

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

PEDRO CARDOSO DE SALES FILHO

**INFLUÊNCIA DOS FLUXOS DE UMIDADE DA AMAZÔNIA NO OESTE
CATARINENSE:**

A DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI - SC

FLORIANÓPOLIS - SC

2023

PEDRO CARDOSO DE SALES FILHO

**INFLUÊNCIA DOS FLUXOS DE UMIDADE DA AMAZÔNIA NO OESTE
CATARINENSE:
A DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI - SC**

Dissertação apresentada ao
Mestrado Profissional em
Clima e Ambiente do Campus
Florianópolis do Instituto
Federal de Santa Catarina
para a obtenção do diploma de
Mestre em Clima e Ambiente.

Orientador: Dr. Adriano Vitor
Coorientador: Dr. Mário
Francisco Leal de Quadro

FLORIANÓPOLIS - SC

2023

CDD 551.48
S163i

Sales Filho, Pedro Cardoso de
Influência dos fluxos de umidade da Amazônia no oeste catarinense: a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Irani - SC [DIS] / Pedro Cardoso de Sales Filho; orientação de Adriano Vitor; coorientação de Mário Francisco Leal de Quadro – Florianópolis, 2023.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Caracterização de bacias hidrográficas. 2. Análise de vazões. 3. Jatos de baixos níveis. I. Vitor, Adriano. II. Quadro, Mário Francisco Leal de. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE

Aluno (a): *Pedro Cardoso Sales Filho*

Título:	INFLUÊNCIA DOS FLUXOS DE UMIDADE DA AMAZÔNIA NO OESTE CATARINENSE: A DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI - SC
----------------	---

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora em
cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente**

Dr(a). Adriano Vitor



Documento assinado digitalmente
ADRIANO VITOR
Data: 04/09/2023 10:57:48-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Orientador(a) / Presidente / IFSC / Florianópolis – SC

Participação: (☐) Presencial (☐) Videoconferência
(☒) **Aprovado** (☐) **Reprovado**



Documento assinado digitalmente
THIAGO PEREIRA ALVES
Data: 01/09/2023 15:35:38-0300
CPF: 031.525.469-63
Verifique as assinaturas em <https://v.ifsc.edu.br>

Dr(a). Thiago Pereira Alves

Avaliador(a) Interno / IFSC / Itajaí – SC

Participação: (☐) Presencial (☒) Videoconferência
(☒) **Aprovado** (☐) **Reprovado**



Documento assinado digitalmente
DIRCEU LUIS HERDIES
Data: 04/09/2023 10:37:55-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr(a). Dirceu Luis Herdies

Avaliador(a) Interno / INPE - SP

Participação: (☐) Presencial (☒) Videoconferência
(☒) **Aprovado** (☐) **Reprovado**



Documento assinado digitalmente
ERNANI DE LIMA NASCIMENTO
Data: 31/08/2023 14:46:46-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr(a). Ernani de Lima Nascimento

Avaliador(a) Externo / UFSM / Santa Maria - RS

Participação: (☐) Presencial (☒) Videoconferência
(☒) **Aprovado** (☐) **Reprovado**

Este trabalho foi aprovado por:

(☐) maioria simples

(☒) **unanimidade**

Dedico esta pesquisa aos meus queridos pais, Morgana e Pedro, pela dedicação e suporte em todos os momentos da minha formação, assim como aos meus amados irmãos, Davi e Fernando.

A toda a população de Santa Catarina.

À minha amada Carla, por ser minha fonte de motivação e carinho, e aos meus queridos sogros

Agradeço a Deus por todas as bênçãos concedidas.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Adriano Vitor, pelas orientações e esforços que junto ao incentivo constante, possibilitou o andamento deste estudo.

Ao professor Dr. Michel Nobre Muza, por todos os conselhos e supervisão durante as etapas necessárias para a realização deste estudo.

Ao PCAM e a Bolsa PG001-2021, Edital nº10/2021 PROEX/PROPPI/DPP, por meio do Professor Michel Muza, pela oportunidade em participar do Projeto de Pesquisa - Monitoramento climático e gestão ambiental de eventos meteorológicos extremos em Santa Catarina.

A todo corpo de professores docente do mestrado profissional em Clima e Meio Ambiente que de alguma forma contribuíram para o crescimento intelectual deste acadêmico, por meio de seus sábios ensinamentos.

