



MODELOS E TÉCNICAS DE ANÁLISE DE SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO: CONTRIBUIÇÕES A PARTIR DO RECORTE TÊMPORO-ESPACIAL DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

INTRODUÇÃO

A análise de séries temporais aplicada a dados climatológicos tem atraído um especial interesse nos últimos anos, sobretudo por se entender que o clima interfere diretamente nas relações sociais e econômicas. Schneider (2014), aponta que, a interdependência existente na relação entre o espaço geográfico e o clima deve ser considerada quando se discute os impactos decorrentes dessas ações, cuja busca é demonstrar como os fenômenos atmosféricos se manifestam e interagem com a superfície da terra.

Nesse interím, as mudanças climáticas têm se tornado um dos principais focos de discussão/preocupação da comunidade científica, pois indicam tendências crescentes para a frequência de ocorrência, amplitude e impacto de eventos extremos, como secas, chuvas intensas, deslizamentos, dentre outros processos ocorridos em escala global, regional e local.

Em escala regional, as mudanças climáticas são detectadas por meio de análise de tendências nas séries históricas das variáveis meteorológicas, como é o caso da precipitação. Para isso, são necessários registros temporais de qualidade e a longo prazo (SOUZA; AZEVEDO, 2012).

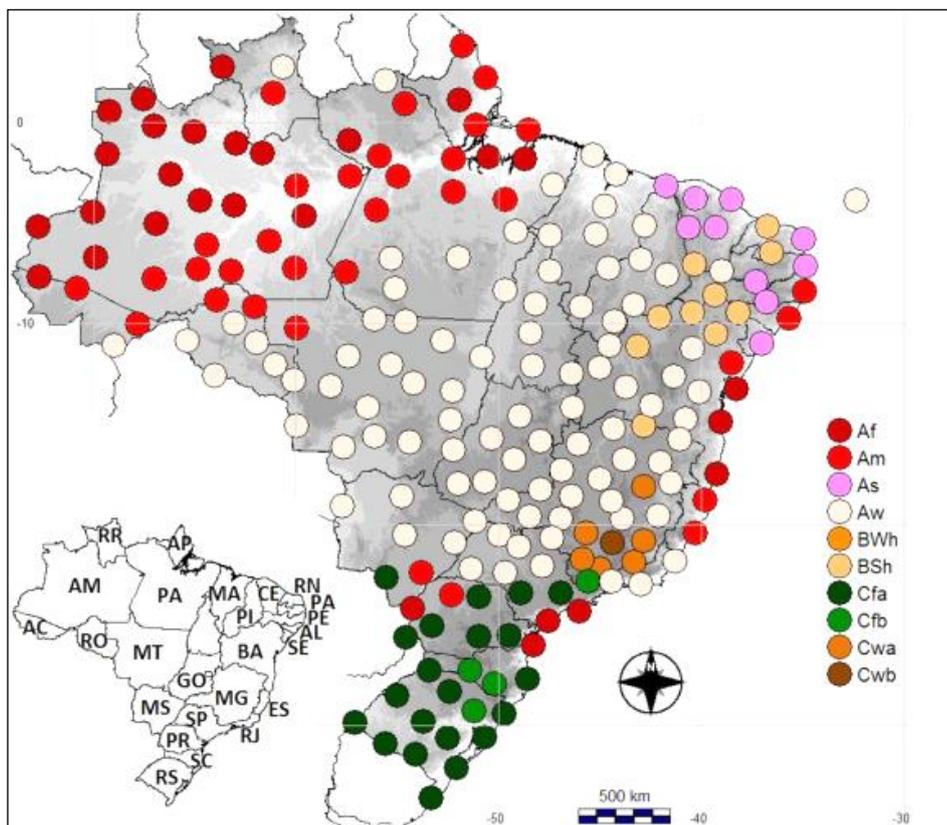
Salviano, Groppo e Pellegrino (2016) ressaltam que as mudanças identificadas nas séries temporais de uma variável climatológica, podem estar associadas à diversos fatores de origem, como: - antrópico, por meio dos desmatamentos e do próprio processo de produção do espaço regional; ou - natural, por meio da intensificação da atividade solar e outras anomalias climáticas como o El Niño e La Niña com fulcro na escala planetária.

A circulação da atmosfera do Mato Grosso do Sul é influenciada pelos sistemas atmosféricos de origem tropical e extratropical, devido a sua posição no subtropical. O norte do estado é influenciado pelos sistemas que atuam na região amazônica, e o setor sul, é influenciado pela ação dos sistemas extratropicais, (ALVES et al., 2009).

Dubreuil; Fante; Planchon e Sant'Anna Neto (2018), subsidiados por uma atualização na análise das temperaturas e precipitações médias anuais de acordo com a classificação climática de Köppen, caracterizam o Mato Grosso do Sul com o predomínio do clima Aw (Clima de Savana), na região centro norte do estado, e os climas Am (Clima Tropical Úmido)

na região centro sul e Cfa (Clima Temperado) na porção do extremo sul conforme representado na figura 1, a seguir:

Figura 1: Tipos de climas no Brasil (Köppen) para as médias do período de 1961-2015:



Fonte: Dubreuil; Fante; Planchon e Sant'Anna Neto (2017)

(ZAVATTINI, 2009, p.68) também sintetiza tais informações e descreve as seguintes conclusões em relação à distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul:

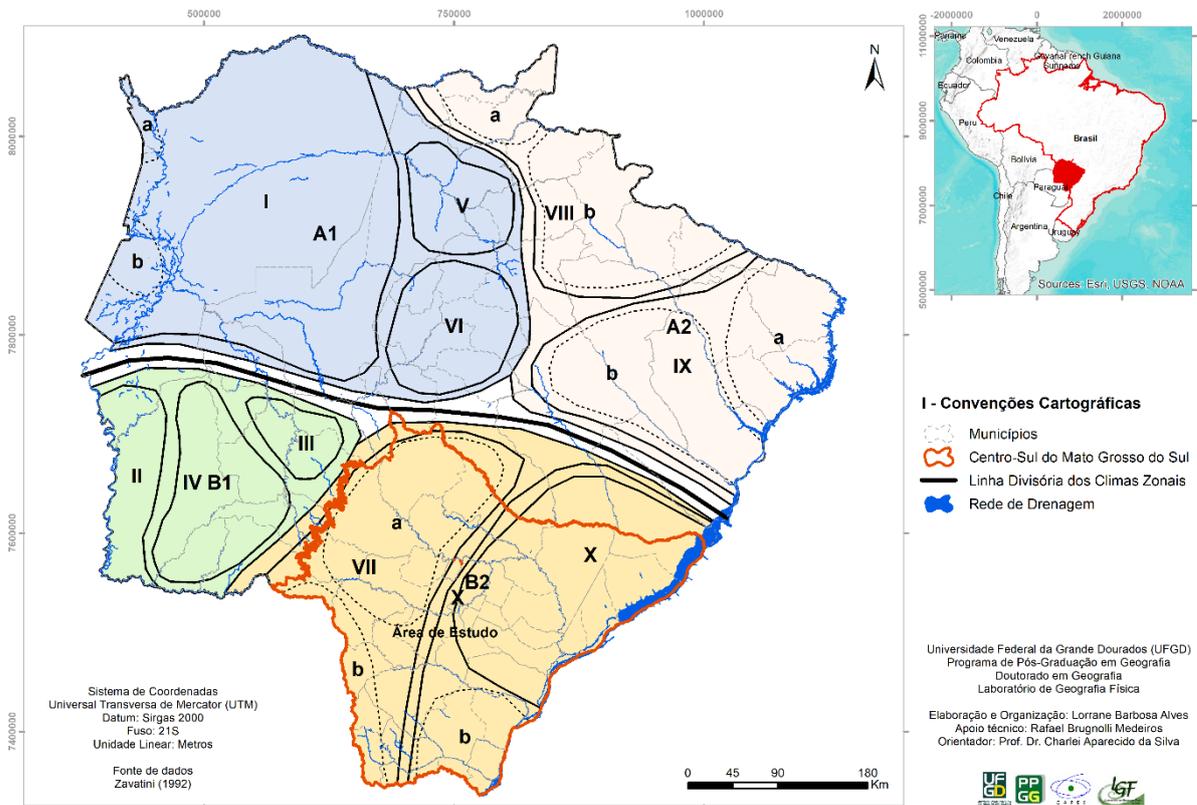
- a. no Pantanal brasileiro, existem duas regiões pluviométricas distintas: um norte bem regado (Cuiabá), com ritmo interanual bem marcado e tendência crescente nas chuvas, diferindo do setor centro-sul (Corumbá e Porto Murtinho), detentor de índices mais fracos e ritmo interanual pouco acentuado, apontando para uma tendência equilibrada na distribuição das chuvas.
- b. no Planalto Divisor, as afinidades entre os setores central e sul (Campo Grande e Ponta Porã), tanto com relação aos índices pluviométricos mais elevados quanto aos pronunciados ritmos de variação interanual de chuvas; isso possibilita englobá-los numa mesma região pluviométrica, diversa da existente ao norte, onde os índices mais modestos estão associados a um ritmo interanual mais equilibrado.
- c. no eixo do Alto Paraná, coexistem duas diferentes regiões pluviométricas, resultantes do contraste entre a farta e crescente pluviosidade do setor sul (Guaíra), em oposição aos índices menos expressivos registrados no norte (Três Lagoas e Paranaíba), agravados por uma sensível tendência decrescente das chuvas, o que demonstra a existência de ritmos interanuais opostos.

