Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

CAMPOS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA PREDOMINANTES NAS REGIÕES DE SANTA CATARINA

Predominant atmospheric pressure fields in the Santa Catarina regions

Predominantes campos de presión atmosférica en las regiones de Santa Catarina

Beatriz Rodrigues Bagnolin Muniz
Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC)
beatriz.muniz@edu.udesc.br

Claudia Guimarães Camargo Campos
Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC)
claudia.campos@udesc.br

Maria Laura Guimarães Rodrigues
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI)
laura@epagri.sc.gov.br

Gilmar Conte
Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
gilmar.conte@udesc.br

Resumo: A pressão atmosférica é um elemento meteorológico que rege a dinâmica da movimentação da atmosfera. Logo, em função da rara existência de material bibliográfico, o objetivo artigo é caracterizar os padrões climatológicos da pressão atmosférica e avaliar suas possíveis tendências nas diferentes estações do ano para o Estado de Santa Catarina. Para isso, serão utilizadas séries históricas de pressão atmosférica de 6 estações meteorológicas, Florianópolis, Indaial, Campos Novos, Chapecó, São Joaquim e Lages. Os dados serão filtrados e submetidos a uma análise estatística descritiva e posteriormente serão submetidos ao teste da variância (ANOVA). Após esse procedimento será realizada uma análise de tendência da pressão atmosférica para as seis regiões, por meio do teste de Mann-Kendall. Com os resultados alcançados pelo presente estudo constatou-se que a pressão

atmosférica sofre influência tanto de fatores meteorológicos como de elementos meteorológicos, em função do clima predominante do estado. E para a maioria das regiões observou-se tendências significativas positivas de pressão atmosférica.

Palavras-chave: Campos de Pressão Atmosférica. Variações Regionais. Variações Sazonais.

Abstract: Atmospheric pressure is a meteorological element that governs the dynamics of atmospheric movement. Therefore, due to the rare existence of bibliographic material, The objective of the article is to characterize the climatological patterns of atmospheric pressure and evaluate its possible trends in the different seasons of the year for the State of Santa Catarina. For this, historical series of atmospheric pressure from six meteorological stations, Florianópolis, Indaial, Campos Novos, Chapecó, São Joaquim and Lages will be used. The data will be filtered and submitted to descriptive statistical analysis and later submitted to the variance test (ANOVA). After this procedure, an analysis of the atmospheric pressure trend for the six regions will be performed, using the Mann-Kendall test. With the results achieved by the present study, it was found that atmospheric pressure is influenced by both meteorological factors and meteorological elements, depending on the prevailing climate in the state. And for most regions, significant positive trends in atmospheric pressure were observed.

Keywords: Atmospheric Pressure Campos. Regional Variations. Seasonal Variations.

Resumen: La presión atmosférica es un elemento meteorológico que gobierna la dinámica del movimiento atmosférico. Por lo tanto, debido a la escasa existencia de material bibliográfico, El objetivo del artículo es caracterizar los patrones climatológicos de la presión atmosférica y evaluar sus posibles tendencias en las diferentes estaciones del año para el Estado de Santa Catarina. Para ello, se utilizarán series históricas de presión atmosférica de 6 estaciones meteorológicas, Florianópolis, Indaial, Campos Novos, Chapecó, São Joaquim y Lages. Los datos serán filtrados y sometidos a análisis estadístico descriptivo y posteriormente sometidos a la prueba de varianza (ANOVA). Después de este procedimiento, se realizará un análisis de la tendencia de la presión atmosférica para las seis regiones, utilizando la prueba de Mann-Kendall. Con los resultados alcanzados por el presente estudio, se encontró que la presión atmosférica está influenciada tanto por factores meteorológicos como por elementos meteorológicos, dependiendo del clima imperante en el estado. Y para la mayoría de las regiones, se observaron tendencias positivas significativas en la presión atmosférica.

Palabras clave: Campos de Presión Atmosférica. Variaciones regionales. Variaciones estacionales.

Submetido em: 08/08/2022
Aceito para publicação em: 08/12/2022
Publicado em: 10/01/2023

1. INTRODUÇÃO

O clima é proveniente do processo dinâmico das relações de troca entre a atmosfera e a superfície terrestre, ou seja, Sistema Superfície Atmosfera (SSA). Essas inter-relações são determinadas pelos elementos meteorológicos, os quais são condicionados pelos fatores meteorológicos, resultando na dinâmica climática em um determinado período do ano e lugar (SANTOS; SILVA e SCHNEIDER, 2011).

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2017), os elementos meteorológicos constituintes do clima são: temperatura do ar, umidade do ar e pressão atmosférica, os quais variam espacial e temporalmente sob influência dos fatores geográficos do clima, tais como latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, vegetação e atividades humanas.

A pressão atmosférica é um elemento meteorológico que consiste no peso do ar sobre a superfície terrestre, sendo definido pelo produto da relação entre a massa da atmosfera e a força gravitacional do planeta (JARDIM, 2011).

Assim como os demais elementos meteorológicos são mensurados por estações meteorológicas de superfície e estações meteorológicas de altitude (OLIVEIRA; AMORIM e DERECZYNSKI, 2018), a pressão atmosférica é mensurada por meio de sensores instalados nas estações automáticas (AEROEXPO, 2021). Em estações meteorológicas de altitude, a pressão atmosférica é medida através da radiossonda, que corresponde a uma caixa pequena de PVC com partes internas de isopor composta por sensores, transmissores, antena GPS, processador e bateria, os quais registram e transmitem os valores de pressão do perfil vertical da atmosfera (MCA, 2015).

A pressão atmosférica é um elemento determinante na circulação geral da atmosfera, considerando que a movimentação de massas de ar é proveniente das diferenças de pressão atmosférica entre locais ou regiões. Em nível de superfície, as massas de ar se deslocam de zonas de alta pressão para baixa pressão atmosférica. Juntamente com a diferença de temperatura do ar, no perfil vertical da atmosfera, tem-se variações de densidade do ar que com a ação da força gravitacional, gera a movimentação das massas de ar (BERGAMASCHI e BERGONCI, 2017). Outro fator importante na movimentação das massas de ar é o movimento de translação e rotação da terra. Devido a inclinação da Terra em relação ao seu eixo juntamente com o movimento de translação ao redor do sol, a faixa mais quente move-se

sazonalmente sendo esse fenômeno responsável pela formação das estações do ano ou pelo efeito sazonal (ZUFFO, 2015).

Com isso, tem-se a formação dos sistemas sinóticos, os quais são provenientes da dinâmica do comportamento da circulação atmosférica, sendo resultantes de movimentos ascendentes do ar úmido, que se expande com a diminuição da pressão em altitude e resfriamento. Logo, parte do vapor d'água se condensa dando início a formação de nuvens (SILVA; CHAVES e LIMA, 2009). Consequentemente, a pressão atmosférica está diretamente relacionada com os regimes de precipitação em escala global, pois durante o verão austral, há altas porcentagens de nebulosidade sobre áreas tropicais no Hemisfério Sul, em parte em função da convecção ao longo da Zona de Convergência Intertropical, e em áreas subpolares oceânicas devido à advecção do ar úmido. A cobertura mínima de nuvens está associada as regiões subtropicais de alta pressão em todo o ano, enquanto a cobertura de nuvens máxima ocorre sobre o cinturão de tempestades do oceano Antártico em 50-70°S e sobre grande parte da área do oceano ao norte de 45°N (BARRY e CHORLEY, 2013).

