



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA TRATAMENTO DA
INFORMAÇÃO ESPACIAL

**A CLIMATOLOGIA DA MICRORREGIÃO DE JANUÁRIA/MG E SUA
RELAÇÃO COM A VARIABILIDADE DE TEMPERATURAS DA SUPERFÍCIE
DO MAR**

Ewerton Ferreira Cruz

Belo Horizonte

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

C957c Cruz, Ewerton Ferreira
A climatologia da microrregião de Januária/MG e sua relação com a
variabilidade de temperaturas da superfície do mar / Ewerton Ferreira Cruz. Belo
Horizonte, 2022.
650 f. : il.

Orientador: Alecir Antônio Maciel Moreira
Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial

1. Climatologia - Januária (MG). 2. Circulação atmosférica. 3. Mudanças
climáticas. 4. Precipitação (Meteorologia). 5. Correlação de Pearson. 6.
Temperatura. 7. Pacífico, Oceano. 8. Atlântico, Oceano. I. Moreira, Alecir Antônio
Maciel. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-
Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 551.58

Ficha catalográfica elaborada por Fabiana Marques de Souza e Silva - CRB 6/2086

EWERTON FERREIRA CRUZ

**A CLIMATOLOGIA DA MICRORREGIÃO DE JANUÁRIA/MG E SUA
RELAÇÃO COM A VARIABILIDADE DE TEMPERATURAS DA SUPERFÍCIE
DO MAR**

Tese apresentada à Pontifícia
Universidade Católica de Minas Gerais,
como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Geografia –
Tratamento da Informação Espacial,
para obtenção do título de Doutor em
Geografia.

Área de Concentração: Análise Espacial

Linha de Pesquisa: Meio Ambiente

Dr. Marcos Esdras Leite
UNIMONTES

Dr. Lizandro Gemiacki
INMET

Dr. João Henrique Rettore Totaro
PUC-Minas

Dr. Henrique Paprocki
PUC-Minas

Dr. Alecir Antonio Maciel Moreira
PUC-Minas (Orientador)

Belo Horizonte, 31 de agosto de 2022.

*“As nuvens mudam sempre de posição,
mas são sempre nuvens no céu. Assim
devemos ser todo dia, mutantes, porém
leais com o que pensamos e
sonhamos;[...] tudo se desmancha no ar,
menos os pensamentos”*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Vanete Ferreira Cruz e José Roberto da Cruz, por me apoiarem nessa caminhada, desde o início dos meus estudos. Eles foram os maiores incentivadores da minha educação e do meu crescimento profissional.

Agradeço ao meu irmão, Elivelton Ferreira Cruz, por ser compreensivo principalmente nos momentos de stress e de ansiedade.

Agradeço aos meus amigos José Henrique Izidoro e Glaycon de Souza Andrade e Silva, pela amizade, companheirismo e pela troca de experiências.

Agradeço à Fabiano Almeida, o qual esteve presente não somente no mestrado, mas também durante todo o doutorado, me dando conforto quando precisava.

Agradeço aos meus colegas e amigos de trabalho da Escola Estadual São João da Escócia, principalmente Kelly Cristina e Sueli Aparecida, pela paciência e pelos momentos de descontração em um momento agitado.

Agradeço aos profissionais de saúde que me acompanharam principalmente no período final da minha pesquisa.

Agradeço principalmente a Alecir Moreira, que, além de orientador e um exemplo de profissional, foi também um amigo. Alecir nesse processo foi a base da minha saúde mental, mostrando que eu seria capaz.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa que foi fundamental para o desenvolvimento da minha pesquisa.