A figura 2 (a seguir) apresenta a proposta de classificação climática para Mato Grosso do Sul, elaborada por ZAVATTINI (2009) e editada por SOUZA (2013) e permite uma melhor



Visualização das feições climáticas individualizadas nos climas regionais conforme sua morfologia e a pluviometria.

Figura 2: Classificação climática de base genética para o Estado de Mato Grosso do Sul



Climas Zonais	Climas Regionais	Feições Climáticas Individualizadas nos Climas Regionais conforme a Morfologia e a Pluviometria						
		Pantanal	Região de Aquidauana e Miranda	Planalto da Bodoquena	Bacia Superior dos Rios Taquari e Coxim	Planalto Divisor	Bordas do Planalto Central	Planalto Arenito-Basáltico Alto Paraná
Controlados por Massas Equatoriais e Tropicais	Climas Tropicais Alternadamente Secos e Úmidos	A2					VIII a Serra do Caiapó (Serra Preta) b Serra do Caiapó (Serra das Araras)	IX Norte a Região de Paranaíba, Confluência do Paranaíba e do Grande b Vales do Rio Verde e Baixo Sucuriú
		A1	I a Serra do Amolar b Morraria do Urucum		V Vale do Coxim Alto Taquari	VI Norte		
Controlados por Massas Tropicais e Polares	Climas Sub-Tropicais Úmidos	B1	II Sul	III Médios Vales do Aquidauana e Miranda	IV Planalto da Bodoquena			
		B2				VII Centro-Sul a Serra de Maracajú b Serra do Amambai	X Centro-Sul a Porção Central b Porção Meridional Vales do Amambai e Iguatemi	

Fonte: Zavattini (2009). Edição: Lorrane Barbosa Alves. Acervo do Laboratório de Geografia Física.



Essas tendências e variabilidades apresentadas nas figuras 1 e 2 são medidas por meio de análise de séries históricas de variáveis meteorológicas como é o caso da precipitação pluvial. Assim, o objetivo do presente trabalho é analisar a tendência de séries pluviométricas anuais longas (mais de 30 anos) do Estado do Mato Grosso do Sul por meio de três índices de quantificação da precipitação: o IAC (Índice de Anomalia de Chuvas) van Rooy (1965), o Teste de Pettitt (Pettitt, 1979) e o Teste de Mann-Kandall (Mann, 1945; Kendall, 1975).

METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é apresentar um conjunto de análises de tendência de séries históricas de precipitação aplicados a dados coletados do Estado de Mato Grosso do Sul a partir da aplicação de testes estatísticos paramétricos como o caso do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) van Rooy (1965) e não paramétricos como o Teste de Homogeneização de Dados - Teste de Pettitt (Pettitt, 1979) e o Teste Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975).

Uma das formas mais simplificadas de se obter tais tendências climáticas, é utilizar o uso de métodos estatísticos de forma paramétrica (critérios de resolução baseados em distribuições conhecidas e não paramétrica (cálculos e procedimentos baseados em distribuições desconhecidas).

Vários pesquisadores brasileiros têm empregado diversas metodologias para identificar tendências em séries temporais de precipitação, além de avaliar a sua significância estatística (MESQUITA et al., 2017; NUNES; PINTO; BAPTISTA, 2018; GERARDI e SILVA, 1981; PINHEIRO; GRACIANO; SEVERO, 2013; ROCHA et al., 2017; SALVIANO; GROppo; PELLEGRINO, 2016; SILVESTRE, 2016; WANDERLEY; JUSTINO; SEDIYAMA, 2016; SOARES E SILVA; 2017).

Tais testes ajudam a determinar se a série de dados possui tendência temporal estatisticamente significativa, e se eles apresentam tendência de diminuição, tendência de aumento ou ausência de tendência ao longo do tempo.

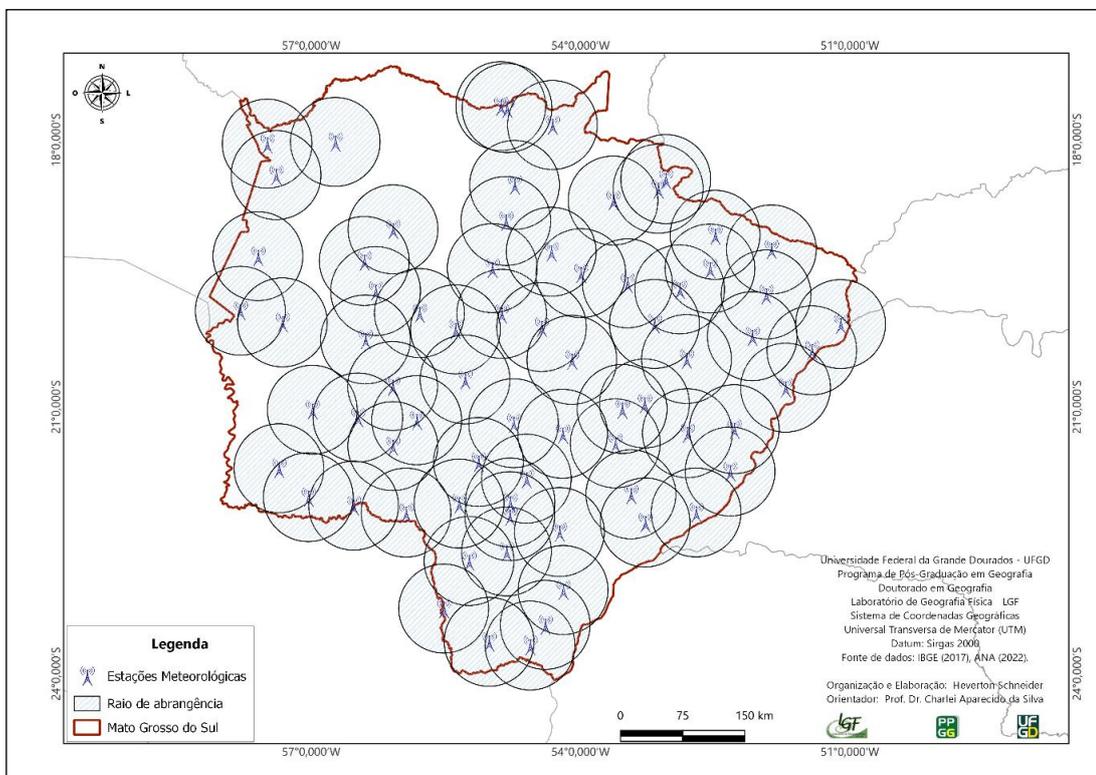
Gerardi e Silva (1981) já apontavam a necessidade da utilização de técnicas estatísticas no tratamento das informações geográficas, e destacavam a importância da abordagem quantitativa quanto à sua capacidade de oferecer solução aos problemas de diversas naturezas enfrentados pela Geografia.



Silvestre (2016), destaca que métodos estatísticos permitem soluções na análise de conjunto de dados. No entanto, para tratar cada problema, escala de medida e tipo de experimento há uma (ou mais) técnica(s) estatística(s) adequada(s) para sua análise. Geralmente, as técnicas são baseadas em modelos que apresentam determinados pressupostos, e as mesmas devem ser checadas e satisfeitas para que se possa assegurar que as conclusões e inferências estatísticas estejam corretas. Caso não sejam satisfeitas, podem levar a conclusões equivocadas, como por exemplo, afirmar que existe uma tendência de aumento de chuvas de um determinado local, quando na verdade ela não existe.

Para a consecução deste trabalho, foram utilizados dados totais mensais de precipitação do Estado de Mato Grosso do Sul disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) no site Hidroweb e compreende o período de janeiro de 1986 a dezembro de 2020, totalizando 34 anos de dados pluviométricos, coletados a partir de 63 pontos de coleta entre estações meteorológicas e postos pluviométricos, conforme figura 3.

Figura 3: Localização dos Postos Pluviométricos/estações selecionadas para a pesquisa



Organização: Schneider e Silva (2023).



Inicialmente, como encaminhamentos deste trabalho, realizou-se uma análise estatística descritiva dos dados da série onde além das definições, são apresentados os gráficos da série temporal (mensal, trimestral, sazonal e anual), da decomposição da série temporal e, também do boxplot mensal da série. Esses métodos se mostraram importantes para a caracterização da série identificando sazonalidades, tendências e valores atípicos.

Para a identificação dos modelos, foram utilizados pluviogramas que representam a frequência da série e que, após a seleção do melhor modelo foi elaborado o diagnóstico e a comparação entre os valores previstos e os valores reais, (figuras 4, 5 e 6).