Em mesoescala a altitude é um fator meteorológico que estabelece os valores de pressão atmosférica de uma determinada região, seguindo a seguinte relação: quanto maior a altitude de um relevo, ou seja, sua elevação com relação ao nível do mar, menor a pressão atmosférica. Através dessa relação, a pressão atmosférica influencia indiretamente na dinâmica de outros elementos meteorológicos. Pode-se considerar a temperatura do ar como o principal elemento influenciado pela pressão atmosférica, pois normalmente, diminui com a elevação da altitude em torno de 6,5ºC/Km (gradiente térmico). Esta taxa de resfriamento desenvolve-se em função de uma massa de ar em ascensão estar submetida a pressão cada vez menor, aumentando seu volume e diminuindo a temperatura (BINDA; MENDES e KOCHEMBORGER, 2016; FRITZSONS; MANTOVANI e AGUIAR, 2008). Segundo Viera; Cupolilo (2021), fatores como a umidade relativa do ar e a temperatura do ar influenciam diretamente os valores de pressão atmosférica, com variações por decêndios.

Devido a rara existência de referências bibliográficas referentes ao tema, o objetivo do artigo é caracterizar os padrões climatológicos da pressão atmosférica e avaliar suas possíveis tendências nas diferentes estações do ano para o Estado de Santa Catarina.

2. METODOLOGIA

O Estado de Santa Catarina está localizado na região Sul do Brasil, com um domínio territorial de 95.730,684 Km^2 e uma população estimada em 7.164.788 habitantes (IBGE, 2019).

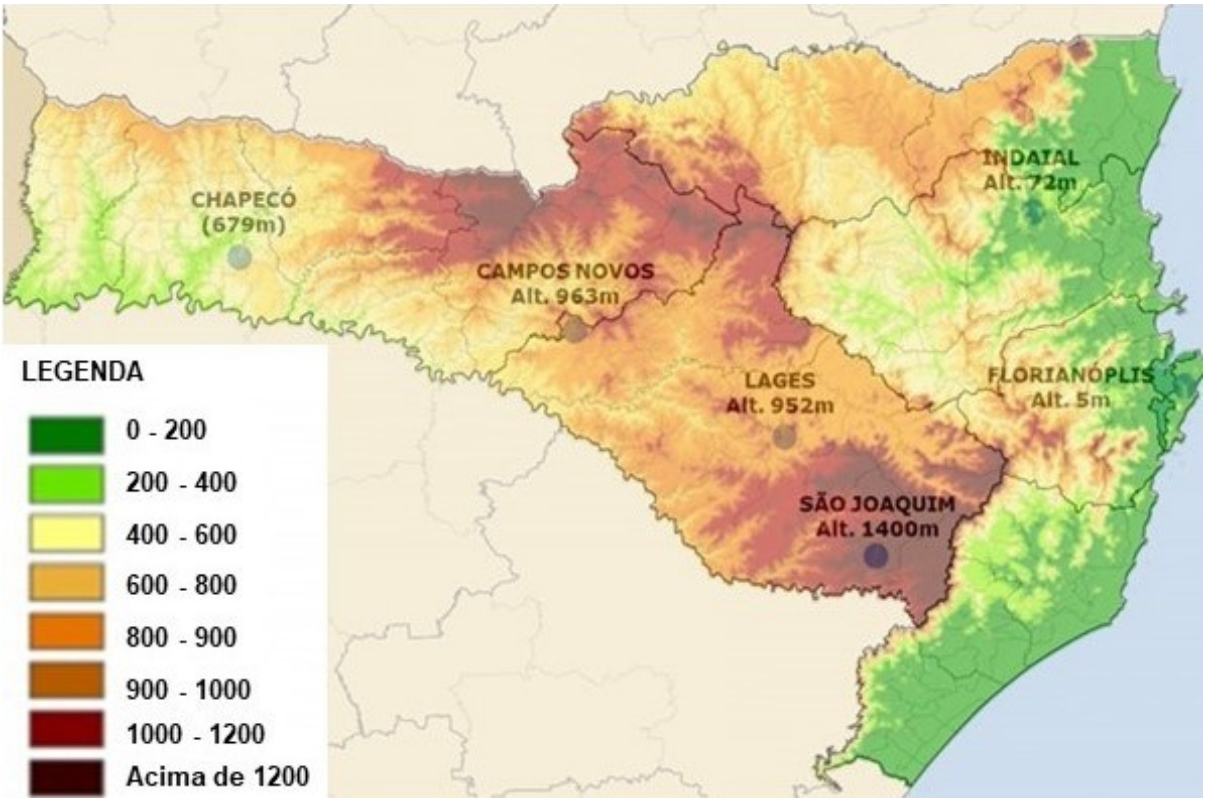
O território catarinense caracteriza-se por apresentar um altiplano com leve inclinação para oeste e uma área que se desenvolve da borda do planalto até o mar, denominados, respectivamente, por Região do Planalto e Região do Litoral e Encostas (JÚNIOR, 1986).

Segundo a classificação de KÖPPEN o clima do Estado de Santa Catarina foi definido como mesotérmico úmido, sem estação seca (*Cf*), incluindo dois subtipos, clima subtropical úmido (*Cfa*) e clima temperado marítimo úmido (*Cfb*) (DUBREUIL, 2018).

Em função da sua localização geográfica, Santa Catarina é um dos Estados do país com melhor distribuição de precipitação anual, sendo os principais sistemas responsáveis as frentes frias, atuantes em todas as épocas do ano, com frequência semanal, que provocam mudanças de temperatura, vento e pressão atmosférica (SATYAMURTY e MATTOS, 1989; RODRIGUES *et al*., 2004). Esses sistemas são acompanhados de massas de ar frio, inseridas em centros de alta pressão que provocam os bruscos declínios de temperatura (ALVES e MINUZZI, 2018). Outros importantes sistemas que provocam alterações bruscas de pressão em Santa Catarina são os ciclones que se deslocam sobre o Sul do Brasil provocando chuva (PEREIRA e AMBRIZZI, 2011).

Para o desenvolvimento do estudo em questão foram utilizados dados de séries históricas de pressão atmosférica de seis Estações Meteorológicas situadas nas seguintes localidades: Campos Novos, Indaial, Lages, Chapecó, São José e São Joaquim, abrangendo diferentes regiões do território catarinense (Figura 1).

Figura 1 - Localização das estações meteorológicas EPAGRI E INMET.



Fonte: Adaptado Jesus (2017).

Essas estações meteorológicas foram utilizadas em função da disponibilidade de séries históricas com registros mais antigos, nesse caso de 1990 a 2019, contemplando um período de 30 anos. Os dados foram obtidos da rede de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI)/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM).

Para a caracterização dos campos de pressão atmosférica predominantes no Estado de Santa Catarina, inicialmente verificou-se a quantidade de falhas existentes nas séries históricas utilizadas no estudo. De acordo com a metodologia utilizada por Sá *et al*. (2018), períodos com ausência de dados foram desconsiderados. As médias mensais foram calculadas a partir de dados diários de estações convencionais e automáticas.

Posteriormente, com o auxílio do software Microsoft Excel[1], os dados de pressão atmosférica das estações meteorológicas foram analisados isoladamente através de análise

[1] *Microsoft Excel®*

estatística descritiva e análise da variância (Anova), em escala sazonal – Verão (Dez/Jan/Fev), Outono (Mar/Abr/Mai), Inverno (Jun/Jul/Ago) e Primavera (Set/Out/Nov).

Para o desenvolvimento de um modelo conceitual dos campos de pressão atmosférica dominantes para o Estado de Santa Catarina, as pressões atmosféricas reduzidas a nível do mar foram obtidas pelo INMET. A partir do valor de pressão obtidos em cada ponto, as isolinhas de pressão atmosférica foram traçadas manualmente sobre o estado de Santa Catarina e desta forma, digitalizadas. Cada isolinha representa um valor de pressão atmosférica e estão espaçadas a cada 2hPa, o que torna possível identificar as áreas de maior ou menor pressão. Segundo Dereczynski e Menezes (2015), quando um fenômeno meteorológico atende às padronizações básicas do seu respectivo modelo conceitual, como comportamento de pressão atmosférica entre outros, se torna possível a realização de análises por meio de sua base de dados. Logo, através de um modelo conceitual é possível identificar áreas características de um determinado elemento meteorológico, ou seja, mapas médios que definem padrões climatológicos (posicionamento médio dos sistemas atmosféricos).