RESUMO

A Microrregião de Januária, situada no extremo norte do Estado de Minas Gerais apresenta condições transicionais para um domínio climático mais seco. Isso lhe impõe características específicas, como por exemplo, a escassez de recursos hídricos. Não obstante, há que se considerar a relatividade desta escassez. Em diversos pontos do território norte-mineiro (e além), por condições definidas pela dinâmica hidrogeológica, aflora o lençol d'água, compondo ambientes úmidos únicos: as veredas. Apesar de um certo consenso na comunidade científica internacional em torno da mudança do clima, com impactos diretos e indiretos sobre os diversos sistemas socioambientais do planeta, acredita-se que os padrões de variação recente possam estar embutidos no contexto de diversas escalas de variação temporal do sistema climático. Algumas destas escalas de variação têm sido exploradas apenas em tempos relativamente recentes. O El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é uma destas. O ENOS é a interação oceano-atmosfera com influência planetária generalizada. Mudanças dos padrões de temperatura à superfície do mar alimentam diversos fenômenos meteorológicos e climáticos, através de teleconexões. Dentre os efeitos de teleconexões estabelecidas a partir de variações de temperatura dos oceanos encontra-se a mudança no comportamento e ciclicidade da precipitação no Nordeste brasileiro. O mesmo parece aplicar-se ao norte de Minas. Sendo assim, o objetivo geral da pesquisa é analisar a influência da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Pacífico e do Oceano Atlântico Tropical nos parâmetros climatológicos da Microrregião de Januária inserida na Região Norte de Minas Gerais entre os anos de 1980 e 2019. Para a análise, utilizou-se testes de correlação de Pearson considerando a TSM e anomalias do Atlântico (Tropical, Tropical Sul e Tropical Norte) e do Pacífico (Niño 1+2, Niño, 3, Niño 4, Niño 3.4) bem como a identificação dos sistemas atmosféricos em dias de precipitação acima da média dos anos padrões. Como resultado, obteve-se: i) os anos padrões são 1992 (chuvoso), 2007 (normal) e 2015 (seco); ii) a estação de Espinosa/MG parece ter um comportamento diferenciado, sendo mais influenciado pelo ASAS que as demais; iii) há maior influência nas variáveis atmosféricas das TSMs do Atlântico Tropical Sul, Tropical Norte e do Pacífico Niño 1+2 que as demais variáveis oceânicas; iv) há maior correlação entre as variáveis oceânicas e atmosféricas em estações transitórias do período chuvoso: primavera (início) e outono (fim); v) há maior correlação entre as variáveis oceânicas e atmosféricas em La Niña de intensidade forte.

Palavras-chave: ENOS, Precipitação, Correlação de Pearson, TSM, anomalias de TSM

ABSTRACT

The Januária Microregion, located in the extreme north of the State of Minas Gerais in Brazil, presents transitional conditions for a drier climatic domain. This imposes specific characteristics on it, such as the scarcity of water resources. Nevertheless, the relativity of this scarcity must be considered. In several parts of the northern region of Minas Gerais (and beyond), due to conditions defined by hydrogeological dynamics, the water table emerges, composing unique humid environments: the veredas (swampy plains between hills and rivers). Despite a certain consensus in the international scientific community around climate change, with direct and indirect impacts on the various socio-environmental systems of the planet, it is believed that the patterns of recent variation may be embedded in the context of several scales of temporal variation of the climate system. Some of these scales of variation have only been explored in relatively recent times. The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is one of these. ENSO is the ocean-atmosphere interaction with widespread planetary influence. Changes in sea surface temperature patterns feed various meteorological and climatic phenomena through teleconnections. Among the effects of teleconnections established from ocean temperature variations is the change in the behavior and cyclicity of precipitation in the Brazilian Northeast. The same seems to apply to the north of Minas. Therefore, the general purpose of the research was to analyze the influence of the Sea Surface Temperature (SST) of the Pacific Oceans and the Tropical Atlantic Ocean on the climatological parameters of the Januária Microregion between the years 1980 and 2019. For the analysis, Pearson's correlation tests were used considering the SST and anomalies of the Atlantic (Tropical, Tropical South and Tropical North) and of the Pacific (Niño 1+2, Niño, 3, Niño 4, Niño 3.4) as well as the identification of atmospheric systems on days of precipitation above the average of standard years. As a result, we obtained: i) the standard years are 1992 (rainy), 2007 (normal) and 2015 (dry); ii) the Espinosa/MG weatherstation seems to have a different behavior, being more influenced by ASAS than the others; iii) there is a greater influence on the atmospheric variables of the Tropical South Atlantic, Tropical North and Pacific Niño 1+2 SSTs than the other oceanic variables; iv) there is greater correlation between oceanic and atmospheric variables in transitory seasons of the rainy season: spring (beginning) and autumn (end); v) there is greater correlation between oceanic and atmospheric variables in strong intensity La Niña.