Figura 4: Espacialização dos dados pluviais por meio de Pluviograma aplicado ao IAC (1986 a 2020)

ESTAÇÕES	CÓDIGO	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Tacuru	2355003	1743,4	1588,2	996,5	1717,7	1512,5	1319,1	2041,9	1676,3	1476,8	1447,1	1744,8	1894,4	1983,5	1064,4	1713,0	1589,4	1415,6	1761,6	1416,8	1527,7	1355,2	1102,2	1631,5	1384,5	1673,6	1645,1	1516,0	1925,0	1615,2	1890,1	2042,3	1770,4	1642,5	1524,1	1475,8	
Iguatemi	2354001	1790,5	1264,4	970,5	1927,8	1519,8	1110,2	1887,2	1363,8	1624,8	1900,8	2476,7	1758,3	2034,4	1285,8	1560,1	1589,9	1529,8	1762,1	1426,9	1216,6	943,4	1123,4	1381,0	1609,4	1663,1	1692,5	1384,4	1469,8	1947,5	1331,1	2485,3	2471,8	2258,6	1898,3	1682,1	
Cl. Sapucaia	2355001	1571,0	1773,2	1672,7	1927,6	1685,2	1186,1	1728,6	1445,4	1631,4	1486,2	1613,4	1781,9	2113,7	1483,7	1885,4	1660,9	1247,0	1664,5	1515,3	1211,2	1338,4	1437,1	1320,5	1683,6	1830,0	1608,0	1682,8	1858,2	1824,2	1926,4	1660,0	1794,3	1960,7	1734,0	1570,7	
Itaperã	2254005	1354,0	1478,3	1028,6	1689,8	1390,7	1076,0	1673,7	1499,8	1323,4	1058,5	1290,4	1761,4	1492,0	1001,8	1879,0	1675,8	1203,8	1327,2	1569,3	1506,8	1179,3	1264,6	1471,0	1643,8	1540,0	1394,2	1157,1	1420,6	1673,7	2229,0	1801,0	1790,9	1757,4	1348,7	1441,6	
Glória Dóds	2254003	1416,4	1659,7	1126,0	1957,8	1421,0	1241,1	1673,4	1569,6	1301,3	1208,8	1867,7	1955,6	1842,7	1282,8	1606,7	1479,4	1497,0	1456,9	1330,0	1127,5	1617,0	1506,2	1409,4	2048,8	1525,5	1935,2	1693,3	1766,8	1518,4	1945,7	1586,3	1602,1	1878,1	1281,9	1327,4	
Rio Brilhante	2154001	1405,3	1464,8	1024,2	1691,6	1457,6	1054,7	1149,3	1234,0	1067,1	893,1	1570,3	2636,6	1625,9	1297,2	1647,9	1623,4	1013,6	1538,8	1376,2	1385,2	1332,3	1248,9	1080,5	1552,6	1345,0	1504,9	1267,5	1221,8	1473,7	1863,0	1342,4	1734,9	1702,3	1182,5	1224,9	
Bataiporã	2253014	1049,5	1352,1	985,6	1469,4	1265,9	957,2	1302,5	516,7	1322,8	1145,6	1754,8	1671,5	1620,0	1207,1	1179,8	1461,1	1147,8	1754,3	1526,0	1108,5	1335,9	1391,6	1237,2	1755,5	1748,7	1366,9	1420,6	1656,2	1135,1	2382,8	1650,5	1829,8	1492,1	1137,9	1331,1	
Anauilândia	2252000	1009,7	1338,7	884,3	1575,7	1722,6	1133,5	1506,1	1413,8	1181,3	1558,4	1668,8	1626,2	1387,1	836,8	1183,6	1492,9	1226,1	1904,3	1098,3	1075,8	1246,0	1227,8	1061,9	1862,2	1812,5	1162,4	1635,1	1352,1	1343,1	1949,2	1511,8	1679,4	1436,9	1002,5	1050,6	
Dourados	2254007	1497,0	1631,3	1110,7	1577,8	1514,0	1062,6	1725,3	1294,9	1366,7	1261,1	1299,0	1661,1	1623,0	1154,1	1523,3	1607,8	1338,4	2982,2	1482,6	1272,5	1164,2	1255,4	1136,2	1577,4	1322,0	1501,6	1293,4	1608,4	1366,4	2033,2	1392,2	1387,0	1659,5	1175,5	1185,4	
Návirai	2354000	1644,0	1753,9	943,6	1496,2	1430,2	1126,5	1888,5	1390,3	1222,2	1133,3	1845,6	1739,4	1888,4	942,3	1665,7	1690,6	1387,5	1287,9	1546,4	1310,3	1411,5	947,6	1152,1	1999,9	1214,6	799,3	1502,4	1845,0	1387,4	2089,3	1557,9	1687,7	1595,0	1095,7	1431,4	
Bocajá	2255003	1570,0	1796,5	1086,6	1604,9	1461,7	1077,9	1777,4	1446,4	1739,3	1063,6	1718,1	1926,5	1764,1	1085,8	2028,3	1685,3	1187,1	1428,4	1714,3	1395,4	1225,6	1249,3	1584,2	1639,3	1171,0	1628,6	938,6	1404,2	1834,7	1875,6	1497,4	1649,3	2176,7	1481,1	1628,5	
Itahum	2255004	1293,4	1532,2	1048,4	1945,0	2134,5	1898,9	2432,3	2530,3	2885,4	1723,5	2395,9	2254,9	1643,7	2160,8	1057,2	1351,7	1589,2	1510,0	1445,6	1847,9	1414,0	1869,2	1684,7	1440,3	1579,0	1517,3	1930,0	2725,4	1890,6	1697,7	1731,1	1558,1	1508,6			
Antônio João	2255002	1541,4	1444,2	1092,0	1150,7	1648,9	1303,3	2126,0	1416,0	1518,6	1390,3	1554,0	2226,4	1862,3	1307,1	1841,4	1474,5	1134,7	1804,5	1812,6	2034,9	1556,2	1683,2	1564,5	1789,5	2280,1	1572,0	1794,8	1806,3	1971,1	2257,0	1789,3	1868,8	1839,9	1415,7	1432,0	
Porto Uerê	2152001	1205,1	1177,5	1008,9	1724,4	1453,5	923,4	1487,6	1614,7	1209,6	1460,1	1299,8	1476,3	1779,5	1085,2	1317,6	1341,7	1182,6	1254,4	1378,7	1345,5	1391,0	1067,3	1300,0	1763,7	1726,8	1275,9	1570,0	1567,3	1255,2	1885,0	1426,3	1714,1	1303,3	1063,7	1082,1	
Garcias	2052004	1152,2	1031,2	1100,5	1042,0	741,6	1020,3	1266,9	1040,8	867,5	1142,6	1978,4	1266,4	1488,4	940,9	1139,4	1600,2	1119,1	1093,0	1642,2	1224,8	1397,5	1337,5	1453,6	1217,6	1126,0	1519,9	1188,1	1157,1	1185,0	1537,1	1231,0	1063,8	1070,1	939,5		
Xavantina	2152005	1173,3	1238,4	1158,6	1568,6	1350,4	1227,6	1553,7	1312,6	1173,5	1463,0	1385,5	1439,6	1365,4	1232,5	1222,5	1312,7	1211,1	1426,8	1405,4	1342,0	1458,0	1263,3	1017,2	1710,6	1589,8	1339,9	1257,4	1237,3	1264,3	1973,9	1426,3	1901,7	1225,3	1062,9	789,5	
Faz. Boa Esperança	2152014	1189,4	1448,8	1030,4	2164,2	1651,2	1182,8	1524,5	1468,2	1617,9	1462,0	2132,2	1230,7	1042,4	647,6	228,4	1230,7	1412,5	1599,0	1545,5	1255,3	1431,8	1112,5	1913,8	1512,7	1443,9	1233,0	924,5	553,9	796,1	1666,1	1410,3	1498,8	1229,1	1070,1	845,1	
Selvíria	2051045	1496,8	1348,7	1165,2	1470,1	1493,0	1160,0	864,7	789,9	943,7	1137,7	1306,4	1460,2	1058,2	991,9	1455,5	1165,0	1008,0	1333,5	1267,9	1250,2	1282,2	1275,2	197,4	1592,8	1546,7	1440,1	1376,7	1015,6	1334,2	1286,3	1254,2	1359,6	1470,2	1504,2	1163,9	1150,4
Aparecida do Taboado	2051046	1237,4	1246,7	1363,0	1254,1	936,6	1168,3	1230,4	1185,1	806,6	1379,4	1462,4	1229,3	1393,6	1270,9	1052,3	1433,8	1179,1	1277,7	1278,1	1098,5	1437,0	1206,5	1174,9	1614,8	1393,0	946,6	1514,6	1134,2	1103,8	1188,8	1151,2	1633,7	1729,2	985,8	961,5	983,3
Árvore Grande	1953004	1697,8	1450,1	1665,0	1562,7	1233,3	1554,6	1301,8	1354,5	1309,6	1515,0	2168,5	1775,6	1701,9	1137,3	1448,7	1955,1	1622,5	1900,7	1484,7	1497,7	1863,1	1704,5	2176,6	1970,1	1549,7	1383,5	1356,0	1404,3	1528,7	1747,9	1337,2	1380,5	1118,1	1029,6	1301,6	
Costa Rica	1953004	1631,0	1522,2	2102,5	1826,6	1657,7	1301,2	1620,0	1893,3	1450,1	1592,1	1701,1	1875,6	1800,3	1457,0	1930,8	1525,9	1546,2	1606,3	1669,3	1546,6	1616,7	1620,3	1877,4	2029,8	1536,5	1527,4	1805,2	1755,1	2227,5	1377,4	1812,2	2003,9	1871,7	1296,0	1148,8	
Pontal	1952001	1874,0	1229,0	1187,7	1970,8	1314,3	1433,4	2050,8	1635,4	1297,4	1163,0	2535,1	1627,8	1778,6	1526,7	1604,5	1572,0	1537,5	1639,3	1526,9	1839,1	1688,8	1135,7	1364,7	1563,3	1443,4	1395,7	1255,5	1281,4	1637,7	1702,0	1192,1	1749,9	1321,1	1161,6	872,3	
Alegre	2054020	1681,8	1262,3	1195,5	1198,9	1389,3	1383,7	1904,5	1142,9	1332,5	1126,4	1855,0	1383,7	1730,8	1458,9	1863,2	1348,8	1307,8	1250,3	1669,0	1973,1	1353,0	852,4	1296,0	1676,6	1663,5	1626,2	1579,7	1450,4	1634,7	1512,3	1422,8	1635,9	1328,6	1683,3	966,1	
Alto Scurui	1952000	1751,7	1757,3	1545,3	1591,8	1404,5	813,4	1771,7	1306,7	1586,4	1397,6	1926,1	2086,1	1544,1	1191,5	1392,4	1293,8	1087,4	1571,8	1398,3	1742,4	1259,9	998,3	1318,1	1749,2	1459,6	1885,5	1364,1	1273,9	1479,1	1265,2	1106,1	1298,3	1288,5	1277,8	1029,6	
Inocência	1951005	1919,1	1548,6	2111,6	2463,3	1909,3	829,8	1579,1	1142,5	1527,4	1676,0	1911,2	1780,6	1628,1	1289,4	1645,2	1337,9	1269,0	2190,6	1355,4	1629,4	1387,9	1696,4	1342,6	2526,6	1629,7	1613,7	1445,0	1256,2	1435,7	1555,9	1465,3	1519,7	1331,5	1411,5	1279,9	
Pedro Severo	1754004	1372,3	1451,9	1791,3	1715,6	1709,4	1565,6	1473,0	1604,8	1590,3	1225,0	1656,8	2021,7	2183,7	1404,0	1559,0	1553,5	1462,9	1721,8	1299,2	1537,2	1628,9	1504,2	1858,2	1882,9	975,5	1606,5	1378,6	1382,6	1951,9	2005,9	1905,5	1536,5	1497,1	1327,5	933,9	
Cachoeira Polvora	1853002	1740,2	1495,4	1353,7	1785,4	1478,5	1185,4	1369,2	1356,5	1381,9	1306,4	1432,7	1805,2	1219,8	1144,1	1369,2	1362,3	1392,7	1224,5	1057,5	1831,8	965,0	1024,7	1324,7	1269,3	876,7	1606,5	1588,1	1688,5	2061,5	1528,8	1816,1	2003,8	1655,9	1483,0	1113,0	
Jauru	1854003	1450,8	1468,2	1489,8	1246,0	1525,1	1153,0	1661,3	1424,5	1483,0	1026,0	1354,6	1661,9	1434,4	1151,3	1181,3	1423,1	762,1	1255,2	1471,9	1194,7	1111,8	1161,6	901,7	1027,9	91,0	1284,9	1318,1	1132,4	1323,0	1910,9	1296,7	1943,9	2235,2	1554,5	1048,0	
Rochedo	1954002	1491,1	1925,5	1845,8	1466,6	1308,8	1306,4	1634,4	868,3	1213,6	1620,3	1118,5	946,7	955,1	593,5	1000,5	1326,8	734,6	1256,0	913,5	931,3	928,0	1191,9	966,9	1969,6	1300,6	1244										