Os registros históricos de pressão atmosférica foram submetidos ao teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975), para verificar a existência de tendências positivas ou negativas nos dados de pressão atmosférica em cada região estudada. Ressalta-se que o teste de Mann-Kendall é largamente aplicado em estudos que visam efetuar análises de séries históricas climatológicas dos mais diversos elementos meteorológicos como temperatura do ar e precipitação (GAVRILOV *et al*., 2016), considerados não paramétricos.

O teste é fundamentado conforme as Equações 1 e 2 (JÚNIOR e LUCENA, 2021).

$$S = \sum_{i=2}^{ni} \sum_{j=1}^{i=1} sinal(xj - xi) \quad (1)$$

Sendo S o valor resultante da soma das contagens de (xj-xi); xj é o primeiro valor após xi, n é o número de dados da série temporal. Para cada par de dados são atribuídos os seguintes valores:

$$sinal = \begin{Bmatrix} 1\ se\ (xj - xi) > 0 \\ 0\ se\ (xj - xi) = 0 \\ -1\ se\ (xj - xi) < 0 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

No geral, uma distribuição aproxima-se de uma distribuição normal quando possui um número de observações elevado com média zero e variância dada pela Equação 3, onde t_i representa o número de ligações *i* (SÁ *et al*., 2018).

$$Var(S) = \frac{n\,(n-1)\,(2n+5)\sum_{i=1}^{n} ti\;(i)(i-1)(2i+5)}{18} \quad (3)$$

A significância de S para a hipótese nula pode ser obtida através de um teste bilateral, sendo que pode ser rejeitada para grandes valores da estatística Z(t) caraterizada de acordo com a Equação 4 (SANTOS e PORTELA, 2007).

$$ZMK = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Var\,(S)}} & se\ S > 0 \\ 0 & se\ S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & se\ S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Por fim, a avaliação ocorre através da aceitação ou rejeição da hipótese nula (H0) com base no nível de significância adotado, nesse caso 5%. Adotando-se esse nível de significância, H0 não foi rejeitada sempre que -1,96 < ZMK < 1,96. Tendências de elevação ou redução resultam em valores positivos ou negativos, respectivamente, de ZMK (BLAIN, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela análise de estatística descritiva são apresentados na Tabela 1. Ressalta-se que os valores considerados foram os que após a verificação das séries históricas das seis estações meteorológicas no presente estudo, não apresentaram mais de 15% de falhas, evitando possíveis interferências aproximando-se em valores mais coerentes para retratar a situação real do comportamento da pressão atmosférica nessas regiões.

Tabela 1 - Análise de estatística descritiva das médias sazonais de pressão atmosférica (hPa) de cada estação.

Estação	Análise	Lages	São Joaquim	Florianópolis	Campos Novos	Indaial	Chapecó
Primavera	Média	908,88	861,47	1015,61	909,61	1007,31	937,4
	Desvio padrão	1,36	1,15	2,19	1,28	2,22	1,51
	Variância	1,84	1,33	4,79	1,65	4,94	2,28
	Mínimo	907,58	860,4	1013,48	908,39	1005,18	936
	Máximo	910,29	862,69	1017,85	910,95	1009,61	939
Verão	Média	907,52	860,82	1012,03	908,05	1003,83	935,65
	Desvio padrão	0,56	0,74	0,31	0,56	0,48	0,76
	Variância	0,32	0,55	0,09	0,31	0,23	0,58
	Mínimo	906,98	860,02	1011,75	907,59	1003,41	935,11
	Máximo	908,1	861,48	1012,36	908,67	1004,35	936,52
Outono	Média	910	862,68	1015,49	913,43	1007,5	938,65
	Desvio padrão	0,95	0,51	1,82	0,78	1,77	1,06
	Variância	0,9	0,26	3,32	0,62	3,14	1,13
	Mínimo	908,98	862,09	1013,67	912,62	1005,68	937,57
	Máximo	910,84	863,02	1017,31	914,18	1009,23	939,7
Inverno	Média	911,99	863,77	1019,3	912,43	1011,18	940,81
	Desvio padrão	0,19	0,36	0,5	0,12	0,32	0,3
	Variância	0,04	0,13	0,25	0,01	0,1	0,09
	Mínimo	911,81	863,36	1018,75	912,35	1010,84	940,45
	Máximo	912,19	864,03	1019,73	912,57	1011,46	940,99

Verificou-se que as maiores médias anuais de pressão atmosférica correspondem aos municípios de Florianópolis (1015,61 hPa) e Indaial (1007,46 hPa). No entanto, as menores médias de pressão atmosférica correspondem aos municípios situados em altitudes elevadas como São Joaquim e Lages, 862,18 hPa e 909,60 hPa, respectivamente. Esse resultado era previsto, pois as regiões de baixa altitude caracterizam-se por valores mais elevados de pressão atmosférica, enquanto as regiões com maiores altitudes, com relação ao nível do mar, caracterizam-se por valores médios de pressão atmosférica menores. Ao explorar as amplitudes, valores de máximos e mínimos, resultantes de cada região de forma isolada, nota-

se que para todas as regiões, mesmo em meses de transição entre estações, os valores médios de pressão atmosférica caracterizam-se por uma amplitude baixa ou seja praticamente não se diferem durante os 3 meses equivalentes a cada uma das quatro estações e sim entre as estações. No entanto, quando confrontando os valores médios de máximos e mínimos entre as diferentes regiões estudadas, novamente a segmentação de cada região torna-se explícita.

Segundo Machado (2018), essa dinâmica refere-se à densidade do ar que é inversamente proporcional a altitude, logo, com o aumento da altitude tem-se uma redução da densidade do ar. Ainda de acordo com o autor, essa relação aplica-se também para a pressão atmosférica, pois a pressão atmosférica a uma determinada altitude condiz com a força desempenhada pelo peso da coluna de ar acima da altitude em questão.

Outro resultado importante alcançado com a aplicação da estatística descritiva foi a variância da pressão atmosférica nas diferentes regiões estudadas. De acordo com os resultados, a variabilidade é influenciada conforme as estações do ano. Nas estações de primavera e outono teve-se uma maior variabilidade dos registros de pressão atmosférica, especialmente nas regiões de baixa altitude, Florianópolis e Indaial. Esse resultado é esperado, por serem a primavera e o outono as estações de transição, quando se observam tanto períodos de frio como períodos mais aquecidos. E principalmente na primavera observa-se uma maior variação nas temperaturas, com maiores períodos de atuação de massas de ar frio em setembro e períodos bem aquecidos com atuação da massa Equatorial em novembro, o que ocorre principalmente nas localidades mais ao norte de Santa Catarina, mais influenciadas pela atuação da massa Equatorial (NIMER, 1989). No inverno a diferença da variabilidade entre as diferentes regiões estudadas é baixa, sendo Florianópolis o município de maior destaque atingindo uma variabilidade de aproximadamente de 0,25. No outono os valores correspondem a 3,32 e 3,14, sendo que no período de primavera a variância eleva-se para ambos os municípios atingindo os valores de 4,79 e 4,94, para Florianópolis e Indaial, respectivamente. Porém, no período de verão o comportamento da variabilidade da pressão atmosférica é oposto. Pois nessa estação foi verificado que a maior variabilidade da pressão atmosférica corresponde as regiões com altitudes mais elevadas, como São Joaquim, Chapecó, Lages e Campos Novos que atingiram valores de 0,55, 0,58, 0,32 e 0,31, respectivamente.