Keywords: ENSO, Precipitation , Pearson Correlation, SST, SST anomalies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização Microrregião de Januária	24
Figura 2: Evolução de um evento típico de El Niño e seu impacto no clima sul-americano. ...	41
Figura 3: Anomalias sazonais de precipitação (mm/dia; sombreado) e vento em 850 hPa (m/s; vetores) a fase ENOS negativa, La Niña (coluna da esquerda), e a fase ENOS positiva, El Niño (coluna da direita). Diferenças significantes na precipitação (confiança de 95%) destacadas em linhas pretas.	42
Figura 4: Anomalias sazonais de precipitação (mm/dia; sombreado) e vento em 850 hPa (m/s; vetores) a fase do Dipolo do Atlântico Tropical negativa (coluna da esquerda), e a fase Dipolo do Atlântico Tropical positiva (coluna da direita) ambos durante fase neutra do ENOS. Diferenças significantes na precipitação (confiança de 95%) destacadas em linhas pretas.	45
Figura 5: Série temporal do índice de Oscilação Decadal do Pacífico e do Índice Oceânico Niño	48
Figura 6: Indicação do Dipolo do Atlântico Sul por meio da correlação entre as anomalias de temperatura da superfície do mar e coeficientes de tempo de decomposição de valor singular obtidos a partir da TSM.	52
Figura 7: Circulação geral da atmosfera.....	58
Figura 8: Massas de ar atuantes no Brasil – o verão e o inverno	61
Figura 9: Circulação normal da atmosfera no Brasil.....	63
Figura 10: Atuação das Massas de ar no Brasil.....	65
Figura 11: Localização da Região Sudeste do Brasil	69
Figura 12: Mapa Hipsométrico da Região Sudeste do Brasil.....	70
Figura 13: Sistemas de circulação na Região Sudeste do Brasil	71
Figura 14: Classificação climática da Região Sudeste do Brasil.....	74
Figura 15: Mapa de Localização das Estações Climatológicas a serem utilizadas para a análise climatológica da Microrregião de Januária	84
Figura 16: Fluxograma geral da abordagem metodológica a ser utilizada.....	86
Figura 17: Fluxograma da análise temporal de correlação das variáveis climatológicas.....	88
Figura 18: Ano de ocorrência de eventos de El Nino e de La Nina	89
Figura 19: Localização das amostras de temperatura do mar e suas anomalias para a identificação de El Nino do Oceano Pacífico	90
Figura 20: Localização das amostras de temperatura do mar e suas anomalias do Oceano Atlântico – o Dipolo do Atlântico	91
Figura 21: Esquema para a realização da correlação de Pearson	94
Figura 22: Fluxograma da aplicação do teste de correlação de Pearson e a correção dos dados climatológicos.....	96
Figura 23: Fluxograma resumo do método utilizado.....	108
Figura 24: Mapa das Classes de Rocha da Microrregião de Januária	111

Figura 25: Mapa Litológico da Microrregião de Januária.....	112
Figura 26: Unidades Litológicas da Microrregião de Januária.....	114
Figura 27: Mapa geológico da Microrregião de Januária.....	115
Figura 28: Mapa Pedológico da Microrregião de Januária.....	117
Figura 29: Mapa Hipsométrico da Microrregião de Januária.....	120
Figura 30: Mapa Geomorfológico da Microrregião de Januária	121
Figura 31: Mapa do Uso e Ocupação do Solo da Microrregião de Januária	124
Figura 32: Biomas presentes na Microrregião de Januária.....	125
Figura 33: Cobertura Vegetal da Microrregião de Januária	126
Figura 34: Feições peculiares da Microrregião de Januária - veredas.....	127
Figura 35: Cronologia do desmatamento na Microrregião de Januária.....	129
Figura 36: Unidades de Conservação presentes na Microrregião de Januária	131
Figura 37: Balanço Hídrico Climatológico Normal das estações climatológicas próximas ou inseridas na Microrregião de Januária	133
Figura 38: Mapa Climatológico da Microrregião de Januária.....	139
Figura 39: Distribuição da temperatura mínima média anual no período de 1980-2019 na Microrregião de Januária/MG	143
Figura 40: Distribuição da pluviosidade anual (mm) no período de 1980-2019 na Microrregião de Januária/MG	145
Figura 41: Distribuição da nº de dias de precipitação anual no período de 1980-2019 na Microrregião de Januária/MG	148
Figura 42: A Temperatura Máxima Média Mensal em 1981	154
Figura 43: A Temperatura Mínima Média Mensal em 1981	156
Figura 44: Análise de tendência total pluviométrico médio precipitado - Perfil W-E - Microrregião de Januária - 1980-2019	159
Figura 45: Análise de tendência total pluviométrico médio precipitado - Perfil N-S - Microrregião de Januária - 1980-2019	159
Figura 46: Distribuição Sazonal na precipitação na Microrregião de Januária.....	160
Figura 47: Média do comportamento mensal da precipitação na precipitação na Microrregião de Januária	161
Figura 48: Passagem de frentes frias em julho de 2005	164
Figura 49: Localização das amostras de TSM para a identificação de El Nino do Oceano Pacífico e suas médias entre 1980 e 2020	166
Figura 50: Climatologia de Temperaturas à Superfície do Mar - Oceano Pacífico Equatorial - 1982.- 2019.....	167
Figura 51: Gráfico boxplot do desvio padrão das TSMs do Pacífico por região	168