Figura 5: Espacialização dos dados pluviiais por meio de Gráfico de Superfície aplicado ao Box Plot (1986 a 2020)

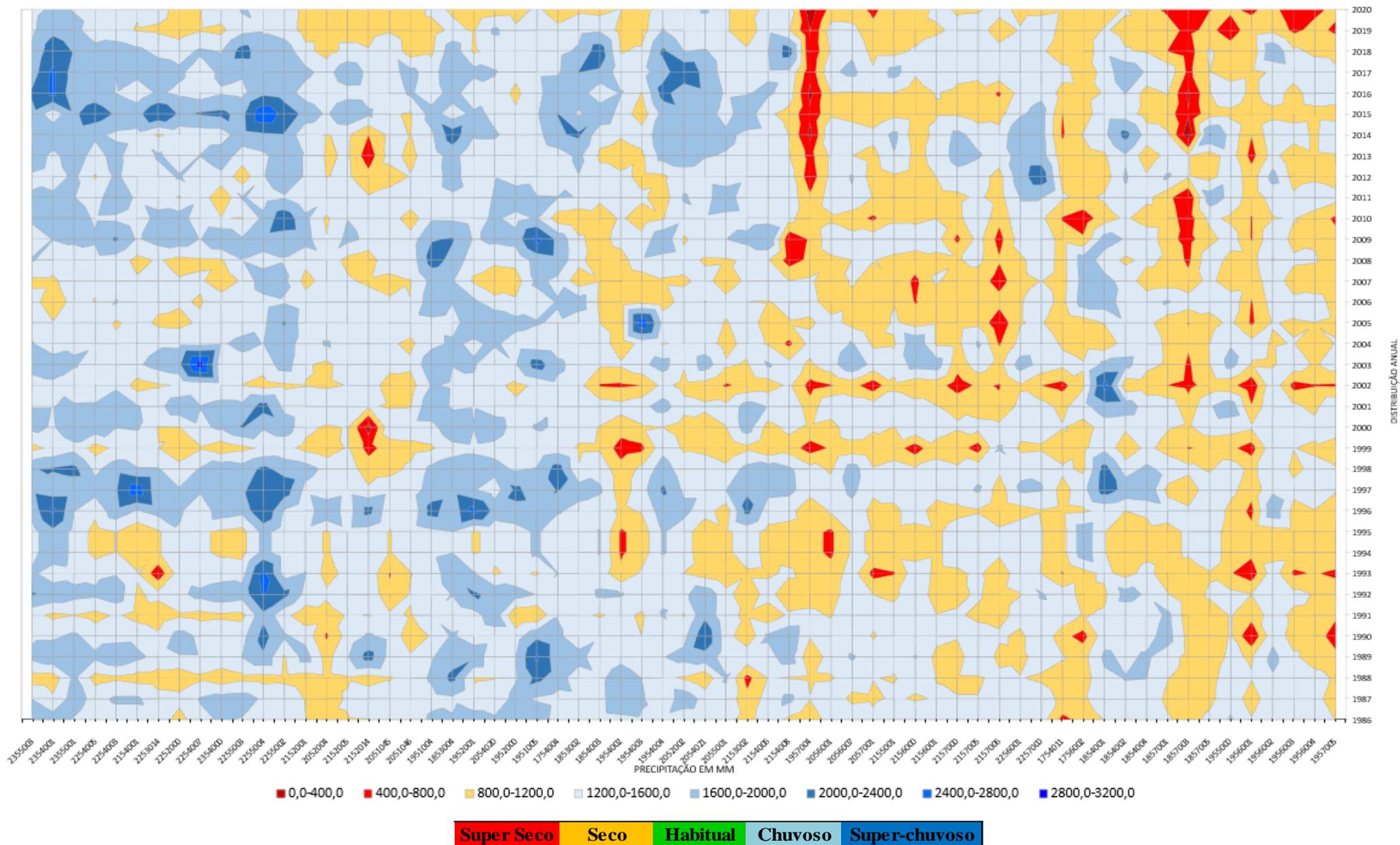
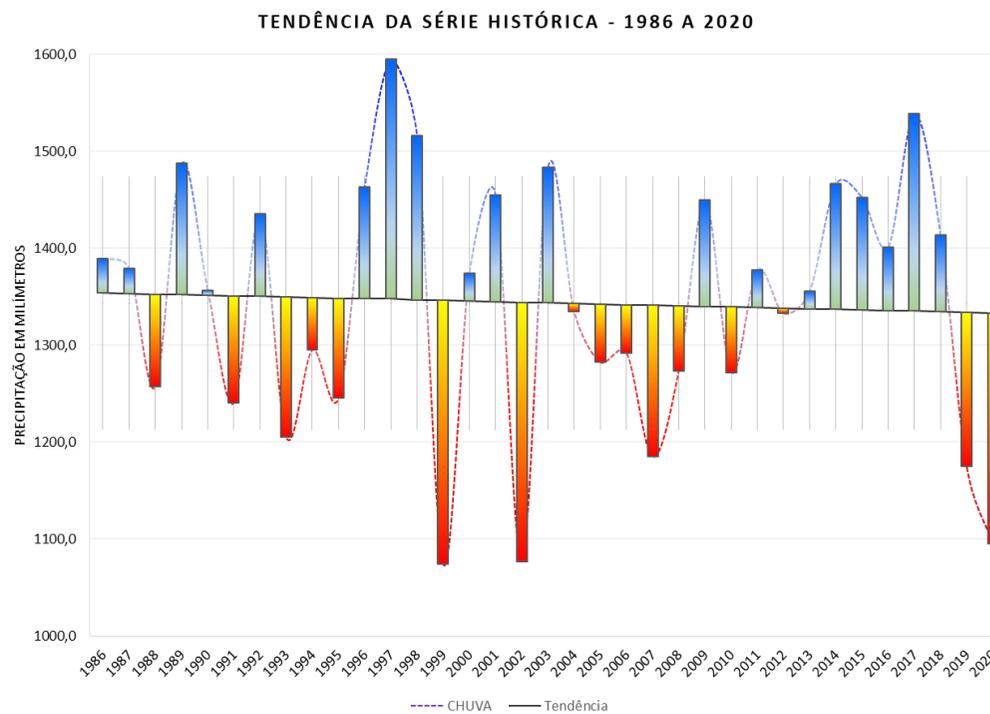
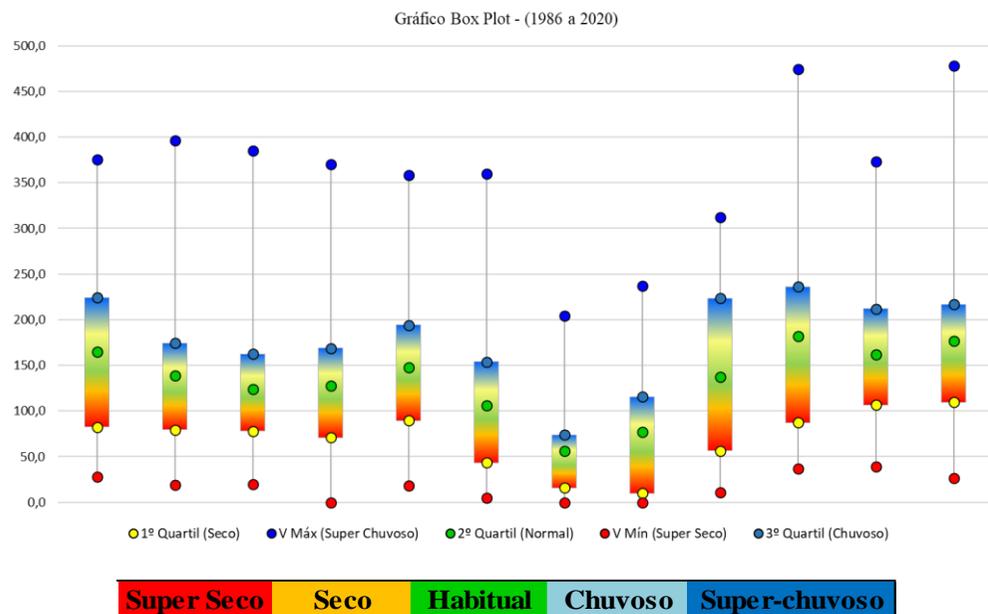