Aos Professores Dr. Dirceu Herdies, Dr. Thiago Alves, Dr. Débora Brentano e Dr. Ernani Nascimento, que honrosamente se dispuseram a analisar este estudo e contribuíram com suas avaliações e sugestões para o desenvolvimento do mesmo.

Ao sábio professor Dr. Mário Quadro, que não mediu esforços para auxiliar no andamento deste estudo e por todas as suas contribuições. Pessoa está que tenho grande admiração pelo seu vasto conhecimento intelectual.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina, Campus de Florianópolis, por ter possibilitado a execução deste estudo, e a todos colaboradores que prontamente se dispuseram a ajudar no que fosse preciso.

As pessoas a quem agradeço: meus amados pais Pedro Cardoso de Sales e Morgana Pereira de Oliveira que sempre me apoiaram e se dedicaram na minha educação, a minha linda esposa Carla Claudino que esteve sempre presente na minha trajetória acadêmica e aos meus queridos irmãos Fernando Cardoso de Sales e Davi Odilon Cardoso de Sales, aos quais tenho grande admiração.

RESUMO

Este estudo investiga a relação entre a evapotranspiração de uma área da Bacia Amazônica, transportada através dos Jatos de Baixos Níveis (JBN), nos períodos onde a Zona de Convergência do Atlântico Sul estava inativa (NZCAS), e a precipitação na Bacia do Rio Irani, situada no estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. Através de análises estatísticas e técnicas de detecção de padrões atmosféricos, foi examinada a relação entre estas variáveis para determinar a caracterização detalhada da bacia hidrográfica. O trabalho inclui o desenvolvimento de um algoritmo de detecção dos JBN, permitindo a identificação mais precisa e detalhada desses eventos troposféricos. Para a detecção dos JBN em diferentes níveis de pressão foi elaborado uma rotina computacional aplicada aos dados das reanálises CFSR e CFSv2, ambos do NCEP. Os dados de Precipitação foram extraídos do modelo MERGE-INPE/CPTEC. Os resultados indicaram uma relação significativa entre a evapotranspiração da região amazônica e a precipitação na Bacia do Rio Irani. Verificou-se também que o JBN desempenha um papel crucial no transporte de umidade da Amazônia para a região estudada. Durante os meses de verão, os eventos de JBN foram mais recorrentes quando a Amazônia está mais ativa em termos de convecção e formação de sistemas convectivos com a ZCAS inativa (NZCAS). Nessa condição o transporte de umidade se dá para o Paraguai, Argentina e Sul do Brasil, mas especificamente na Bacia Hidrográfica do Rio da Prata, resultando em uma maior influência na distribuição espacial e temporal da precipitação na bacia. A análise das vazões na bacia hidrográfica também revelou padrões sazonais e variações significativas ao longo do tempo.

Palavras-Chave: Jatos de baixos níveis. Caracterização de bacias hidrográficas. Análise de vazões.

ABSTRACT

This study investigates the relationship between evapotranspiration from an area of the Amazon Basin, transported through the Low Level Jets (JBN), in periods when the South Atlantic Convergence Zone was inactive (NZCAS), and precipitation in the Irani River Basin, located in the state of Santa Catarina, Southern Brazil. Through statistical analyzes and atmospheric pattern detection techniques, the relationship between these variables was examined to determine the detailed characterization of the river basin. The work includes the development of a JBN detection algorithm, allowing for more accurate and detailed identification of these tropospheric events. To detect JBN at different pressure levels, a computational routine was developed and applied to data from the CFSR and CFSv2 reanalysis, both from NCEP. Precipitation data were extracted from the MERGE-INPE/CPTEC model. The results indicated a significant relationship between evapotranspiration in the Amazon region and precipitation in the Irani River Basin. It was also found that the JBN plays a crucial role in transporting moisture from the Amazon to the studied region. During the summer months, JBN events were more recurrent when the Amazon is more active in terms of convection and formation of convective systems with the SACZ inactive (NZCAS). In this condition, moisture transport occurs towards Paraguay, Argentina and Southern Brazil, but specifically in the Rio da Prata Hydrographic Basin, resulting in a greater influence on the spatial and temporal distribution of precipitation in the basin. Analysis of flows in the river basin also revealed seasonal patterns and significant variations over time.