Figura 52: Anomalias Médias de Temperaturas à Superfície do Mar no Oceano Pacífico Equatorial - 1982 - 2019.....	169
Figura 53: Gráfico das médias sazonais de TSMs e Anomalias das Regiões do Pacífico (1982 a 2020).....	170
Figura 54: Gráfico das médias mensais de TSMs e Anomalias das Regiões do Pacífico (1982 a 2020).....	171
Figura 55: Gráfico das médias sazonais de TSMs e Anomalias das Regiões do Atlântico Tropical (1982 a 2020)	174
Figura 56: Gráfico das médias mensais de TSMs e Anomalias das Regiões do Atlântico Tropical (1982 a 2020)	175
Figura 57: Evolução Oscilação Multidecadal do Atlântico entre Janeiro de 1982 e Fevereiro de 2020	176
Figura 58: Evolução das Anomalias de TSM do Atlântico em suas regiões e a OMA entre Janeiro de 1982 e Fevereiro de 2020	177
Figura 59: Evolução das Anomalias de TSM do Pacífico em suas regiões entre Janeiro de 1982 e Fevereiro de 2020	179
Figura 60: Evolução das Anomalias de TSM dos Oceanos de acordo com as latitudes em que estão inseridos entre Janeiro de 1982 e Fevereiro de 2020	180
Figura 61: Climogramas do ano de 2007	186
Figura 62: Anomalias de precipitação no Brasil em 2007	188
Figura 63: Pressão Média Mensal ao Nível do Mar em 2007	189
Figura 64: Climogramas do ano de 1992	191
Figura 65: Anomalias de precipitação no Brasil em 1992	193
Figura 66: Climogramas sazonais médios do ano de 2007, 1992 e 2015.....	195
Figura 67: Climogramas do ano de 2015	197
Figura 68: Anomalias de precipitação no Brasil em 2015	198
Figura 69: Pressão Média Mensal ao Nível do Mar em 2015	200
Figura 70: Circulação de Walker.....	208
Figura 71: Gráfico de TSM e Anomalias do ATN e ATS.....	210
Figura 72: Anomalias de TSM e de Precipitação em SON de 1989	234
Figura 73: Pressão ao Nível do Mar, Anomalias de TSM e de Precipitação em SON de 2008	236
Figura 74: Anomalias de TSM e de Precipitação em MAM de 1989	240
Figura 75: Pressão ao Nível do Mar, Anomalias de TSM e de Precipitação em MAM de 2008	241
Figura 76: Precipitação e nº de dias de precipitação (mensal e decendial) da estação de Januária/MG nas Normais Climatológicas (1961-1990, 1981-2010, 1991-2010)	258

Figura 77: Distribuição latitudinal do Jato Subtropical por mês em eventos de El Niño e de La Niña	260
Figura 78: Posição média sazonal do Jato Subtropical em eventos de El Niño e de La Niña	261
Figura 79: Localização do ENOS Central e Leste.....	265
Figura 80: Anomalias de precipitação (mm/dia) relacionadas à variação da TSM das regiões central e leste do ENOS por estação do ano	267