Os centros de pressão atmosférica sofrem alterações sazonais devido a dinâmica de movimentação da massa Polar no centro e Sul do Brasil. Nos meses mais quentes, há a

recessão da massa Polar que avança preferencialmente pelo oceano. No entanto, nos meses mais frios, tem a predominância da movimentação da massa Polar sobre o continente ocasionando um resfriamento continental propiciando a formação de sistemas de alta pressão atmosférica e diminuindo as condições de instabilidade. No outono e primavera, a massa Polar atua com oscilações, causando anos em que a dinâmica de movimentação assemelha-se as de inverno, e eventualmente ser até superior (BORSATO e MENDONÇA, 2015). Como as regiões localizadas em altitudes mais elevadas apresenta mudanças de temperatura do ar mais acentuadas no período de incisão da massa polar, essas regiões tendem a apresentarem menor variância nos períodos de inverno e maior variância em períodos de verão. Ressalta-se que, em função desse evento, o oposto acontece para regiões localizadas em menores altitudes.

As leis de Boyle e Charles demonstram que as três variáveis, pressão, temperatura e volume são completamente interdependentes, dessa forma qualquer alteração em uma das variáveis acarretará uma modificação na compensação em uma ou até mesmo nas duas variáveis (BARRY e CHORLEY, 2013). Sousa *et al*. (2015) consideram a temperatura do ar como um dos principais elementos meteorológicos que influenciam a pressão atmosférica, pois quando se tem o resfriamento do ar tem-se a elevação da pressão atmosférica e vice e versa. Essa relação foi demostrada no estudo elaborado por Kruk e Freitas (2017), onde os autores ao compararem esses elementos meteorológicos identificaram reduções da pressão atmosférica com a elevação da temperatura do ar e o aumento da pressão atmosférica com a diminuição da temperatura do ar.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 1, foi determinado um modelo conceitual da distribuição da pressão atmosférica no Estado de Santa Catarina. Para isso, inicialmente foi calculada a pressão ao nível médio do mar (PNMM), que representa a redução do valor da pressão atmosférica medida na estação (valores da tabela 1) para o nível mais próximo da superfície (nível médio do mar). Essa redução é necessária para que os valores de pressão possam ser comparados entre si. As Figuras 2 e 3 mostram o modelo conceitual, que é semelhante para os meses de verão e de inverno.

Figura 2 - Campos sinóticos de pressão atmosférica (hPa) inverno.

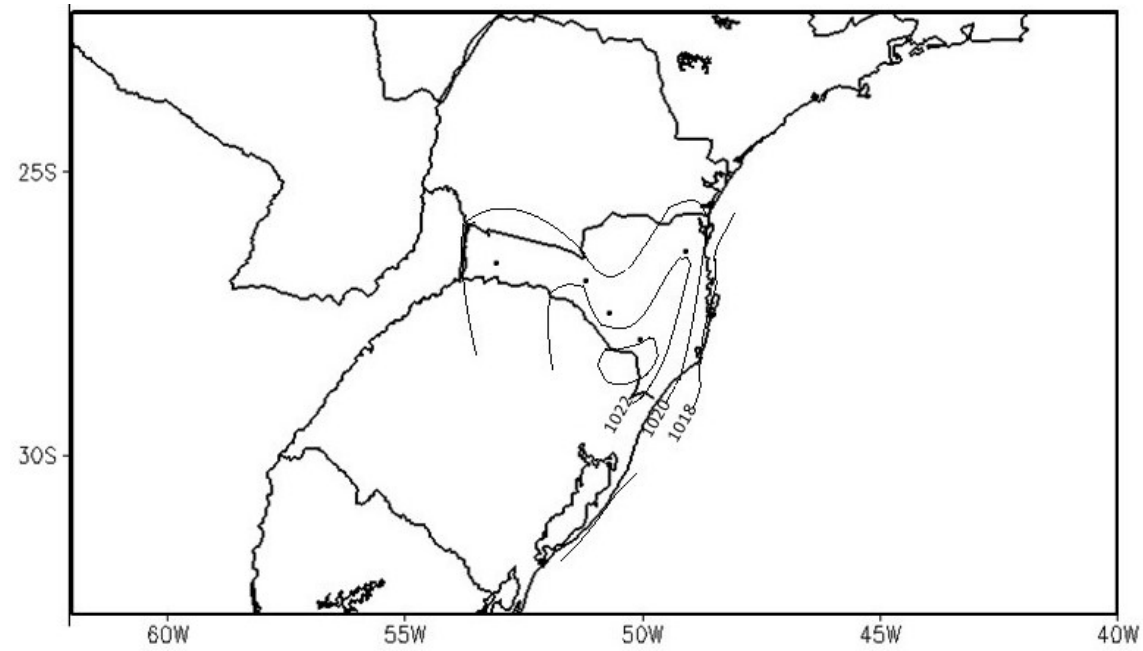
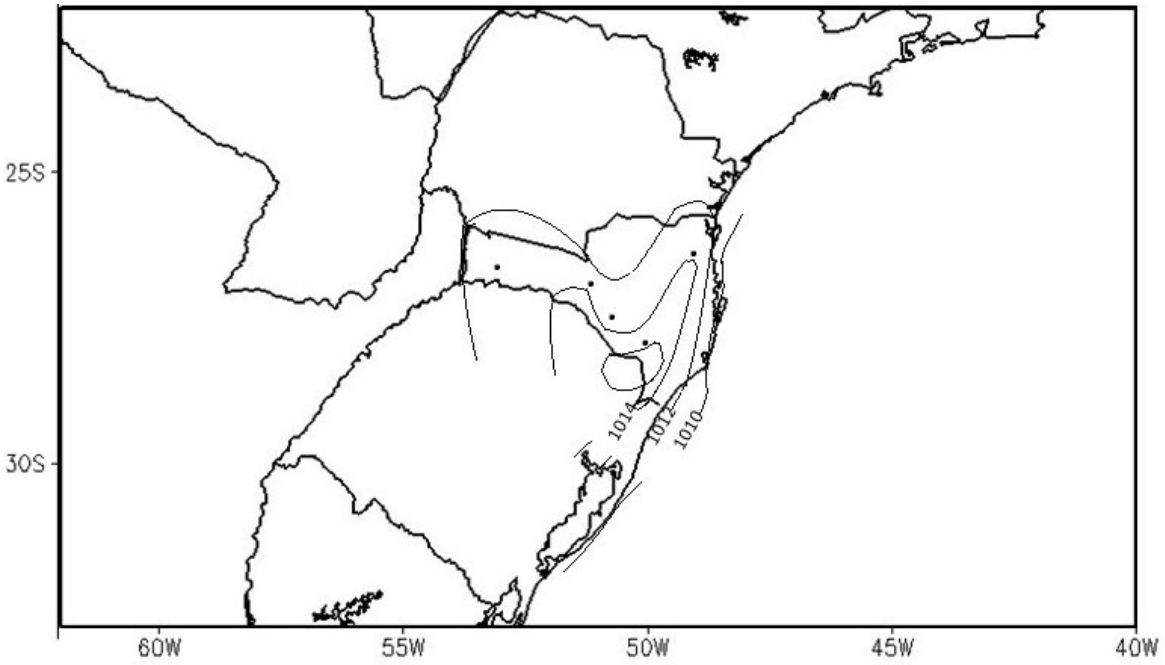


Figura 3 - Campos sinóticos de pressão atmosférica (hPa) verão.



Nas Figuras 2 e 3, observa-se que as linhas de pressão ficam muito próximas entre si nas áreas do Sul Catarinense, o que representa um forte gradiente (variação) de pressão. Essa é uma região com grande variação de altitude, onde as escarpas da serra estão bem próximas do litoral. As isolinhas de pressão ficam bem mais espaçadas entre si em direção ao oeste de Santa Catarina, onde se tem uma área de planalto, sem grandes variações de altitude. Na parte norte do Estado também são encontradas grandes variações de relevo, com a região do Vale

do Itajaí situada em meio às áreas serranas, mas esse contraste é menor em relação ao sul Catarinense. Ou seja, mesmo com a pressão reduzida ao nível do mar, observa-se a forte influência do relevo na distribuição do campo de pressão atmosférica em Santa Catarina.