Figura 6: Espacialização dos dados pluviiais por meio da aplicação da técnica de Box Plot (1986 a 2020)





Os critérios de seleção utilizados foram baseados na necessidade de contribuir com a presente pesquisa de doutorado (em andamento) que tem como objetivo mais amplo analisar de forma comparativa a dinâmica da variabilidade das chuvas no território sul-mato-grossense e sua relação com as atuais mudanças climáticas, a partir da série histórica de dados pluviométricos que compreendem o período de 1986 a 2020.

Em relação a aplicação dos testes estatísticos, eles foram analisados e tiveram suas respectivas aplicações de acordo com uma breve descrição metodológica que caracteriza de cada um deles, a saber:

1. Índice de Anomalia de Chuvas (IAC):

O índice de anomalias de chuva (IAC), desenvolvido por Rooy (1965) é utilizado para classificar as magnitudes de anomalias de precipitação positivas e negativas. Tal Técnica classifica as tendências a partir de uma margem ao aplicar o coeficiente.

Para analisar a distribuição das precipitações pluviais ao longo dos anos (série histórica), foi realizado a classificação dos períodos secos e úmidos usando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), com a análise do grau de severidade e da frequência dos anos secos e chuvosos. Utiliza-se os valores de precipitação normalizados com base em uma série histórica da estação de uma determinada região. o IAC é expresso considerando anomalias positiva (eq. 1) e anomalias negativas (eq. 2).

$$IAC = 3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(M - N)} \right], \text{ para anomalias positivas.}$$

$$IAC = -3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(X - N)} \right], \text{ para anomalias negativas.}$$

Onde:

P= precipitação (mm) atual do período analisado;

\bar{X} = precipitação (mm) média da série histórica (mm);

\bar{M} = média das dez maiores precipitações da série temporal;

\bar{N} = a média das dez menores precipitações da série temporal.

A partir dos valores obtidos, o regime de chuvas poderá ser classificado conforme o IAC de acordo com a tabela 01, onde os valores positivos indicam períodos: chuvoso, muito chuvoso e extremamente chuvoso e valores negativos: seco, muito seco e extremamente seco.



Tabela 1: Classificação dos períodos secos e chuvosos baseado no IAC

Valores do IAC	Classes de Intensidade
$IAC > 4$	Extremamente Chuvoso
$4 > IAC > 2$	Muito Chuvoso
$2 > IAC > 0$	Chuvoso
0	Habitual
$0 > IAC > -2$	Seco
$-2 > IAC > -4$	Muito Seco
$IAC < -4$	Extremamente Seco

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2017)

2. Teste de Pettitt (TP)

O teste de Pettitt (PETTIT, 1979) utiliza a variação do teste de Mann-Whitney, por meio do qual pode-se verificar se duas amostras que fazem parte de uma mesma população. A estatística é feita por meio da contagem do número de vezes que a primeira amostra é maior que a segunda. Esta estatística localiza o ponto onde houve uma mudança brusca na média de uma série temporal.

A lógica do teste é a mesma do teste t: calcula-se uma certa estatística de teste e obtém-se o p-valor a partir da distribuição amostral dessa estatística sob H_0 . A diferença é que ao invés de construir essa estatística com dados originais, eles são previamente convertidos em postos (ordenações). A vantagem é que, com isso, as suposições de normalidade e homogeneidade das variâncias não são necessárias, permitindo mais generalidade aos resultados.

3. Teste de Mann-Kendall (TMK)

O TMK é um teste não-paramétrico (Mann, 1945; Kendall, 1975), sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em series temporais de dados ambientais, para este estudo, foram feitas avaliações anuais e mensais das séries temporais. As hipóteses adotadas para o Teste Mann-Kendall são:

H_0 (hipótese nula): Não há tendência presente nos dados.

H_A (hipótese alternativa): Uma tendência está presente nos dados que pode ser de aumento ou de diminuição.

Se o valor p do teste for inferior a algum nível de significância (as escolhas comuns são 0,10, 0,05 e 0,01), então há evidência estatisticamente significativa para se rejeitar a hipótese nula H_0 e aceitar que há tendência de diminuição ou aumento conforme o resultado da



estatística S , e o valor de S é positivo há uma tendência de aumento e se S é negativo há uma tendência de diminuição. A equação é dada por:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{signal} (x_j - x_i)$$

em que S é o resultado da soma das contagens de $(x_j - x_i)$; x_j é o primeiro valor após x_i , n é o número de dados da série temporal. Para cada par de dados são atribuídos os seguintes valores:

$$\text{signal} = \begin{cases} +1 & \text{se } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{se } (x_j - x_i) < 0 \end{cases}$$

A distribuição de probabilidade da estatística S tende à normalidade quando há grandes amostras de observações (n), com média zero e variância dada por:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

em que t_p é o número de dados com valores iguais em certo grupo; q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados em um grupo p . A estatística do teste de Mann-Kendall é baseada no valor da variável ZMK, calculado conforme a equação 4:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Por meio da extensão XLSTAT Statical Software foram gerados os gráficos presentes no trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, buscou-se o levantamento e a preparação dos dados pluviométricos através da verificação de sua consistência, adoção de técnica para preenchimento de falhas existentes etc. através da aplicação das técnicas de regressão linear simples e ponderação regional no software Excel), foram obtidos uma longa e confiável série temporal de dados mensais (1986-2020).

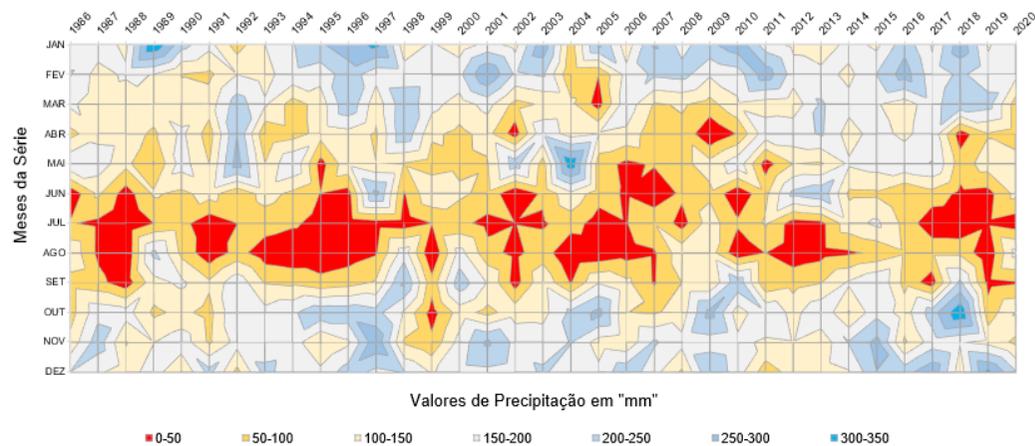
Nas séries de precipitações, o Estado de Mato Grosso do Sul foi subdividido em quatro setores climáticos, denominados: I - *Paraná Sul*, II - *Paraná Norte*, III - *Bodoquena* e IV - *Pantanal*. Abaixo são apresentadas as pranchas contendo a espacialização mensal das chuvas e a o resultado por meio de gráficos de acordo com a aplicação de cada técnica estatística (IAC, TP e TMK):



