e seus impactos entre 1998 e 2020 (maio) na região Sul do Brasil, com uso de índices de seca, verificaram que os eventos de secas mais severos e intensos ocorreram entre os anos de 2012 e 2013 nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e em 2006 no Paraná. Ao compararem os eventos de 2012/2013 e 2019/2020 no Rio Grande do Sul, todavia, observaram que o evento mais recente de 2019/2020, embora com menor duração, apresentou os maiores percentuais de áreas agroprodutivas afetadas se comparado ao evento de 2012/2013. Dados da Defesa Civil do Rio Grande do Sul expressam a criticidade deste período, quando 392 dos 497 municípios do estado foram decretados em situação de emergência por estiagem, incluindo Marcelino Ramos e os municípios vizinhos Severiano de Almeida e Viadutos e Carlos Gomes (Rio Grande do Sul, 2022a). Verificam-se exemplos de registros dos prejuízos à agropecuária por estiagens, neste período, a análise realizada por Cardoso et al. (2020) para a safra de soja no biênio 2019-2020, e os relatos apresentados em Informativo Roda de Mate (2022) e Rosa et al. (2022) para a cultura da erva-mate no biênio 2020-2021, em plantios estabelecidos nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná (nov. e dez. de 2021), respectivamente.

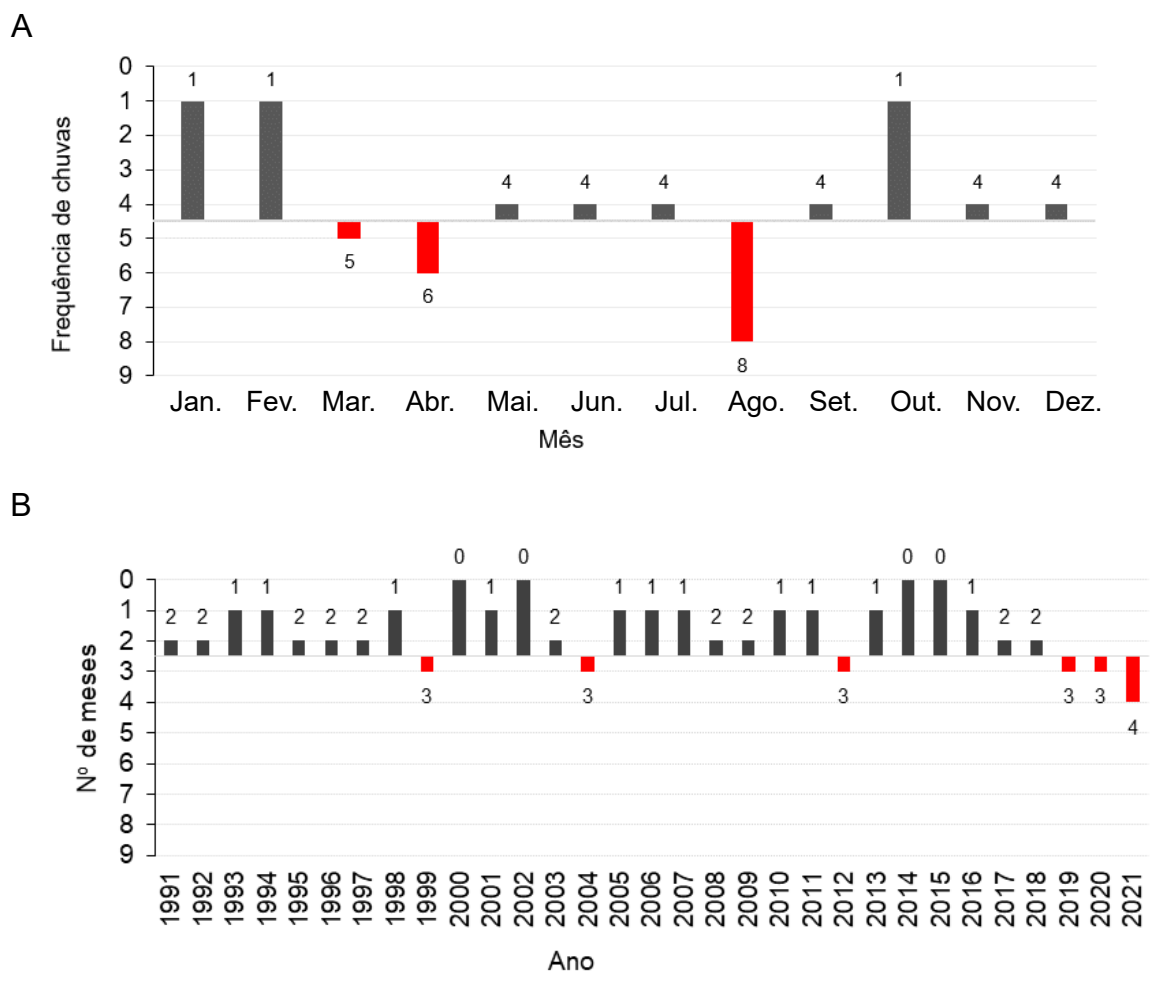


Figura 5. Frequência de chuvas mensais com volumes acumulados inferiores a 60 mm, entre janeiro de 1991 e julho de 2021, para o município de Marcelino Ramos. Barras vermelhas correspondem a frequências ≥ 5 e ≥ 3 em A e B, respectivamente.

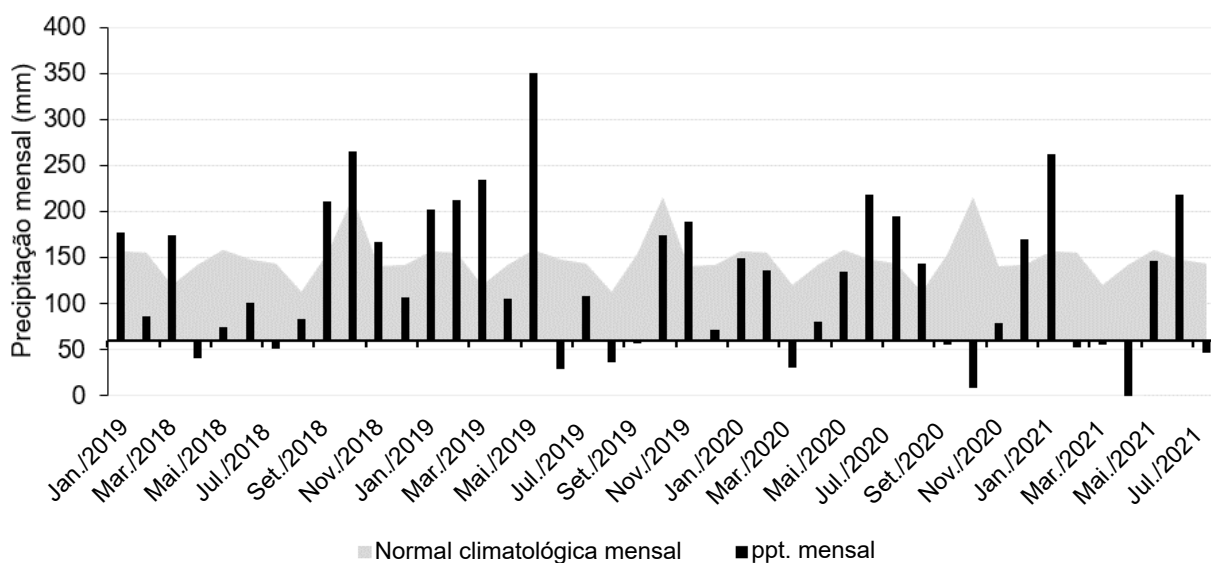


Figura 6. Valores acumulados mensais da precipitação pluviométrica mensal entre janeiro de 2018 e julho de 2021, para o município de Marcelino Ramos, RS, em comparação à normal climatológica do período entre os anos de 1991 e 2020.