Keywords: Low-Level Jets. Hydrographic Basin Characterization. Streamflow Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa das Bacias Hidrográficas do Brasil.	20
Figura 2: Regiões Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.	21
Figura 3: Regionalização dos diferentes ciclos anuais de precipitação na América do Sul. R1 corresponde ao sudoeste da AS; R2 ao norte do Chile, noroeste e centrosul da Argentina; R3 ao oeste do Peru, oeste e sul da Bolívia, norte e centro-leste da Argentina e centro-norte do Paraguai; R4 ao sul do Brasil, sul do Paraguai e Uruguai; R5 ao noroeste a sudeste do Brasil; R6 ao norte da região norte do Brasil e litoral do nordeste; R7 ao sertão nordestino do Brasil e R8 ao norte da AS incluindo o estado de Roraima.	24
Figura 4: Médias mensais de precipitação das estações utilizadas na região homogênea R5, meio oeste e oeste de Santa Catarina. Em destaque os três meses seguidos com menor com a menor incidência pluviométrica a direita e a esquerda os meses com maior incidência.	25
Figura 5: Mapa da área de estudo com a localização do Bioma Amazônico e da Bacia do Rio Irani, RH2 - Meio Oeste, Santa Catarina.	36
Figura 6: Localização da Estação Fluviométrica Barca Irani, código 7335000, no município de Chapecó – SC.	42
Figura 7: Faixa de porcentagem de dados presentes para cada ano.	43
Figura 8: Exemplo de Identificação dos JBN pelo critério de Bonner (1969) para a área selecionada na América do Sul - AS.	44
Figura 9: Exemplo de saída gráfica da análise do vento (m/s) em 850 hPa para as 06Z do Sistema de detecção de JBN.	45
Figura 10: Exemplo de transformação dos dados da componente meridional do vento, aplicando a equação 06, para separar os ventos de provenientes de norte dos ventos provenientes de sul.	48
Figura 11: Identificação dos ventos de direção norte através de dados de reanálise do NCEP, dados da componente meridional do vento provenientes de sul.	49
Figura 13: Esquema metodológico de execução do critério B.	52
Figura 13: Esquema de execução do critério C para identificação dos JBN.	53
Figura 14: Esquema vertical de seleção dos pontos de grade com magnitude do vento maior que 12 m/s.	54

Figura 15 – Áreas selecionadas para extração dos dados amostrais.	57
Figura 16: Precipitação média sazonal de 2001 a 2022 na área de estudo. Informações extraídas dos pixels da área de estudo do produto MERGE/INPE- CPTEC.	62
Figura 17: Precipitação média mensal de 2000 a 2022 na área de estudo. Informações extraídas dos pixels da área de estudo do produto MERGE/INPE- CPTEC.	63
Figura 18: Precipitação anual de 2001 a 2022 na área de estudo. Informações extraídas dos pixels da área de estudo do produto MERGE/INPE-CPTEC.	64
Figura 19: Precipitação média sazonal de 2000 a 2022 da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC, dados do produto MERGE/INPE – CPTEC.	66
Figura 20: Precipitação média mensal de 2000 a 2022 da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados do produto MERGE/INPE - CPTEC.....	67
Figura 21: Precipitação média anual de 2000 a 2022 da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados do produto MERGE/INPE - CPTEC.....	68
Figura 22: Mapa de hidrografia e perfil longitudinal da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.	76
Figura 23: Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.....	78
Figura 24: Curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.	80
Figura 25: Mapa de Altitude da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.....	81
Figura 26: Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.....	82
Figura 27: Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.	85
Figura 28 - Variação da área do uso e ocupação do solo durante os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2021 na Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados da coleção 7.1 do Projeto MapBiomias.	86
Figura 29: Uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC. Informações da coleção 7.1 do projeto MapBiomias.	88
Figura 30: Tipos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.....	91
Figura 31: Subprovíncias estruturais da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.	93
Figura 32: Domínios geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.	95
Figura 33: Tipos de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.....	97
Figura 34: Hidrógrafa completa da estação Barca Irani, contendo todos os dados diários de vazão para o período analisado.....	101