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficientes de determinação (R ²) das regressões lineares entre as variáveis climatológicas e a Temperatura do Oceano Atlântico Tropical Norte	99
Tabela 2: Coeficientes de determinação (R ²) das regressões lineares entre as variáveis climatológicas e a Temperatura do Oceano Atlântico Tropical Sul.....	99
Tabela 3: Coeficientes de determinação (R ²) das regressões lineares entre as variáveis climatológicas e a Temperatura do Oceano Pacífico Niño 1+2	100
Tabela 4: IAC das estações climatológicas da Microrregião de Januária de 1980 a 2019.....	103
Tabela 5: N° de dias de precipitação nos Anos Padrões	104
Tabela 6: Número de dias de precipitação dos anos padrões por estação climatológica	105
Tabela 7: Cálculo da média, desvio padrão, e suas variantes do volume de precipitação (mm) dos anos padrões por estação.....	105
Tabela 8: PIB das regiões, Estados, Meso e microrregiões mineiras do ano de 2017	110
Tabela 9: Distribuição dos tipos de solo na Microrregião de Januária.....	118
Tabela 10: Quantitativos da geomorfologia da Microrregião de Januária	122
Tabela 11: Distribuição dos tipos de cobertura do solo na Microrregião de Januária.....	123
Tabela 12: Valores anuais de Precipitação, Evapotranspiração e Excedente Hídrico das Normais Climatológicas	134
Tabela 13: Estatística descritiva das variáveis do balanço hídrico climatológico normal	136
Tabela 14: Estatística descritiva anual das variáveis das estações climatológicas - período 1980-2019.....	140
Tabela 15: Maiores e menores temperaturas mínima, média e máxima mensais.....	153
Tabela 16: Maiores e menores teores de umidade média mensal.....	158
Tabela 17: Maiores precipitações mensais e n° de dias de precipitação mensais	163
Tabela 18: Estatística descritiva das variáveis oceânicas do Pacífico Equatorial - 1982- 2019	167
Tabela 19: Estatística descritiva das variáveis oceânicas do Atlântico anuais.....	172
Tabela 20: Correlação entre as TSMs e Anomalias de temperatura dos Oceanos	182
Tabela 21: Precipitação acumulada anual nos anos padrões	184
Tabela 22: Tmed, Tmax e Tmin média anual nos anos padrões	202
Tabela 23: Dados sazonais dos anos padrões	204
Tabela 24: Sistemas atmosféricos atuantes nos dias de precipitação acima da média nos anos padrões.....	205
Tabela 25: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais	211

Tabela 26: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul	212
Tabela 27: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais no período chuvoso.....	214
Tabela 28: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul no período chuvoso	215
Tabela 29: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais no período seco	216
Tabela 30: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul no período seco	217
Tabela 31: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais no verão	218
Tabela 32: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul no verão.....	219
Tabela 33: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias no outono	220
Tabela 34: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul no outono	221
Tabela 35: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais no inverno	222
Tabela 36: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul no inverno	223
Tabela 37: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais na primavera	224
Tabela 38: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul na primavera	225
Tabela 39: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais em eventos ENOS.....	226
Tabela 40: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais em eventos ENOS positivo.....	227
Tabela 41: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul em eventos ENOS positivo	228

Tabela 42: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais em eventos ENOS negativo	230
Tabela 43: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul em eventos ENOS negativo	231
Tabela 44: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais em eventos ENOS negativo forte na primavera	232
Tabela 45: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul em eventos ENOS negativo forte na primavera.....	233
Tabela 46: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com preenchimento das lacunas com as médias mensais em eventos ENOS negativo forte no outono	237
Tabela 47: Médias das correlações das variáveis com as TSMs do Pacífico (Niño 1+2), Atlântico Tropical Norte e Sul em eventos ENOS negativo forte no outono	238
Tabela 48: Médias gerais das correlações entre as variáveis climatológicas das estações meteorológicas e as variáveis dos oceanos com 4 meses de <i>delay</i> com preenchimento das lacunas com as médias mensais	244
Tabela 49: Diferença entre sem ocorrência de ENOS e com ocorrência de ENOS das médias das variáveis atmosféricas das sete estações climatológicas	252
Tabela 50: Diferença entre ocorrência de El Niño e La Niña das médias das variáveis atmosféricas das sete estações climatológicas.....	254
Tabela 51: Diferença entre ocorrência de El Niño e La Niña das médias das variáveis atmosféricas das sete estações climatológicas.....	254
Tabela 52: Regressão múltipla entre variáveis atmosféricas e oceânicas	256
Tabela 53: R^2 das regressões múltiplas por período do ano	259
Tabela 54: Análise dos sinais dos elementos (constante e variáveis) das regressões múltiplas por período do ano.....	263
Tabela 55: Análise das variáveis das regressões múltiplas por período do ano com indicação do maior valor em módulo	264