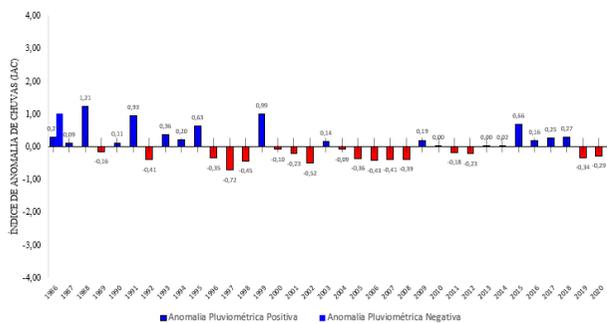
I. SETOR CLIMÁTICO: PARANÁ SUL

MUNICÍPIO	CÓD.	ALTITUDE	AGÊNCIA	PERÍODO	SETOR	MÉDIA (mm)
Tacuru	2355003	371 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1647,8
Iguatemi	2354001	333 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1686,5
Coronel Sapucaia	2355001	510 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1691,6
Itaporã	2254005	342 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1511,6
Glória de Dourados	2254003	422 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1628,2
Rio Brilhante	2154001	321 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1453,8
Bataiporã	2253014	338 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1443,2
Anaurilândia	2252000	284 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1442,5
Dourados	2254007	417 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1501,3
Naviraí	2354000	366 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1501,2
Laguna Carapã	2255003	357 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1574,7
Dourados	2255004	493 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1840,5
Antônio João	2255002	691 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Sul	1714,8

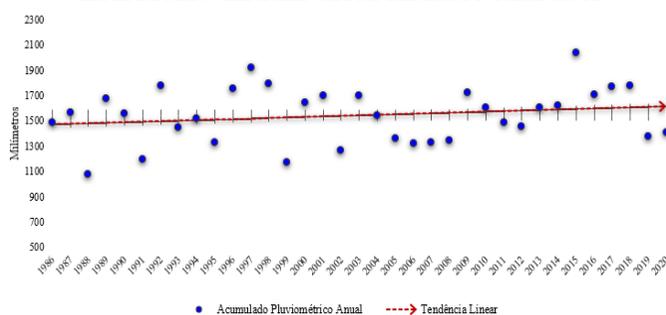
Espacialização mensal das chuvas - 1986 a 2020 - Setor Climático: Paraná Sul



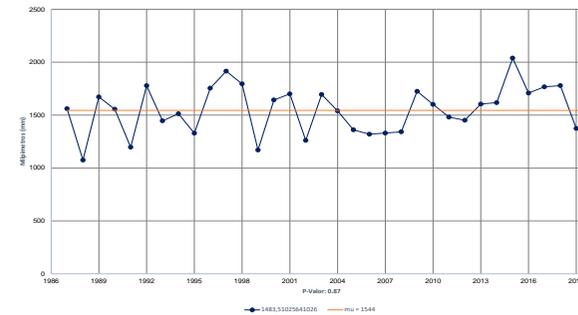
TESTE DE IAC - SETOR CLIMÁTICO: PARANÁ SUL



TESTE DE MANN-KENDALL - SETOR CLIMÁTICO: PARANÁ SUL



TESTE DE PETITT (MANN-WHITNEY) - SETOR CLIMÁTICO: PARANÁ SUL

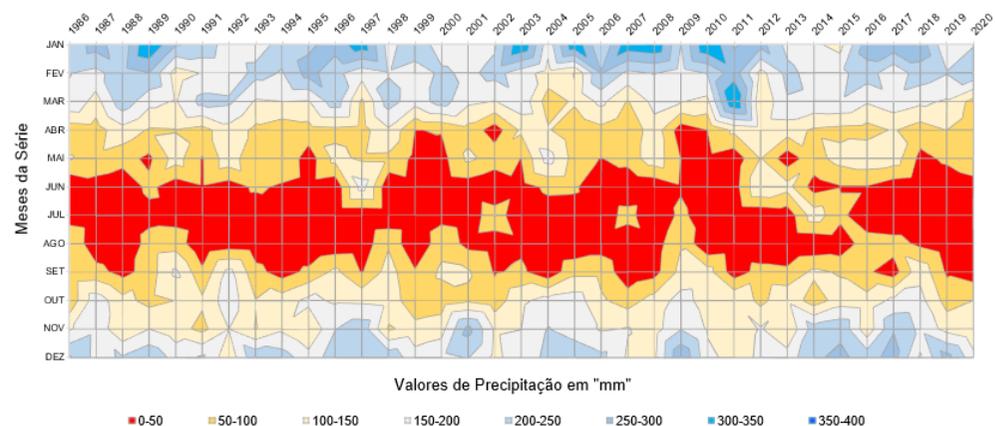




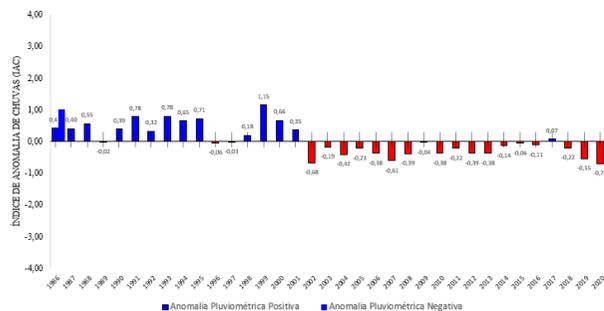
II. SETOR CLIMÁTICO: PARANÁ NORTE

MUNICÍPIO	CÓD.	ALTITUDE	AGÊNCIA	PERÍODO	SETOR	MÉDIA (mm)
Bataguassu	2152001	293 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1415,9
Três Lagoas	2052004	391 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1254,2
Santa Rita do Pardo	2152005	393 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1388,4
Brasilândia	2152014	336 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1313,6
Selvíria	2051045	348 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1295,3
Ap. do Taboado	2051046	375 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1257,2
Cassilândia	1951004	734 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1594,6
Costa Rica	1853004	635 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1724,8
Água Clara	1952001	471 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1585,9
Ribas do Rio Pardo	2054020	515 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1521,9
Chapadão do Sul	1952000	370 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1476,6
Inocência	1951005	502 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1648,3
Pedro Severo	1754004	268 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1625,9
Coxim	1853002	316 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1481,6
Coxim	1854003	250 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1401,1
Rochedo	1954002	259 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1225,2
Rio Negro	1954003	233 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1315,1
Camapuã	1954004	404 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1560,8
Água Clara	2052002	292 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1494,1
Sidrolândia	2054021	469 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1508,3
Aquidauana	2055001	171 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1340,0
Ribas do Rio Pardo	2153002	335 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1366,2
Rio Brilhante	2154006	284 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1410,1
Campo Grande	2154008	349 m	ANA	1986 a 2020	Paraná Norte	1325,4

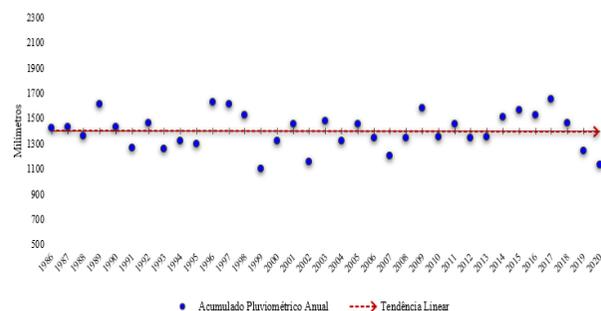
Espacialização mensal das chuvas - 1986 a 2020 - Setor Climático: Paraná Norte



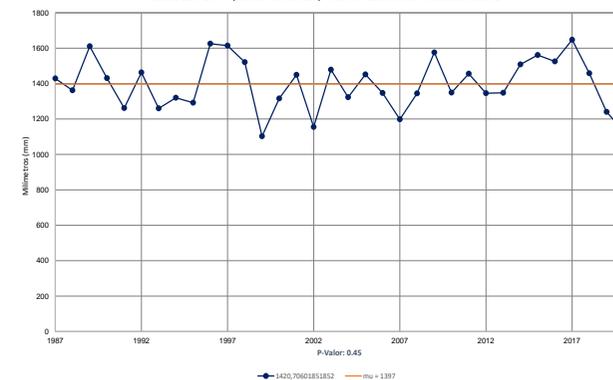
TESTE DE IAC - SETOR CLIMÁTICO: PARANÁ NORTE