Na Figura 7 constam os valores de precipitação pluviométrica média acumulada por trimestre, obtidos a partir das médias mensais (Tabela 2). O maior volume médio de chuva foi obtido para a primavera, com 28% (509,2 mm) e para o verão, com 25% (454,4 mm) do volume médio anual. O mês de outubro foi aquele com o maior volume acumulado de precipitação pluviométrica, 215,1 mm (Tabela 2). Os menores volumes de precipitação pluviométrica média foram computados para o inverno, com 23% (JJA, 403,1 mm) e para o outono, com 24% (MAM, 419,9 mm), sendo o mês de agosto aquele que apresentou o menor registro médio (112,3 mm).

A análise de tendência das médias móveis da precipitação pluviométrica trimestral para um período de 10 anos (teste estatístico de Mann-Kendall) identificou tendência negativa (decrecente) significativa nos trimestres correspondentes à primavera e ao verão (SON, $p \leq 0,01$ e DJF, $p \leq 0,05$), mais secos nos últimos 10 anos da série histórica, em relação à normal climatológica (Figuras 7A e 7B). A tendência ao aumento da frequência, duração e intensidade dos eventos de seca nos últimos anos foi apontada por Silva (2021), para outras regiões do estado, associados a uma tendência mensal de aumento da temperatura, não avaliada no presente estudo, mas também passível de afetar negativamente a produção de diversas culturas no estado (Mazuchowski et al., 2003).