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Dados utilizados na pesquisa.....	83
Quadro 2: Estações climatológicas utilizadas para a análise da variabilidade climática	85
Quadro 3: <i>Gaps</i> nos dados climatológicos das estações no período entre 1980 e 2019.....	92
Quadro 4: Classificação da correlação de Pearson.....	94
Quadro 5: Classificação da anomalia de precipitação conforme o Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	102
Quadro 6: História geológica da Microrregião de Januária.....	116
Quadro 7: Unidades de Conservação presentes na Microrregião de Januária.....	130

ANEXOS

Anexo I: Máximos e Mínimos dos valores da estatística descritiva das variáveis climatológicas.....	289
Anexo II: Climogramas mensais das estações meteorológicas com regressão linear	290
Anexo III: Correlação Linear dos dados com lacunas.....	304
Anexo IV: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 1 Mês	311
Anexo V: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 2 Meses	318
Anexo VI: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 3 Meses.....	325
Anexo VII: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses.....	332
Anexo VIII: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 5 Meses	339
Anexo IX: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 6 Meses.....	346
Anexo X: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com as médias mensais	353
Anexo XI: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de El Niño	360
Anexo XII: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de El Niño Forte	367
Anexo XIII: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de El Niño Moderado.....	374
Anexo XIV: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de El Niño Fraco	381
Anexo XV: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de La Niña	388
Anexo XVI: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de La Niña Forte	395
Anexo XVII: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de La Niña Moderada.....	402
Anexo XVIII: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de La Niña Fraca	409
Anexo XIX: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no período chuvoso	416
Anexo XX: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no período seco	423

Anexo XXI: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis na Primavera	430
Anexo XXII: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no Verão.....	437
Anexo XXIII: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no Outono.....	444
Anexo XXIV: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no Inverno	451
Anexo XXV: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de La Niña na primavera.....	458
Anexo XXVI: Correlação Linear dos dados com lacunas com <i>delay</i> de 4 Meses e preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos de La Niña no outono	465
Anexo XXVII: Balanço Hídrico - Gráficos de Classes de Excedente e Déficit Hídrico.	472
Anexo XXVIII: Climogramas das estações meteorológicas no ano de 1992.....	476
Anexo XXIX: Climogramas das estações meteorológicas no ano de 2007.	482
Anexo XXX: Climogramas das estações meteorológicas no ano de 2015.....	489
Anexo XXXI: Média anual e em dias de precipitação por ano da velocidade do vento por estação dos anos padrões.	495
Anexo XXXII: Regressões múltiplas entre as variáveis nº de dias de precipitação, precipitação e temperatura mínima (respostas) e as variáveis oceânicas TSM do Atlântico Sul e TSM do Pacífico Niño 1+2 (preditoras) por período.....	496
Anexo XXXIII: Moda da velocidade do vento anual e em dias de precipitação por estação dos anos padrões	500
Anexo XXXIV: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis	501
Anexo XXXV: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no período chuvoso	508
Anexo XXXVI: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no período seco.....	515
Anexo XXXVII: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no verão	522
Anexo XXXVIII: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no outono	529
Anexo XXXIX: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis no inverno	536
Anexo XL: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis na primavera	543

Anexo XLI: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em ENOS neutro	550
Anexo XLII: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em ENOS positivo	557
Anexo XLIII: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em ENOS positivo forte	564
Anexo XLIV: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em ENOS positivo de intensidade moderada	571
Anexo XLV: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em ENOS positivo de intensidade fraca.....	578
Anexo XLVI: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos ENOS negativo.....	585
Anexo XLVII: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos ENOS negativos de intensidade forte.....	592
Anexo XLVIII: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos ENOS negativos de intensidade moderada	599
Anexo XLIX: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos ENOS negativo de intensidade fraca.....	606
Anexo L: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos ENOS negativo de intensidade forte na primavera.....	613
Anexo LI: Correlação Linear dos dados com preenchimento das lacunas com a média mensal das variáveis em eventos ENOS negativo de intensidade forte no outono	620
Anexo LII: Estatística descritiva de variáveis selecionadas das estações climatológicas por estação – período 1980-2019.....	627
Anexo LIII: Estatística descritiva mensal de variáveis selecionadas das estações climatológicas – período 1980-2019	629
Anexo LIV: Climogramas das Estações Meteorológicas utilizadas na caracterização da Microrregião de Januária	635
Anexo LV: Temperatura Média da Microrregião de Januária	636
Anexo LVI: Temperatura Máxima Média da Microrregião de Januária.....	637
Anexo LVII: Temperatura Mínima Média da Microrregião de Januária	638
Anexo LVIII: Umidade Média da Microrregião de Januária	639
Anexo LIX: Pluviosidade Média da Microrregião de Januária.....	640
Anexo LX: Análise da distribuição da pressão média anual no período de 1980-2019 na Microrregião de Januária/MG	641
Anexo LXI: Pressão Média mensal ao Nível do Mar em 2015.....	643
Anexo LXII: Estatística das TSMs e Anomalias das Regiões do Pacífico Equatorial por Período.....	645