TESTE DE M-KENDALL - SETOR CLIMÁTICO: PARANÁ NORTE



TESTE DE PETITT (MANN-WHITNEY) - SETOR CLIMÁTICO: PARANÁ NORTE

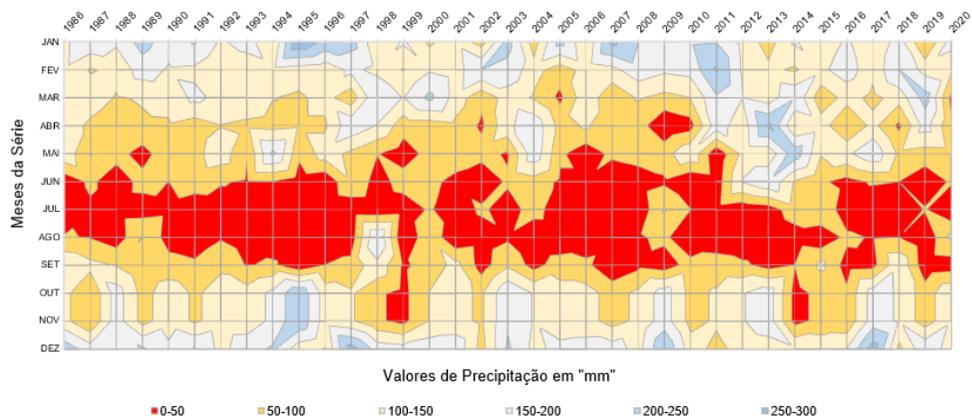




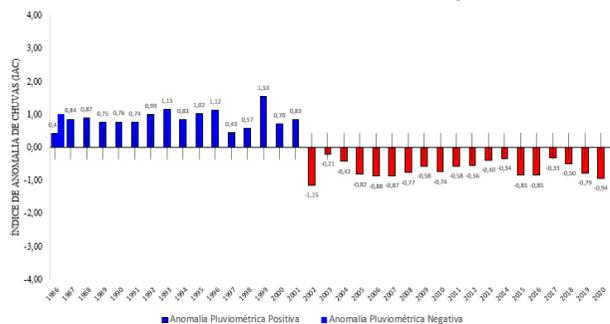
III. SETOR CLIMÁTICO: BODOQUENA

MUNICÍPIO	CÓD.	ALTITUDE	AGÊNCIA	PERÍODO	SETOR	MÉDIA (mm)
Corumbá	1957004	83 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	896,4
Miranda	2056001	141 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1250,8
Porto Murtinho	2056007	192 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1346,6
Corumbá	2057001	108 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1132,8
Nioaque	2155001	210 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1261,6
Bonito	2156000	310 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1239,0
Guia L. da Laguna	2156001	281 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1268,2
Porto Murtinho	2157000	85 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1211,5
Porto Murtinho	2157005	213 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1321,5
Porto Murtinho	2157006	80 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1115,4
Bela Vista	2256001	185 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1415,4
Caracol	2257000	232 m	ANA	1986 a 2020	Bodoquena	1450,6

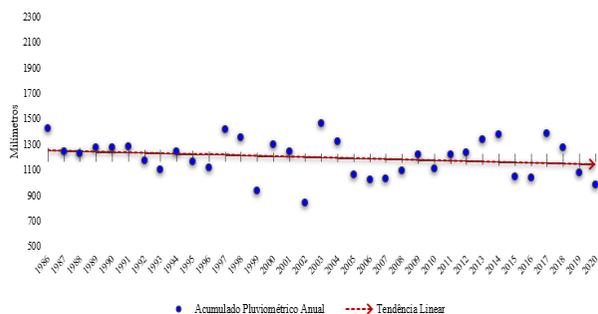
Espacialização mensal das chuvas - 1986 a 2020 - Setor Climático: Bodoquena



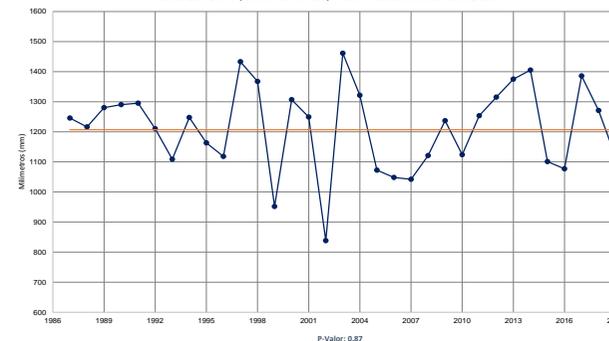
TESTE DE IAC - SETOR CLIMÁTICO: BODOQUENA



TESTE DE MANN -KENDALL - SETOR CLIMÁTICO: BODOQUENA



TESTE DE PETITT (MANN-WHITNEY) - SETOR CLIMÁTICO: BODOQUENA

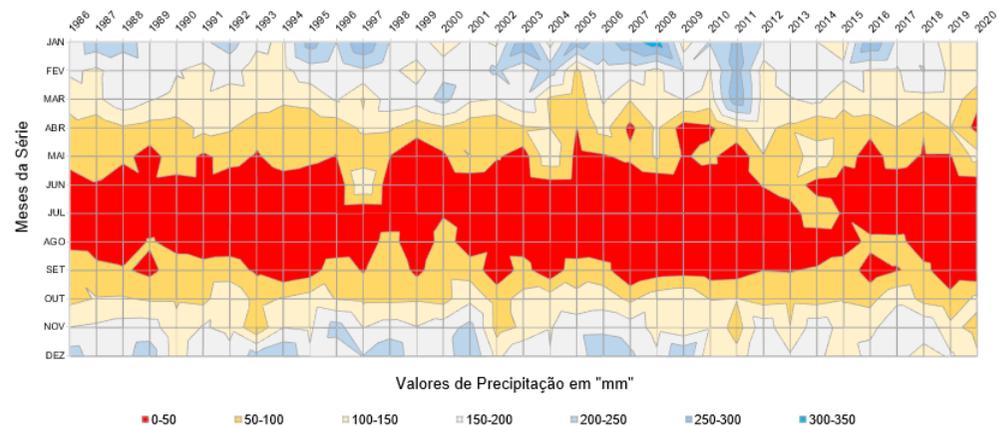




IV. SETOR CLIMÁTICO: PANTANAL

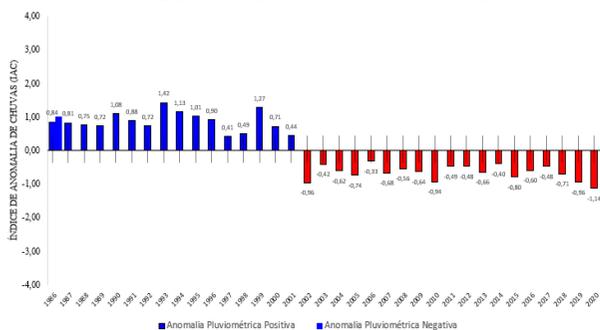
MUNICÍPIO	CÓD.	ALTITUDE	AGÊNCIA	PERÍODO	SETOR	MÉDIA (mm)
Rio Verde de MT	1754011	262 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1076,8
Corumbá	1756002	110 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1154,3
Pedro Gomes	1854001	113 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1478,3
Rio Verde de MT	1854002	340 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1472,2
Coxim	1854004	116 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1342,2
Corumbá	1857001	111 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1220,8
Corumbá	1857003	95 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	885,8
Corumbá	1857005	103 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1262,5
Aquidauana	1955000	130 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1283,5
Corumbá	1956001	96 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	941,2
Itiquira/MT	6652700	128 m	ANA	1986 a 2020	Pantanal	1440,6

Espacialização mensal das chuvas - 1986 a 2020 - Setor Climático: Pantanal

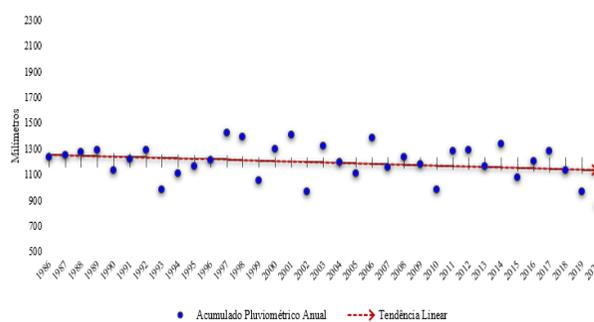


Aquidau:

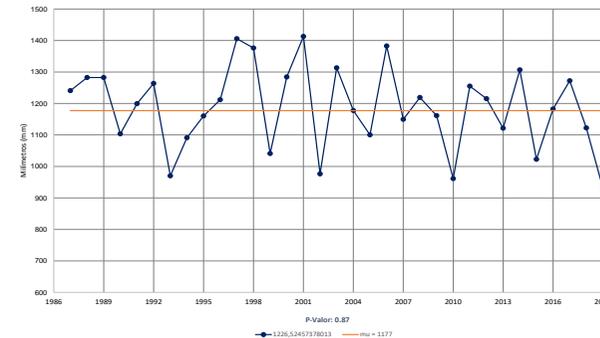
TESTE DE IAC - SETOR CLIMÁTICO: PANTANAL



TESTE DE MANN-KENDALL - SETOR CLIMÁTICO: PANTANAL



TESTE DE PETITT (MANN-WHITNEY) - SETOR CLIMÁTICO: PANTANAL



Organização: Schneider e Silva (2023).