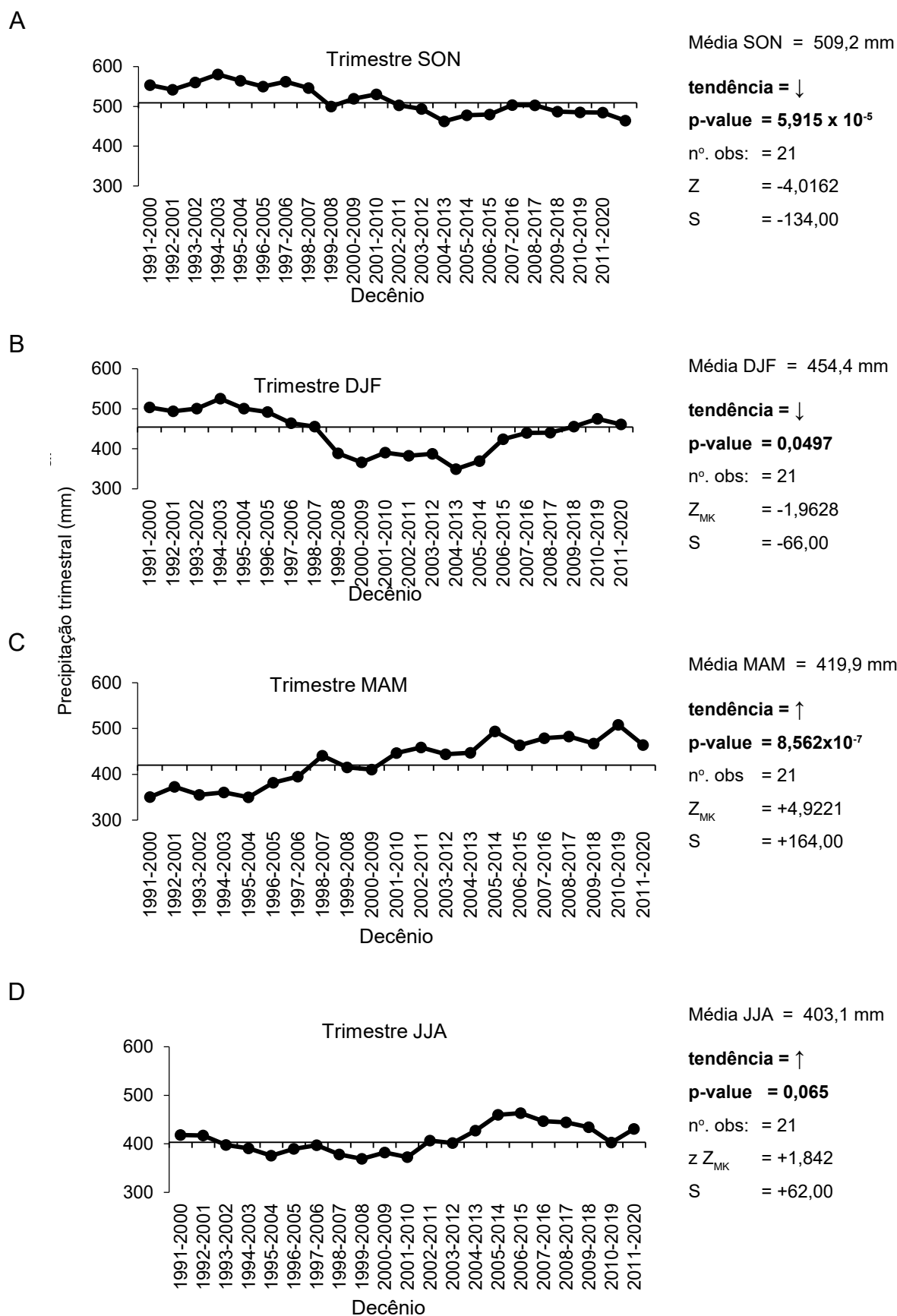


Figura 7. Médias da precipitação pluviométrica trimestral entre 1991 e 2020, médias móveis para um período de 10 anos (-●-), valor Z do teste de Mann-Kendall e os respectivos valores-p e S para Marcelino Ramos, RS. Sendo SON: setembro a novembro (A); DJF: dezembro a fevereiro (B); MAM: março a maio (C); JJA: junho a agosto (D).

Os valores S positivos da análise de tendência (Figura 7C e 7D), por outro lado, indicam que os trimestres referentes ao outono (MAM) e inverno (JJA) possuem tendências crescentes com alta significância (MAM, $p \leq 0,01$) e significância limítrofe (JJA, $p \leq 0,10$), ou seja, apontam que, nos últimos 10 anos, houve tendência ao aumento do volume de chuvas no outono e no inverno. As tendências para os meses mais frios do ano (junho a agosto) são análogas às aquelas obtidas por Guedes et al. (2019), com uso dos testes Mann-Kendall e Spearman's rho, que verificaram aumento dos índices pluviométricos, ao longo dos anos, em 50% das estações pluviométricas analisadas no norte do estado do Rio Grande do Sul, a partir de dados anuais. Os índices climáticos avaliados em escala continental realizado por Marrafon et al. (2020), por outro lado, não mostraram tendência ou indicaram aumento das condições úmidas entre o sul do Paraguai, nordeste da Argentina, parte do sul do Brasil e Uruguai, diferentemente da região que se estende da Amazônia em direção à região Sudeste do País, em que observaram tendência de diminuição da disponibilidade de água no ciclo hidrológico. Os resultados distintos observados em diferentes estudos que abrangem o Sul do País vêm sendo obtidos em razão do método utilizado, da escala e posição geográfica da área estudada, justificando a necessidade de estudos mais específicos (Guedes et al., 2019) e regionalizados, em consideração à influência conjunta de fatores de diferentes magnitudes sobre o ciclo hidrológico, como uso e ocupação do solo, a concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera e a variabilidade natural do clima. Estes fatores podem ter impactos de magnitudes semelhantes, a serem melhor elucidados com o aprimoramento dos modelos climáticos destinados a reduzir as incertezas verificadas até o momento (Adam et al., 2015).

As informações levantadas indicam a relevância da detecção precoce de fenômenos e tendências regionalizadas do clima, bem como a necessidade de aprimorar estratégias de convivência com a irregularidade das chuvas (Medeiros et al., 2018) e episódios extremos, considerando-se, também, o comportamento das culturas comerciais em diferentes cenários climáticos, na região de estudo.

Conclusões

- O uso conjunto da análise estatística descritiva e de tendência permitiu uma melhor caracterização da variabilidade da precipitação pluviométrica em escala local, com indicação da baixa representatividade das médias, dada à grande variabilidade interanual nos volumes de precipitação pluviométrica.
- Os últimos períodos de estiagem identificados foram os biênios 2019-2020 e 2020-2021, com número expressivo de meses apresentando valores acumulados de chuva abaixo da normal climatológica.
- Nos últimos 10 anos da série histórica, houve tendência à diminuição do volume de chuvas nos trimestres correspondentes à primavera e ao verão (SON, $p \leq 0,01$ e DJF, $p \leq 0,05$), e aumento no outono e no inverno, em relação aos 20 anos anteriores.