Anexo LXIII: Estatística das TSMs e Anomalias das Regiões do Pacífico Equatorial por Mês	646
Anexo LXIV: Estatística das TSMs e Anomalias das Regiões do Atlântico Tropical por Período.....	648
Anexo LXV: Estatística das TSMs e Anomalias das Regiões do Atlântico Tropical por Mês	649

LISTA DE ABREVIATURAS

AAO - Oscilação Antártica
 ACP - Análise de Componentes Principais
 AMO - Oscilação Multidecadal do Atlântico
 AO - Oscilação do Ártico
 APA – Área de Proteção Ambiental
 ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
 atm – atmosfera
 BA – Bahia
 BRAM - *Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*
 C – Celsius
 CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
 DJF – Dezembro, Janeiro e Fevereiro
 ENOS – El Niño – Oscilação Sul
 ESRI - *Environmental Systems Research Institute*
 etc. – etcetera
 FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente
 g – grama
 h – hora
 HS – Hemisfério Sul
 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 IEDE - Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais
 IEF - Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais
 IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
 INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
 INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
 IOD - Dipolo do Oceano Índico
 IOS – Índice de Oscilação Sul
 IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
 IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
 IT – Instabilidade Tropical
 IVS - Índice de Vulnerabilidade Social

JJA – Junho, Julho e Agosto

km – quilômetro

m – metros

mA – massa de ar antártica

MAM – Março, Abril e Maio

mb – milibar

mEa - massas de ar equatorial atlântica

mEc – massa de ar equatorial continental

mEn – massa de ar equatorial norte

mEp – massa de ar equatorial pacífica

MG – Minas Gerais

min. – minutos

mm – milímetro

Mm – milimolar

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MMA - Modo Meridional do Atlântico

mPa – massa de ar polar atlântica

mPp – massa de ar polar pacífica

mS – massa de ar superior

mTa – massa de ar tropical atlântica

mTc – massa de ar tropical continental

mTp – massa de ar tropical pacífica

N – Newton

N – Norte

NAM - Modo Anular Norte (NAM)

NAO - Oscilação do Atlântico Norte

NAT - *North Atlantic Tropical*

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

NPGO - *North Pacific Gyre Oscillation*

ODP - Oscilação Decadal do Pacífico

OMM - Organização Meteorológica Mundial

OS – Oscilação Sul

Pa – Pascoal

PAR – Parque Estadual

PARNA – Parque Nacional

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PDO - Oscilação Decadal do Pacífico

PRECIS - *Providing Regional Climates for Impacts Studies*

R² - Coeficiente de Determinação

RDS - Reserva do Desenvolvimento Sustentável

REBIO – Reserva Biológica

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

RS – Rio Grande do Sul

RVS – Refúgio da Vida Silvestre

S – sul

SAM - Modo Anular Sul

SAT - *South Atlantic Tropical*

SI – Sistema Internacional de medidas

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SON – Setembro, Outubro e Novembro