Dos setores climáticos analisados, após a aplicação dos testes de IAC, TP e TMK, foram observados:

- a. Índice de Anomalia de Chuvas (IAC):** A aplicação da técnica se mostrou satisfatória por proporcionar uma melhor visualização das tendências de aumento ou redução das chuvas nos setores climáticos avaliados. Do total dos 63 postos pluviométricos analisados que compreende o período de 1986 a 2020, verifica-se as seguintes informações: 1. **Setor Climático: Paraná Sul** - Tendência para o aumento da variabilidade da distribuição das chuvas, sobretudo a partir dos anos 2000; **Setor Climático: Paraná Norte** – Tendência para a diminuição das chuvas, sobretudo a partir do ano de 2002 e anos seguintes, cuja técnica aponta anomalia negativa para todos os anos. **Setor Climático: Bodoquena** – Tendência para a diminuição das chuvas, sobretudo a partir do ano de 2002 e anos seguintes, cuja técnica aponta anomalia negativa para todos os anos. **Setor Climático: Pantanal** – Tendência para a diminuição das chuvas, sobretudo a partir do ano de 2002 e anos seguintes, cuja técnica aponta anomalia negativa para todos os anos.
- b. Teste de Mann-Kendall (TMK)** - A aplicação da técnica se mostrou satisfatória por proporcionar uma melhor visualização das tendências apresentadas a partir dos quatro setores climáticos apresentados. **Setor Climático: Paraná Sul** - Tendência linear para o aumento das chuvas; **Setor Climático: Paraná Norte** – Tendência linear para estabilidade das chuvas. **Setor Climático: Bodoquena** – Tendência para a diminuição das chuvas. **Setor Climático: Pantanal** – Tendência para a diminuição das chuvas.
- c. Teste de Pettitt (TP)** - A aplicação da técnica demonstrou que as estações escolhidas para cada setor climático apresentam dados homogêneos. A decisão sobre a rejeição ou não da hipótese nula pode ser realizada avaliando se o P-valor obtido no teste, rejeitando-se H_0 para P-valor pequeno. Nesse trabalho adotou-se P valor $\leq 0,05$ (ou 5%). **Setor Climático: Paraná Sul** - P Valor: 0,87; **Setor Climático: Paraná Norte** – P Valor: 0,38. **Setor Climático: Bodoquena** – P Valor: 0,45. **Setor Climático: Pantanal** – P Valor: 0,78. Ao aplicar o teste não foram verificadas rupturas significativas na série histórica.

Ao aplicar a técnica de IAC e TMK para cada postos pluviométrico, foi possível observar os seguintes resultados:



OD	SETOR CLIMÁTICO	POSTOS PLUVIOMÉTRICOS	CÓDIGO	RESULTADO
1	PARANÁ SUL	Tacuru	2355003	Tendência positiva
2		Iguatemi	2354001	Tendência positiva
3		Cel. Sapucaia	2355001	Tendência positiva
4		Itaporã	2254005	Tendência positiva
5		Glória de Dourados	2254003	Tendência positiva
6		Rio Brilhante	2154001	Tendência positiva
7		Bataiporã	2253014	Tendência positiva
8		Anaurilândia	2252000	Tendência positiva
9		Dourados	2254007	Tendência Neutra
10		Naviraí	2354000	Tendência positiva
11		Bocajá	2255003	Tendência positiva
12		Itahum	2255004	Tendência negativa
13		Antônio João	2255002	Tendência positiva
14	PARANÁ NORTE	Porto Uerê	2152001	Tendência positiva
15		Garcias	2052004	Tendência positiva
16		Xavantina	2152005	Tendência positiva
17		Faz. Boa Esperança	2152014	Tendência negativa
18		Selvíria	2051045	Tendência positiva
19		Aparecida do Taboado	2051046	Tendência positiva
20		Árvore Grande	1951004	Tendência negativa
21		Costa Rica	1853004	Tendência negativa
22		Pontal	1952001	Tendência negativa
23		Alegre	2054020	Tendência Neutra
24		Alto Sucurui	1952000	Tendência negativa
25		Inocência	1951005	Tendência negativa
26		Pedro Severo	1754004	Tendência negativa
27		Cachoeira Polvora	1853002	Tendência positiva
28		Jauru	1854003	Tendência Neutra
29		Rochedo	1954002	Tendência negativa
30		Rio Negro	1954003	Tendência negativa
31		Camapuã	1954004	Tendência positiva
32		Água Clara	2052002	Tendência positiva
33		Sidrolândia	2054021	Tendência positiva
34	Cipolândia	2055001	Tendência positiva	
35	Ribeirão Lontra	2153002	Tendência positiva	
36	Retiro Guarujá	2154006	Tendência positiva	
37	Fazenda Ponte	2154008	Tendência negativa	
38	BODOQUENA	Forte Coimbra	1957004	Tendência negativa
39		Miranda	2056001	Tendência positiva
40		Santa Rosa	2056007	Tendência negativa
41		São Simão	2057001	Tendência negativa



42		Nioaque	2155001	Tendência Neutra
43		Bonito	2156000	Tendência negativa
44		Jardim	2156001	Tendência positiva
45		Porto Murtinho	2157000	Tendência positiva
46		Marabá	2157005	Tendência Neutra
47		Barranco Branco	2157006	Tendência negativa
48		Bela Vista	2256001	Tendência negativa
49		Caracol	2257000	Tendência positiva
50	PANTANAL	Aquaruis Barramento	1754011	Tendência negativa
51		Retiro Seguro	1756002	Tendência negativa
52		Pedro Gomes	1854001	Tendência negativa
53		Rio Verde de MT	1854002	Tendência positiva
54		Coxim	1854004	Tendência negativa
55		Amolar	1857001	Tendência negativa
56		São Francisco	1857003	Tendência negativa
57		Fazenda Santa Helena	1857005	Tendência Neutra
58		Iguaçu	1955000	Tendência negativa
59		Paraíso	1956001	Tendência negativa
60		Foz Rio Piquiri	1956002	Tendência negativa
61		Entre Rios	1956003	Tendência negativa
62		Campo Alto	1956004	Tendência negativa
63		Piraputanga	1957005	Tendência Positiva

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação das técnicas de IAC, PT, e TMK possibilitaram uma ótima visualização do grau de variação das chuvas no Estado do Mato Grosso do Sul, apresentando-se como um bom indicador climático para se avaliar a variabilidade pluviométrica, além de servir como parâmetro de comparação entre diferentes metodologias e qual (is) irá (ão) se adequar melhor à necessidade da pesquisa.

Palavras-chave: Séries Históricas; Tendências pluviométricas, Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) Teste de Pettitt, Teste Mann-Kendall

REFERÊNCIAS

DUBREIL, V. FANTE, K. P. PLANCHON, O. Et SANT'ANNA NETO, J. L. **Os tipos de climas anuais no Brasil: Uma aplicação da Classificação de Koppen de 1961 a 2015.** OpenEdition Journals Cofins, 1-21, 2018.

GIRARDI, L. H. de O; SILVA, B. C. N. **Quantificação em Geografia** – São Paulo/SP: DIFEL, 1981.



HELSEL, D.R. **Nondetects and Data Analysis. Statistics for Censored Environmental Data.** New York: Wiley, 2005.

HIDROWEB, **Séries histórias de estações.** Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em 03 de janeiro de 2022.

KENDALL, M.G. **Rank Correlation Methods.** 4.ed. Londres: Charles Griffin, 1975.

MANN, H.B. Non-parametric tests against trend. **Econometria**, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.

MESQUITA, D. A.; FERNANDES, L. L.; ROCHA, G. S.; SILVA, M. N. A.; SILVEIRA, R. N. P. O. Análise de tendência em série temporal, estação pluviométrica São Francisco, Laranjal do Jari – AP. In: Congresso ABES FENASAN 2017, 2017, São Paulo, **Anais...**, São Paulo: ABES, 2017. p. 1-6.

NUNES, A. A.; PINTO, E. J. A.; BAPTISTA, M. B. Detection of trends for extreme events of precipitation in the Metropolitan Region of Belo Horizonte through statistical methods. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 23, n. 9, p. 1-13, 2018.

PETTITT, A. N. **A non-parametric approach to the changepoint problem.** Applied Statistics, London, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979.

ROOY, M.P.V. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos. Weather Bureau of South Africa**, v. 14, n. 1965, p. 43-48, 1965.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.

SCHNEIDER, H. **A Geografia do Clima da Microrregião de Dourados: Regime e excepcionalidades pluviiais no período de 1980 a 2012.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Dourados/MS: UFGD, 2014.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas Estatísticas utilizadas em Climatologia Geográfica: Diagnóstico e Propostas.** Tese de Doutorado. Presidente Prudente/SP/UNESP.2016, 409 p.

SOARES, N., K., de C. **O regime e a variabilidade das chuvas na porção centro-sul de Mato Grosso do Sul, a expansão da cana-de-açúcar e o cenário das mudanças climáticas globais.** Tese de Doutorado. Dourados/MS.UFGD.2018.

SOARES, N. K. de C.; SILVA, C. A. da. **Comparação de Metodologias para preenchimento de falhas em banco de dados pluviométricos: Média aritmética x Ponderação Regional com base em Regressão Linear.** XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Campinas/SP. UNICAMP, 2017.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade? **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 6, n. 3, p. 462-472, 2009.



WAGESHO, N.; GOEL, N.K.; JAIN, M.K. Investigation of nonstationarity in hydro-climatic variables at Rift Valley lakes basin of Ethiopia. **Journal of Hydrology**, n. 445, p. 113- 133, 2012.

WMO. **Guindace to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. World Meteorological Organization N°8, 5th edition, Geneva Switzerland. (1983).

WANDERLEY, H. S.; JUSTINO, F. B.; SEDIYAMA, G. C. Tendência da Temperatura e Precipitação na Península Antártica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, p. 114-121, 2016.

ZAVATTINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul**. São Paulo: USP/FFLCH, Tese (Doutorado), 2009.