Com essas constatações relacionadas a essas oscilações tanto temporais quanto espaciais, considerou-se apropriado a submissão desses valores ao teste da variância, a fim identificar a relação existente nessas escalas. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Teste Anova aplicado aos dados de pressão atmosférica.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	263,14	3	87,71	72,82	6,96E-18	2,8
Colunas	217144,93	5	43428,99	36055,81	1,53E-84	2,41
Interações	42,81	15	2,85	2,37	0,01	1,88
Dentro	57,82	48	1,2			
Total	217508,7	71				

Os resultados alcançados demostram que há diferença significativa tanto em escala temporal quanto em escala espacial. Logo, os mapas de padrão sinóticos de pressão atmosférica e a aplicação do teste de Mann-Kendall deve ser efetuada separadamente, com o intuito de detectar e expor a diversificação das médias de pressão atmosférica de acordo com cada escala.

Na Tabela 3 constam os resultados de tendência das médias de pressão atmosférica, obtidos pelo método de Mann-Kendall por estação: verão, outono, inverno e primavera, para as seis regiões avaliadas no estudo. Na sequência, por meio das Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9, são apresentadas as linhas de tendências que foram traçadas ao longo dos utimos 30 anos analisados, em nível sazonal para cada uma das localidades.

Tabela 3 - Teste de Mann-Kendall.

Município	Estações			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Chapecó	3,18	4,28	3,7	3,11
Lages	-2,63	-2,48	-3,7	-2,92
Florianópolis	5,79	5,3	5,11	4,38
São Joaquim	1,86	-1,7	1,13	0,79
Campos Novos	3,5	5,8	3,14	2,71
Indaial	-0,05	0	1,46	-2,04

Figura 4 - Tendência anual média da pressão atmosférica do município de Chapecó.

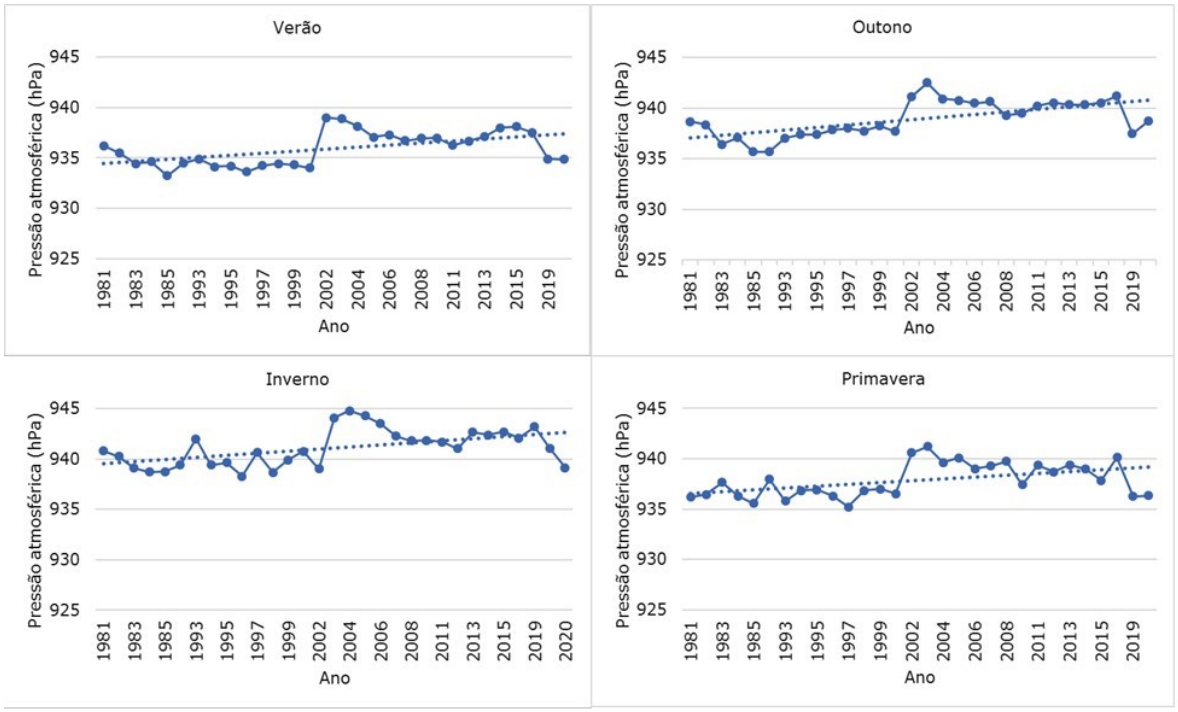


Figura 5 - Tendência anual média da pressão atmosférica do município de Lages.

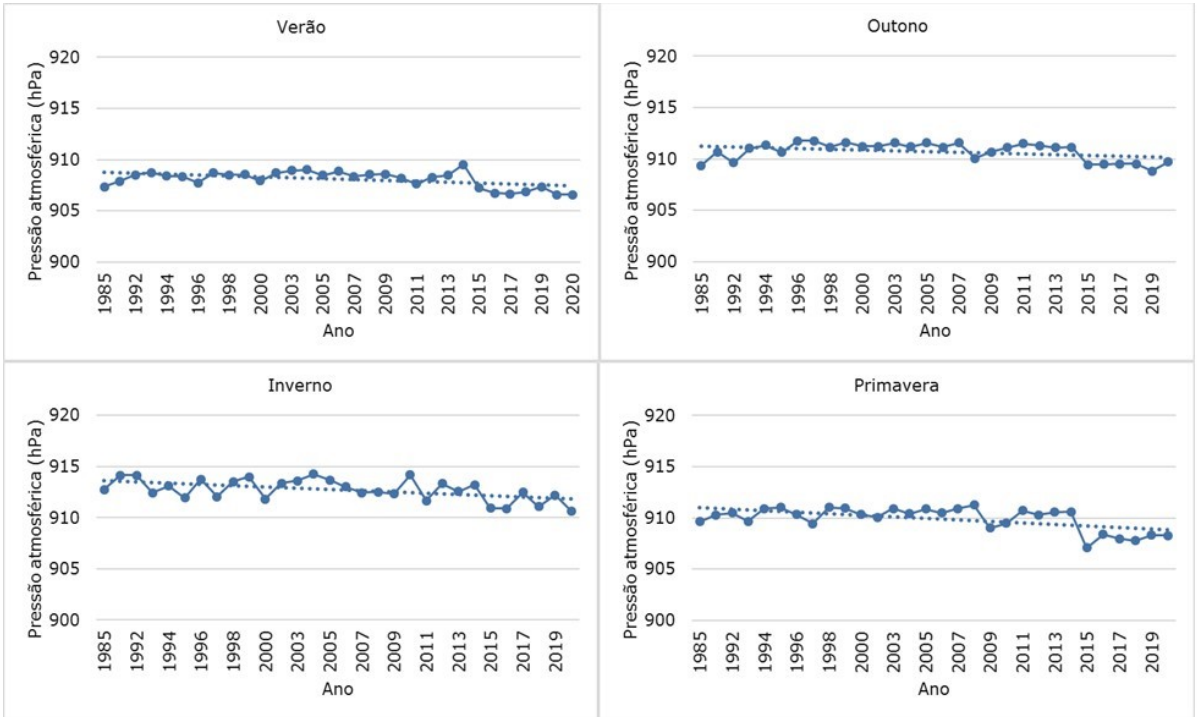


Figura 6 - Tendência anual média da pressão atmosférica do município de Florianópolis.