Referências

- ADAM, K. N.; FAN, F. M.; PONTES, P. R. M.; BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W. Mudanças climáticas e vazões extremas na Bacia do Rio Paraná. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 999-1007, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/226143>. Acesso em: 16 dez. 2022.
- ARSEGO, D. A.; FERRAZ, S. E. T.; STRECK, N. A.; CARDOSO, A. D. O.; ZANON JUNIOR, A.; CERA, J. C. Índices climáticos associados a variabilidade interanual da produtividade de arroz no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 209-218, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786351033>.

BLAIN, G. C.; PICOLI, M. C. A.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 68, p. 807-815, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000300030>.

BRAZ, D. F.; PINTO, L. B.; CAMPOS, C. R. J. Ocorrência de eventos severos em regiões agrícolas do Rio Grande do Sul. **Geociências**, v. 36, n. 1, p. 89-99, 2017. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7485849>. Acesso em: 14 dez. 2022.

CARDOSO, L. S.; JUNGES, A. H.; TAZZO, I. F.; VERONE, F.; TAROUÇO, A. K.; OLIVEIRA, A. M. R.; BREMM, C. **Análise da estiagem na safra 2019/2020 e impactos na agropecuária do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2020. v. 6, p. 8-57. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202011/10163507-14095649-circular-06-cardoso-et-al-para-publicacao.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

CARVALHO, M. J. N. **Modelagem agrometeorológica para estimação de produtividade de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) na região Sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. 2020. 61 f. Acesso em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/192647>. Disponível em: 15 dez. 2022.

CRISTINO, A. S.; SANTOS, E. C.; NEVES, G. M.; BATISTA, L. A.; COELHO, M. O. R.; SILVA, M. M.; FREITAS, M. B.; CARVALHO, R. S. M. Aspectos quantitativos da pandemia de Covid-19. In: GUERRA, R. L. F.; BERTUOL, C.; RODRIGUES, E.; RODRIGUES, J.; MIRANDA, M. E.; SILVA, M. L. O.; CARVALHO, R. S. M. **Saúde, história, ciência e educação: perspectivas dos grupos PET da Unifesp**. Várzea Paulista: Ed. Fontoura, 2022. p. 26-37. Disponível em: https://www.unifesp.br/campus/gua/images/departamento_de_historia/ebook-pet-9786588054109.pdf#page=26. Acesso em: 15 dez. 2022.

FERNANDES, V. R.; DO AMARAL CUNHA, A. P. M.; PINEDA, L. A. C.; LEAL, K. R. D.; COSTA, L. C.; BROEDEL, E.; FRANÇA, D. A.; ALVALÁ, R. C. S.; SELICHI, M. E.; MARENGO, J. Secas e os impactos na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 561-584, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v28i0.74717>.

GONÇALVES, S. L.; SIBALDELLI, R. N. R. **Riscos climáticos e viabilidade econômica da produção de soja no sul do Rio Grande do Sul**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 7 p. (Embrapa Soja. Comunicado técnico, 94). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094511/1/COMUNICADO_TECNICO94. Acesso em: 14 dez. 2022.

GUEDES, H. A. S.; PRIEBE, P. D. S.; MANKE, E. B. Tendências em séries temporais de precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 283-291, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863340238>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Marcelino Ramos - RS**: mapa municipal estatístico. Rio de Janeiro, 2007. Escala 1:50.000. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_para_fins_de_levantamentos_estatisticos/contagem_da_populacao_e_censo_agropecuário_2007/mapas_municipais_estatisticos/rs/marcelino_ramos.pdf. Acesso em: 31 maio 2023.

INFORMATIVO Roda De Mate. Estrela: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento do Rio Grande do Sul, n. 75, 2022. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202201/27151239-informativo-roda-de-mate-75-2022.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/> (2020). Acesso em: 14 dez. 2022.