Figura 35: Curva de Permanência de Vazões médias diárias da Estação Fluviométrica Barca Irani, Código 7335000. Dados de 1969 a 2014.	103
Figura 36: Curva de Permanência de Vazões médias diárias em escala logarítmica da Estação Fluviométrica Barca Irani, Código 7335000. Dados de 1969 a 2014....	104
Figura 37: Vazões mínimas $Q_{7,10}$ calculada por diferentes distribuições da estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.....	106
Figura 38 - Vazão mínima $Q_{7,10}$ em função do período de retorno, para a distribuição Log de Pearson 3.	107
Figura 39: Vazões máximas - $Q_{MAX,10}$ calculada por diferentes distribuições da estação fluviométrica Barca Irani, código: 7335000.	110
Figura 40: Vazão máxima $Q_{MAX,10}$ em função do período de retorno, para a distribuição Log Normal 3.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados da estação fluviométrica da ANA, Barca do Irani, localizada no Rio Irani, no município de Chapecó-SC.....	41
Tabela 2: Descrição da saída estatística do sistema de detecção dos JBN.....	46
Tabela 3: Nível da camada correspondente a pressão atmosférica estudada.	50
Tabela 4: Exemplo de classificação dos dias com ocorrência de NZCAS, com base nos dias de ocorrência de ZCAS do catálogo de Rosa et al. (2020).	55
Tabela 5: Exemplo de organização dos dados de entrada para teste de correlação Rô de Spearman.	56
Tabela 6: Resultados da saída estatística do sistema de detecção dos JBN para a área de estudo. Estatística mensal de ocorrência diária dos JBN para os anos de 2001 a 2021. UNDCO - Nº de pixels/pontos sem ocorrência de JBN (unidades); VALCO - Nº de pixels/pontos com ocorrência de JBN (unidades); WINMIN - Velocidade do vento mínimo encontrada na vertical (m/s); WINMAX - Velocidade do vento máximo encontrada na vertical (m/s); WINAVE - Velocidade do vento média encontrada na vertical (m/s); WINSIG - Desvio padrão da velocidade do vento (m/s); LEVMIN - Camada inicial da atmosfera onde se encontrou o JBN (nível da camada); LEVMAX - Camada final da atmosfera onde se encontrou o JBN (nível da camada); LEVAVE - Média entre as camadas onde houve ocorrência de JBN (nível da camada); LEVSIG - Desvio padrão das camadas onde houve ocorrência de JBN (nível da camada).....	60
Tabela 7: Correlação Rô de Spearman entre os dados de evapotranspiração, precipitação e vazão sem utilizar filtros de identificação de JBN e dias de NZCAS. .	69
Tabela 8: Correlação Rô de Spearman entre os dados de evapotranspiração, precipitação e vazão utilizando filtros de identificação de JBN e dias de NZCAS.	70
Tabela 9: Resultados do teste de Mann-Whitney entre a precipitação na BH do Rio Irani e a precipitação com filtros de JBN e NZCAS.	72
Tabela 10: Resultados do teste de Mann-Whitney entre a evapotranspiração na Amazônia e a evapotranspiração com filtros de JBN e NZCAS.	72
Tabela 11: Resultados do teste de Mann-Whitney entre a vazão na BH do Rio Irani e a vazão com filtros de JBN e NZCAS.....	73
Tabela 12: Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Irani – SC...	74

Tabela 13: Classes de altitude e áreas correspondentes da Bacia Hidrográfica do Rio Irani.	79
Tabela 14: Relevo e classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.	83
Tabela 15 - Variação percentual do uso e ocupação do solo durante os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2021 na Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados da coleção 7.1 do Projeto MapBiomias.	86
Tabela 16: Classes de vegetação da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.....	89
Tabela 17: Subprovíncias estruturais da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.....	92
Tabela 18: Domínios geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.....	94
Tabela 19: Tipos de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.....	96
Tabela 20: Meses com mais de 5% de falha ou falta de dados, desconsiderados nas análises de vazão da Estação Barca Irani, código 7335000.	99
Tabela 21: Disponibilidade anual de dados para a estação Barca Irani, código 7335000.	99
Tabela 22: Vazões de permanência média diária da Estação Fluviométrica Barca Irani, código: 7335000.....	102
Tabela 23: Cálculo da vazão $Q_{7,10}$ por diferentes distribuições e resultados estatísticos, para a estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.	105
Tabela 24: Vazões médias mensais de longa duração e vazão média de longo termo da estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.	108
Tabela 25: Cálculo da vazão máxima Q_{MAX} por diferentes distribuições e resultados estatísticos, para a estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.	109
Tabela 26: Descarga específica constante para as vazões calculadas da estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.....	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1DIA	Um dia anterior
2DIA	Dois dias anteriores
3DIA	Três dias anteriores
AS	América do Sul
ASAS	Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul
ASPS	Anticiclones Subtropicais do Pacífico Sul
BDIA	Banco de Dados e Informações Ambientais
CE	Ciclones Extratropicais
CFSR	Climate Forecast System Reanalysis
CFSv2	Climate Forecast System Version 2
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
Dd-h	Densidade de Drenagem
Dr	Densidade de Rios
EVTP	Evapotranspiração
FF	Frentes Frias
FPA	Frente Polar Atlântica
GrADS	Grid Analysis and Display System
hPa	Hectopascal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
JBN	Jatos de Baixos Níveis
JST	Jatos Subtropicais
Kf	Fator de forma
Km	Quilômetros
km ²	Quilômetros quadrados
L/s.km ²	Litros por segundo por quilômetro quadrado
LI	Linhas de Instabilidade
m	Metro
m/s	Metro por segundo