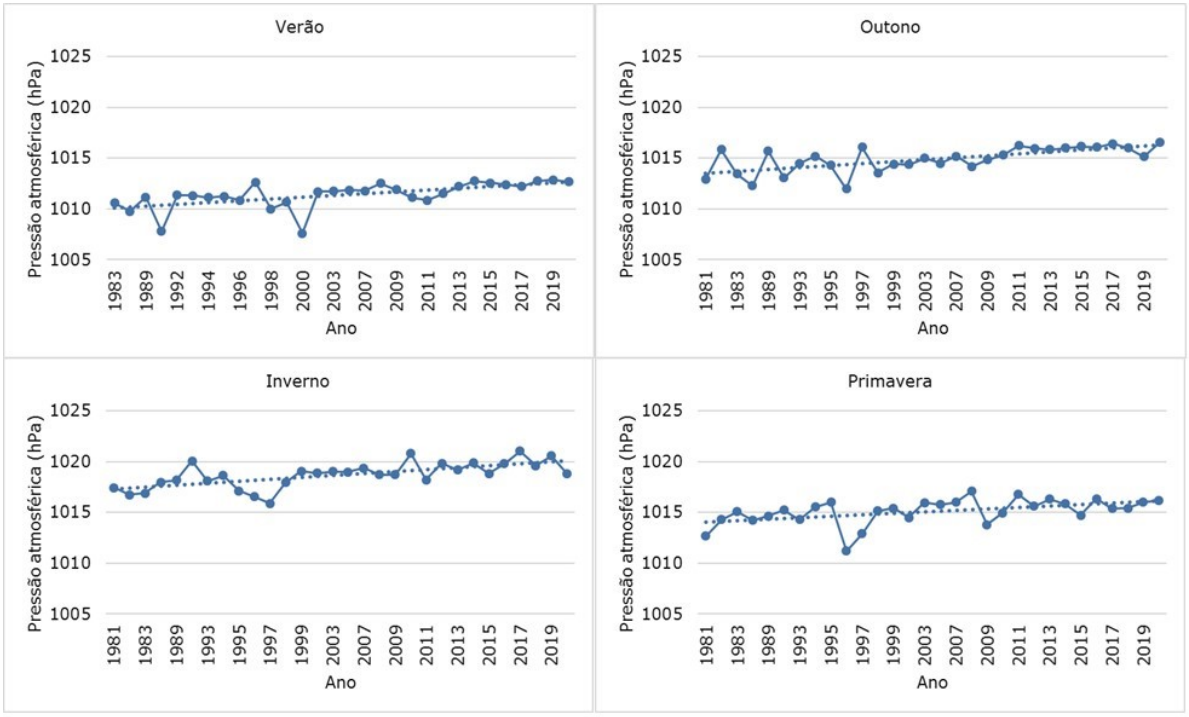


Figura 7 - Tendência anual média da pressão atmosférica do município de São Joaquim.

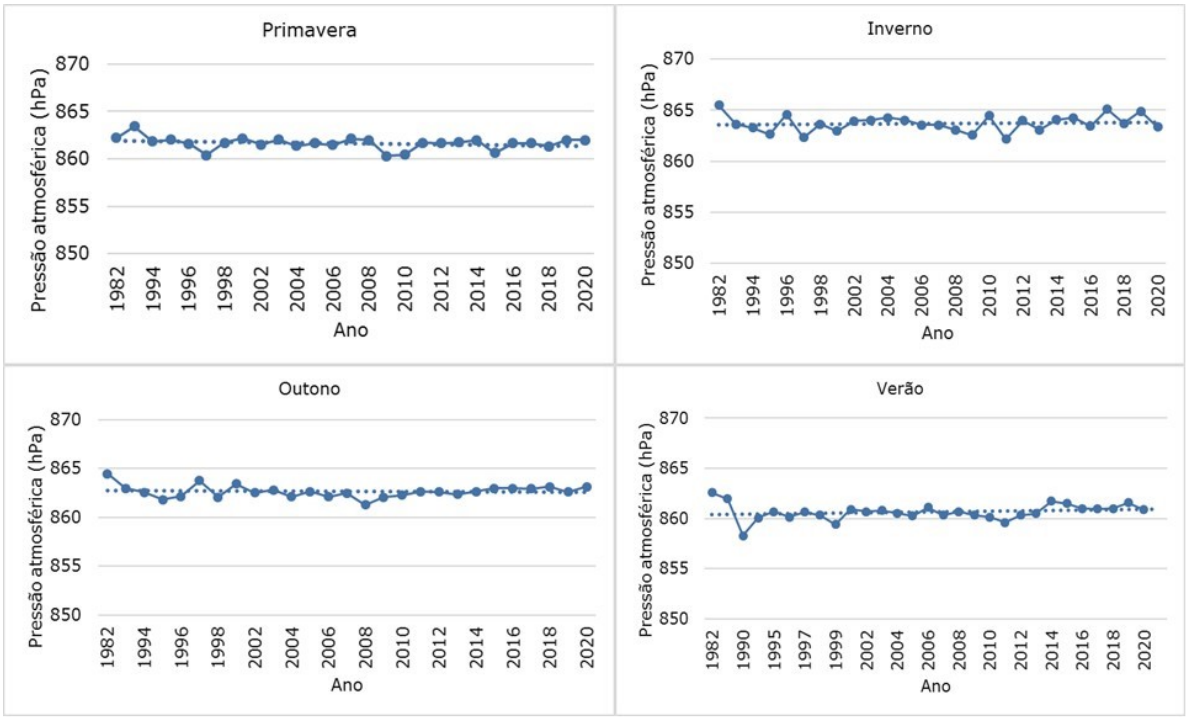


Figura 8 - Tendência anual média da pressão atmosférica do município de Campos Novos.

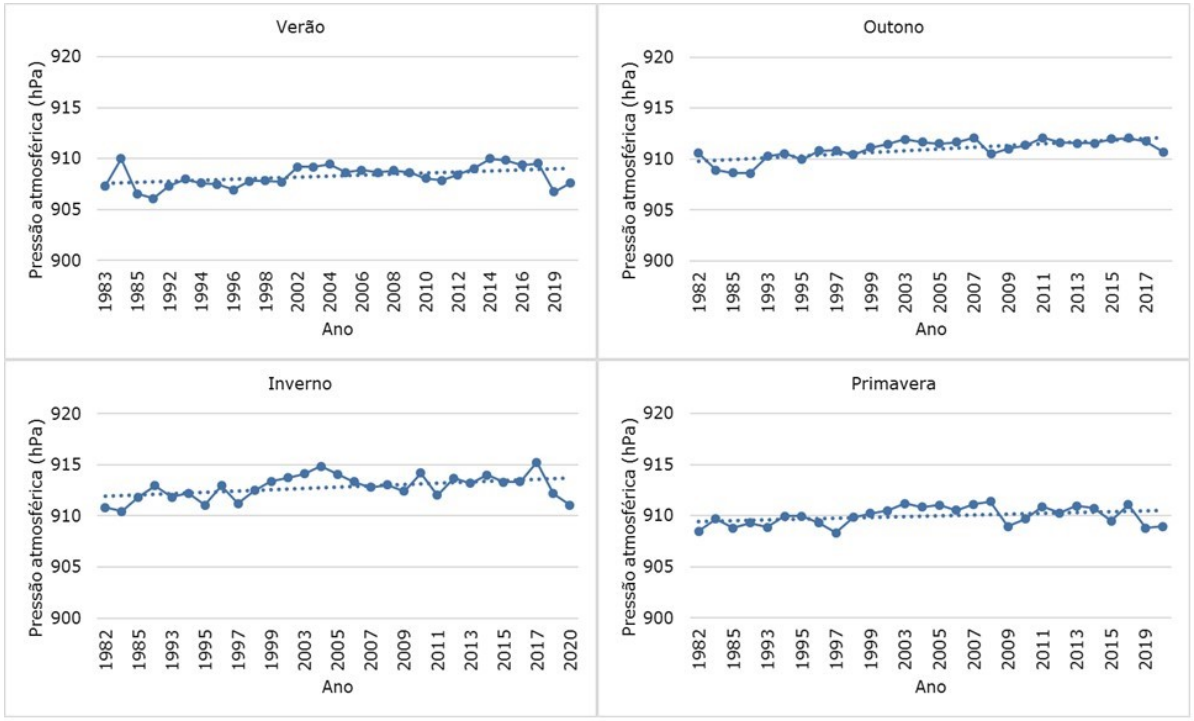
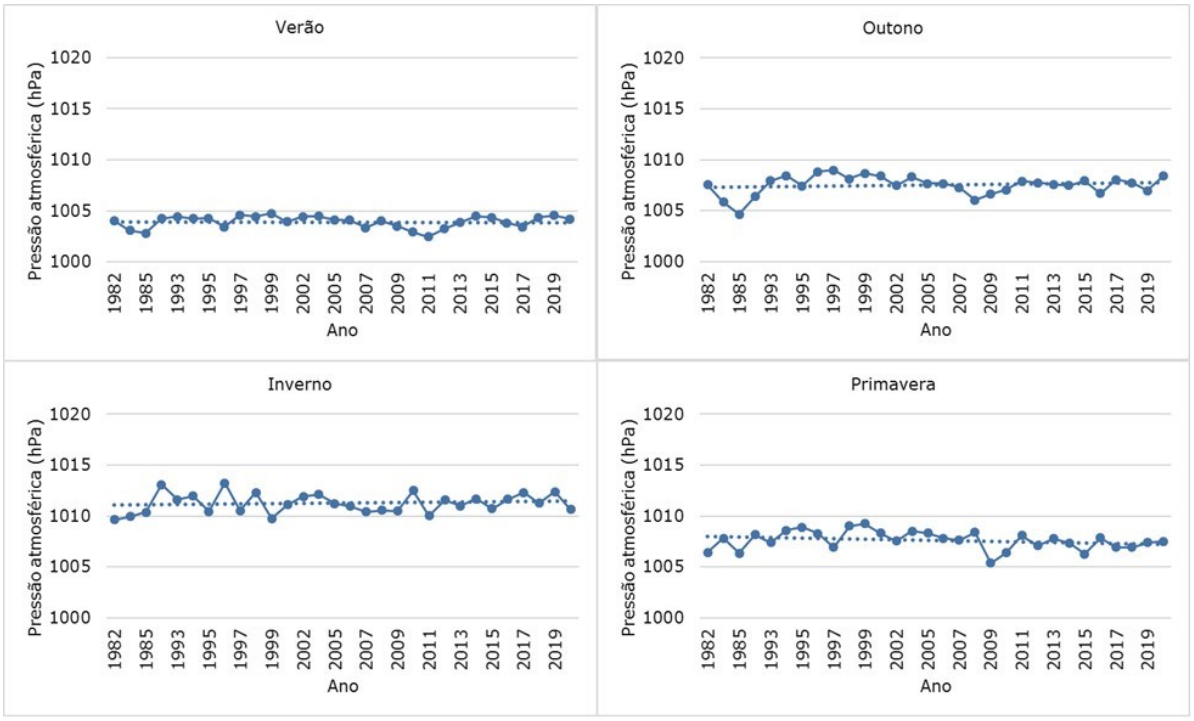