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

TASI - *Tropical Atlantic*

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

UFV - Universidade Federal de Viçosa

WGS - *World Geodetic System*

ZACS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
1.1 Objetivos.....	27
1.2 Hipótese norteadora	27
1.3 Relevância científica e social.....	28
2. VARIABILIDADE CLIMÁTICA: CARACTERÍSTICAS, CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS	31
2.1 Fatores de Variabilidade Climática	34
2.1.1 El Niño – Oscilação Sul (ENOS)	36
2.1.2 Dipolo do Atlântico Tropical ou Modo Meridional do Atlântico (MMA).....	43
2.1.3 Outros Fatores de Variabilidade Climática	46
2.2 Circulação Atmosférica.....	54
2.2.1 Circulação Geral da Atmosférica	54
2.2.1.1 Aspectos e características da circulação geral da atmosfera.....	57
2.2.2 Aspectos e características da circulação da atmosfera no Brasil.....	60
2.2.3 Sobre a distribuição e variabilidade da precipitação	66
2.3 O comportamento do clima na região Sudeste brasileira	68
2.4 Perspectivas sobre as mudanças do Clima Global e no Brasil	75
2.5 Estado da Arte sobre a influência da TSM no clima do Brasil	76
3. MATERIAIS E ABORDAGEM METODOLÓGICA	82
3.1 Materiais.....	82
3.2 Abordagem metodológica	85
3.3 Tratamento dos dados	91
3.3.1 O teste de correlação de Pearson	94
3.3.2 Balanço Hídrico: Metodologia Sturges para Classes de Excedente e Déficit Hídrico	96
3.3.3 Espacialização de variáveis climatológicas: os gráficos em três dimensões.....	97
3.3.4 Os testes regressão linear: os coeficientes de determinação.....	98
3.3.5 Definição de anos padrões: médias mais desvios padrões	100
3.3.6 Regressão múltipla em anos padrões: variáveis atmosféricas como resposta e variáveis oceânicas como preditoras	106

4. A MICRORREGIÃO DE JANUÁRIA EM PERSPECTIVA.....	109
4.1 Geologia	110
4.2 Solos	117
4.3 Geomorfologia.....	119
4.4 Uso e cobertura do solo	122
4.5 Aspectos bióticos: as feições peculiares da região.....	124
4.6 O comportamento hidrológico da Microrregião de Januária	132
5. CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA: A MICRORREGIÃO DE JANUÁRIA E OS OCEANOS	138
5.1 A climatologia da Microrregião de Januária	138
5.1.1 O Comportamento térmico e as estações.....	149
5.1.1.1 O verão	149
5.1.1.2 O outono	150
5.1.1.3 O inverno	150
5.1.1.4 A primavera	151
5.1.1.5 Os maiores e menores valores de temperaturas.....	152
5.1.2 A sazonalidade da URA e da precipitação	157
5.1.2.1 A Umidade relativa do ar	157
5.1.2.2 A precipitação	158
5.1.3 A climatologia dinâmica da Microrregião de Januária.....	163
5.2 Climatologia das variáveis oceânicas	165
5.2.1 Análise do Comportamento das Variáveis oceânicas do Pacífico: TSM e Anomalias	165
5.2.1.1 O comportamento sazonal e mensal do Pacífico.....	169
5.2.2 Análise do Comportamento das Variáveis oceânicas do Atlântico: TSM e anomalias	172
5.2.2.1 O comportamento sazonal e mensal do Atlântico	173
5.2.3 Uma análise comparada entre o comportamento dos oceanos Pacífico e Atlântico.	175
6. A RELAÇÃO ENTRE O OCEANO E A ATMOSFERA NA MICRORREGIÃO DE JANUÁRIA	183
6.1 Análise dos anos padrões: 1992, 2007 e 2015	183

6.1.1 O ano normal de 2007	183
6.1.2 O ano extremamente úmido de 1992.....	189
6.1.3 O ano extremamente seco de 2015	194
6.1.4 O comportamento térmico em escalas anual, sazonal e mensal dos anos padrões....	201
6.1.5 Análise dos Sistemas Atmosféricos.....	204
6.2 A correlação entre as variáveis oceânicas e atmosféricas da Microrregião de Januária.....	206
6.2.1 A influência das TSMs no clima da Microrregião com preenchimento dos dados através da aplicação das equações das retas de testes de regressão linear	209
6.2.2 A correlação entre as variáveis oceânicas e atmosféricas	210
6.2.2.1 A influência das TSMs no clima da Microrregião por estações do ano	213
6.2.2.2 A influência das TSMs no clima da Microrregião em eventos ENOS.....	225
6.2.2.3 A influência das TSMs no clima da Microrregião em La Niña Forte na Primavera e no Outono	231
6.2.3 A correlação entre as variáveis oceânicas e atmosféricas: os maiores valores de correlação em 4 meses de <i>delay</i>	242
6.2.4 A relação (diferença) entre as variáveis atmosféricas quando há e não há ocorrência de eventos ENOS.....	251
6.3 A influência das TSMs no clima da Microrregião em eventos ENOS por meio de regressão múltipla	255
6.3.1 Análise Regressão Múltipla sazonal.....	257
6.4 Comparativo entre os resultados da pesquisa e outros estudos	264
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	269
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	274
9. ANEXOS	288