KENDALL, M. G. **Rank correlation methods**. London: Griffin, 1975. 202 p.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, p. 245-259, 1945.

MARRAFON, V. H.; REBOITA, M. S. Características da precipitação na América do Sul reveladas através de índices climáticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 663-676, 2020. DOI: <https://core.ac.uk/download/pdf/328075788.pdf>.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; MACCARI JUNIOR, A.; SILVA, E. T. Influência de diferentes condições de radiação solar sobre o crescimento morfológico da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hill.) In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3., 2003, Chapecó. **Anais**. [Chapecó]: EPAGRI, 2003. p. 256–257.

MEDEIROS, R. M.; SILVA, V. P.; HOLANDA, R. M. de; SILVA, C. J. Tendências pluviométricas e análise da média móvel para São Bento do Una-PE, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 35, p. 5, 2018.

NACHTIGALL, G. R.; HAWERROTH, F. J. **Condições meteorológicas de primavera e verão e suas influências na safra de maçã 2016/17, na região de Vacaria, RS**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2018. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado técnico, 205). <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178787/1/Comunicado-Tecnico-205.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D. C.; TIGNOR, M. M. B.; POLOCZANSKA, E.; MINTENBECK, K.; ALEGRIA, A.; CRAIG, M.; LANGSDORF, S.; LÖSCHKE, S.; MÖLLER, V.; OKEM, A.; RAMA, B. (ed.). **Climate Change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability: Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. 3056 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.

RIO GRANDE DO SUL. Defesa Civil do Rio Grande do Sul. **Estiagem**: decretos homologados e reconhecidos 2019/2020. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/estiagem>. Acesso em: 16 dez. 2022a.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional. **Perfil socioeconômico COREDE: Norte**. Porto Alegre, 2015. 45 p. Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/201512/15134135-20151117103226perfis-regionais-2015-norte.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022b.

ROSA, V.; WAGNER JÚNIOR, A.; GARAY, I. A.; SANTOS, J. G. dos; EHRENSPERGER, N. do N.; ZIMBRO, E. H. Análise descritiva da sobrevivência de espécies vegetais em 4 densidades de plantio dentro de agrofloresta. In: FRUSUL: Simpósio de Fruticultura da Região Sul, 3., 2022, Chapecó. **Anais...** Chapecó: Universidade Federal da Fronteira Sul, 2022. Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/FRUSUL/article/view/16334>. Acesso em: 30 maio 2023.

ROVANI, I. L.; DECIAN, V. S.; ZANIN, E. M.; BRANDALISE, M.; QUADROS, F. R.; HEPP, L. U. Socioeconomic changes and land use and land cover of the Northern Region of Rio Grande do Sul, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 27, 2020. Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/FRUSUL/article/view/16334>. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.025818>.

SILVA, C. V. F. D. O. **Tendências e variabilidades climáticas em regiões com diferentes classes de uso e cobertura do solo no Rio Grande do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2021. 17 f. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/233573>. Acesso em: 15 dez. 2022.

SPONCHIADO, P. J. (org.). **Plano estratégico de desenvolvimento regional Corede Norte - RS 2015-2030**. Porto Alegre: EdiFAPES, 2017. 314 p. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/site/publicacoes/plano_estrategico_de_desenvolvimento_regional_corede_norte_rs.pdf. Acesso em: 30 mar. 2023.

TORESAN, L.; PADRÃO, G. de A.; GOULART JUNIOR, R.; MONDARDO, M. Indicadores de desempenho da agropecuária e do agronegócio de Santa Catarina: 2019-2020. **Boletim Técnico**, n. 198, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1173/1043>. Acesso em: 14 dez. 2022.

WREGE, M.; HIGA, R.; STEINMETZ, S.; HERTER, F.; REISSER JUNIOR, C.; RADIN, B.; MATZENAUER, R. Critérios para o zoneamento agroclimático do eucalipto. In: FLORES, C. A.; FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGE, M. S. **Zoneamento agroclimático do eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região do Corede Sul-RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. p. 47-50.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de (ed.). **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.