Figura 9 - Tendência anual média da pressão atmosférica do município de Indaial.



No geral, resultados semelhantes foram encontrados no estudo elaborado por Teodoro e Araújo (2012), onde a variação sazonal da pressão atmosférica é evidente, além de ter sido identificado uma repetição de tais variações em um determinado período, nesse caso

a cada 365 observações. As regiões de São Joaquim e Indaial, não obtiveram tendências significativas pelo teste de Mann-Kendall (Tabela 3).

A região de Lages, se distinguiu das demais regiões caracterizando-se com tendências negativas para pressão atmosférica. Ou seja, os valores de pressão atmosférica são menores em anos mais recentes, indicando um predomínio de pressões mais baixas. Segundo Minuzzi (2010), a temperatura mínima do ar possui tendência positiva, sendo essa elevação mais significativa do que o aumento da temperatura máxima do ar, logo, consequentemente tem-se um aumento da temperatura média do ar, devido a diminuição da amplitude térmica da temperatura do ar, característico da região.

As regiões de Florianópolis, Campos Novos e Chapecó, demostraram tendências positivas de pressão atmosférica. Entre essas regiões, a região de Florianópolis destacou-se sobre as demais regiões em função dos elevados valores indicando uma tendência positiva para a localidade, ressalta-se que esses valores se mantiveram positivos e elevados para as quatro estações, verão, outono, inverno e primavera.

Esta situação está vinculada aos resultados alcançados no estudo elaborado por Nóbrega e Santiago (2014). Nesse estudo sobre as séries de anomalias da temperatura da superfície do mar, tanto para o oceano Atlântico quanto para o oceano Pacífico, os autores identificaram tendências positivas para um aumento de temperatura. Souza Neto, Silva e Almeida (2021), constataram que em função do hemisfério sul possuir área oceânica maior do que no hemisfério norte, na parte sul desses oceanos o aquecimento é mais elevado do que na parte norte em virtude da maior absorção de energia. Além disso, identificaram que na parte sul, dos oceanos em questão, tem-se mais variabilidade das anomalias quando comparados com a parte norte.

Como nos períodos mais quentes, como no verão a massa polar movimenta-se preferencialmente pelo interior do Atlântico e depois da linha do trópico junta-se a massa Tropical atlântica (BORSATO e MENDONÇA, 2015), consequentemente, após uma passagem de sistema frontal tem-se uma grande queda de temperatura e aumento da pressão atmosférica (CARDOZO; REBOITA e GARCIA, 2015). Logo, levando em conta a localização geográfica de Florianópolis, pode-se afirmar a influência direta do oceano atlântico sobre a região.

Baixas pressões atmosféricas estão associadas a movimentos verticais ascendentes, favorecendo a formação de nuvens, aumento de nebulosidade e ocorrência de chuvas. No

verão, as chuvas convectivas, associadas a estes padrões, favorecem a chuvas de forte intensidade. No entanto, as mudanças de padrões de pressão com o passar dos anos, podem estar relacionados a alterações mesoclimáticas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que a pressão atmosférica no Estado de Santa Catarina além de sofrer influência direta de fatores meteorológicos, como a altitude e a continentalidade, também sofre influência direta dos demais elementos meteorológicos, como por exemplo a temperatura do ar. Esse comportamento na dinâmica dos campos de pressão atmosférica de Santa Catarina, pode ser explicado devido ao clima característicos do Estado, o qual é caracterizado como subtropical úmido.

A maioria das regiões do Estado apresentaram tendências significativas positivas de pressão atmosférica, ou seja, um aumento nos valores de pressão com o passar dos anos. Além disso, os resultados de tendência da pressão atmosférica encontrados nesse estudo, coincidem com os resultados de tendências que foram encontrados em estudos que visaram identificar o comportamento de outros elementos meteorológicos, como temperatura do ar e temperatura da superfície do mar, que exercem influência sobre a pressão atmosférica.

É de extrema importância a realização de novos estudos que busquem analisar a variação dos campos de pressão atmosférica em função dos principais sistemas meteorológicos de escala sinótica, como sistemas frontais, ciclones e anticiclones, cavados, entre outros, que atuam sobre o Estado de Santa Catarina.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela concessão da bolsa de pesquisa e ao INMET e EPAGRI/CIRAM pela disponibilidade dos dados meteorológicos.

REFERÊNCIAS

AIR EXPO. **Sensor di press barometric**. 2021.

ALVES, Maikon Passos; MINUZZI, Rosandro Boligon. Climatology of winter cold waves in Santa Catarina – Brazil. **Journal of Geography**, [*s.l.*], v. 35, no. 3, p. 308 – 323, 2018. https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.229410.

BARRY, Roger G.; CHORLEY, Richard J. **Atmosphere, Weather and Climate**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 495 p.

BERGAMASCHI, Homero; BERGONCI, Ito. **Plants and the climate**. 1. ed. Guaíba: Agrolibros, 2017. 351 p.

BINDA, Andrey Luis; MENDES, Jonathan; KOCHEMBORGER, Matheus. Urban topoclimates in Chapecó/SC: interactions between urbanization and the urban site. **Geography Bulletin**, [*s.l.*], v. 34, no. 1, p. 154-171, 22 oct. 2016. http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v34i1.27078.

BLAIN, Gabriel Constantino. Detection of monotonous trends in monthly rainfall series in the state of São Paulo. **Bragantia**, [*s.l.*], Campinas, v. 69, no. 4, p. 1027-1033, Dec. 2010. https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400031.

BORSATO, Victor da Assunção; MENDONÇA, Francisco de Assis. Participation of the Atlantic polar mass in the dynamics of the atmospheric systems in Brazil's South Center. Mercator. v. 14, n. 1, p. 113-130, 2015. https://doi.org/10.4215/RM2015.1401.0008.

CABRAL JÚNIOR, Jório Bezerra; LUCENA, Rebecca Luna. Statistical analysis of precipitation and air temperature in semi-arid environments. **Magazine in between-place**, [*s.l.*], v. 12, n. 24, p. 170-191, 30 dec. 2021. http://dx.doi.org/10.30612/rel.v12i24.15139.

CARDOZO, Amanda Balbino *et al*. Climatology of cold fronts in south america and its relationship with the southern annular mode. **Brazilian Journal of Climatology**. v. 17, [*s.l.*], no. 1, p. 9-26, 2015. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.40124.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; AGUIAR, Ananda Virgínia de. Relationship between altitude and temperature: a contribution to climate zoning in the state of Paraná. **Journal of Environmental Studies**. v. 10, no. 1, p. 49-64, 2008. http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2008v10n1p49-64.

GAVRILOV, Milivoj B. *et al*. Analysis of annual and seasonal temperature trends using the Mann-Kendall test in Vojvodina, Serbia. **Quarterly Journal Of The Hungarian Meteorological Service**. v. 120, no. 2, p. 183-198, 2016.

IBGE. **Cities and States**. 2019.

JARDIM, Carlos Henrique. Relationships between temperature, relative humidity and atmospheric pressure in an urban area: hourly comparison between two neighborhoods in the city of São Paulo - SP. **geographies**. v. 1, no. 7, p. 128-142, 2011. https://doi.org/10.35699/2237-549X%20..13313.

JESUS, Fernando Soares de. **Hypsometric map of the State of Santa Catarina**. 2017.

JÚNIOR, Victor Antônio Peluso. The relief of Santa Catarina's territory. **Geosul**. v. 2, no. 2, p. 1-69, 1986.

KENDALL, Maurice G.. **Rank correlation methods**. London: Charles Griffin, 2013.

KRUK, Francieli; FREITAS, Andreza Rocha de. Rhythmic analysis applied to the understanding of extreme hydrological events in the Rio das Antas watershed, Irati – PR. **The Challenges of Physical Geography at the Frontier of Knowledge**, [*s.l.*], p. 1908-1918, 2017. INSTITUTE OF GEOCIENCES - UNICAMP. http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2401.

MACHADO, Antonio Jaschke. Predictability of local atmospheric pressure from altimetric fluctuations recorded in Oeste Paulista. **Geographies Magazine**. p. 96–105, 2018. https://doi.org/10.35699/2237-549X%20..13437.

MANN, Henry B. Nonparametric Tests Against Trend. **Econometrica**, [*s.l.*], v. 13, n. 3, p. 245, july. 1945. http://dx.doi.org/10.2307/1907187.

MENDONÇA, Francisco de Assis; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatology**: basic notions and climates in Brazil. 1. ed. São Paulo: Texts Workshop, 2017.

MINISTRY OF DEFENSE AERONAUTICS COMMAND. Decea Ordinance N° 423/ **Dgcea**: Manual of altitude meteorological stations. São Paulo: Signus Editora, 2015. 31 p.

MINUZZI, Rosandro B.. Tendências na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [*s.l.*], v. 14, n. 12, p. 1288-1293, dec. 2010. http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662010001200006.

NIMER, Edmon. **Climatology of Brazil.** 2nd ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NÓBREGA, Ranyére Silva; SANTIAGO, Gabriela Ayane Chagas Felipe. Sea surface temperature trend in the Atlantic and Pacific Oceans and rainfall variability in Pernambuco. **Mercator**, [*s.l.*], v. 13, n. 1, p. 107-118, 30 apr. 2014. http://dx.doi.org/10.4215/rm2014.1301.0008.

OLIVEIRA, F.P.; AMORIM, H.s.; DERECZYNSKI, C.P. Investigating the atmosphere with radiosonde data. **Brazilian Journal of Physics Teaching**, [*s.l.*], v. 40, n. 3, p. 1-2, 19 feb. 2018. http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0352.

OMETTO, José Carlos. **Plant bioclimatology**. São Paulo: Agronomic Ceres. 1981.

PEREIRA Nadiara; AMBRIZZE, Tércio. **Extratropical cyclones and extreme rainfall events over the Rio de la Plata basin**. Dissertation (Master in Meteorology), Department of Atmospheric Sciences, University of São Paulo, 2011.

RODRIGUES, Maria Laura Guimarães; FRANCO, Davide; SUGAHARA, Shigetoshi. Climatology of cold fronts on the coast of Santa Catarina. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 22, no. 2, p. 135-1514, 2004.

SÁ, Eder Alexandre Schatz *et al*. Trends in daily precipitation in highlands region of Santa Catarina, southern Brazil. **Environment and Water - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [*s.l.*], v. 13, n. 1, p. 1, 16 feb. 2018. http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2149.

SANTOS, João Felipe; PORTELA, Maria Manuela. Trends in Monthly Rainfall Series in Mainland Portugal: Application of the Mannkendall Test. 8th Symposium on Hydraulics and Water Resources in Portuguese Speaking Countries, 2007.

SANTOS, Vladimir Aparecido; SILVA, Charlei Aparecido; SCHNEIDER, Heverton. The characteristics of the climate of dourados (ms) and its connections with the regional atmospheric systems. **Brazilian Journal of Climatology**, [*s.l.*], v. 9, n. 1, p. 1-2, 31 dec. 2011. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v9i0.27711.

SATYAMURTY, Prakki; MATTOS, Luiz Fernando. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. **Monthly Weather Review**, vol. 117, no. 6, p. 1355-1364, 1989. https://doi.org/10.1175/15200493(1989)117<1355:CLTFIT>2.0.CO;2

SILVA, Fernando Moreira da; CHAVES, Marcelo dos Santos; LIMA, Zuleide Maria C.. **Physical Geography II**. Christmas: EDUFRN, 2009.

SOUZA NETO, Pedro Fernandes de; SILVA, Djane Fonseca da; ALMEIDA, Henrique Ravi Rocha de Carvalho. Analysis of the Climate Variability of the Atlantic and Pacific Oceans. **Brazilian Journal of Physical Geography**, [*s.l.*], v. 14, no. 4, p. 1861-1879, 2021. http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1861-1879.

SOUSA, Roberto Pequeno de *et al*. Probabilities for atmospheric pressure in the municipality of Mossoró-RN. **Green Journal of Agroecology and Sustainable Development**, [*s.l.*], v. 10, no. 5, p. 132, 31 dec. 2015. http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3426.

TEODORO, Valiana A.; ARAÚJO, Mirian F. C.; ARAUJO, Lúcio B. Study of the atmospheric pressure of Uberlândia through time series. **National Congress of Applied and Computational Mathematics**. v. 2, no. 1, p. 810-811, 2012.

VIEIRA, Cristiano Alexandre; DUARTE, Neimar de Freitas; CUPOLILLO, Fúlvio. Estudo da atuação do anticiclone subtropical do Atlântico Sul sobre a umidade relativa do ar no entorno do Parque Estadual do Rio Doce por meio de revisão sistêmica da literatura. **Forscience**, [*s.l.*], v. 9, n. 2, p. 1-18, 27 july. 2021. http://dx.doi.org/10.29069/forscience.2021v9n2.e771.

ZUFFO, Antônio Carlos. The Sun, the engine of climate variability. **Dae Magazine**, [*s.l.*], v. 63, n. 198, p. 6-24, 2015. http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.142.