m ²	Metro quadrado
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
MDE	Modelo Digital de Elevação
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NZCAS	Não Zona de Convergência do Atlântico Sul
Q	Vazão
Q _{7,10}	Vazão mínima de 7 dias consecutivos para um período de retorno de 10 anos
Q ₉₈	Vazão de permanência com 98% de chance de ser igualada ou superada
Q _{MAX,10}	Vazão máxima com período de retorno de 10 anos
Q _{MLT}	Vazão média de longo termo ou duração
RH2	Região Homogênea do Meio Oeste
SCM	Sistemas Convectivos de Mesoescala
SDS	Secretaria de Desenvolvimento Sustentável
SRTM	Missão Topográfica Radar Shuttle
TSM	Temperatura Superficial do Mar
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos
UTC	Coordenadas Universais de Tempo
VCAN	Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis
VCM	Vórtices Ciclônicos de Mesoescala
Wloc	Matriz com dados Pressão Atmosférica
Wmax	Matriz com dados de Ventos de magnitude máxima
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

Σ	Somatório
+	Soma
=	Igual
*	Multiplicação
$\neq$	Diferente
>	Maior que
<	Menor que
$\approx$	Aproximadamente
%	Porcentagem
ρ	Rô de Spearman

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	17
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	19
2.2	REGIMES HIDROLÓGICOS DA AMAZÔNIA E DO OESTE CATARINENSE	22
2.3	SISTEMAS METEOROLÓGICOS NA AMÉRICA DO SUL	26
2.3.1	<i>Sistemas Sinóticos</i>	26
2.3.2	<i>Sistemas de Mesoescala</i>	29
2.4	RIOS TROPOSFÉRICOS	30
2.5	JATOS DE BAIXOS NÍVEIS NA AMÉRICA DO SUL E MÉTODOS DE DETECÇÃO	32
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
3.1.1	Caracterização Ambiental e Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Irani.....	37
3.1.2	<i>Análise de Vazões da Estação Fluviométrica da Bacia do Rio Irani ..</i>	40
3.2	MÉTODO DE DETECÇÃO DOS JATOS DE BAIXOS NÍVEIS – JBN EM DIFERENTES NÍVEIS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA	43
3.2.1	<i>Validação da Hipótese e Correlação das Variáveis Meteorológicas ..</i>	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4.1	IDENTIFICAÇÃO DOS JBN ÀS 06Z	58
4.2	PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI	61
4.3	RELAÇÃO ENTRE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA AMAZÔNIA E A PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI	69
4.3.1	<i>Teste de Mann-Whitney</i>	71
4.4	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI.....	74

4.5	VAZÕES DE PERMANÊNCIA – Q ₉₈ , MÍNIMA – Q _{7,10} , MÁXIMA – Q _{MAX} E DE LONGO TERMO – Q _{MLT} DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA BARCA DO IRANI	98
4.5.1	<i>Disponibilidade de Dados</i>	98
4.5.2	<i>Vazão de Permanência – Q₉₈</i>	101
4.5.3	<i>Vazão de Mínima – Q_{7,10}</i>	105
4.5.4	<i>Vazão Média de Longo Termo ou Duração – Q_{MLT}</i>	108
4.5.5	<i>Vazão Máxima – Q_{MAX,10}</i>	109
4.5.6	<i>Descarga Específica Constante da Estação Fluviométrica Barca Irani</i>	111
5	PRODUTOS DESENVOLVIDOS	114
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
7	RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	119
	REFERÊNCIAS	120
	APÊNDICE A	129
	APÊNDICE B	150
	APÊNDICE C	151
	ANEXO A	165

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água representa um recurso valioso para o consumo humano, uso industrial, produção agrícola e pecuária. A crescente demanda deste recurso no âmbito mundial, atrelado ao desmatamento das florestas e ao crescimento populacional, pode provocar um aumento significativo dos conflitos de uso. As demandas criadas pelas aglomerações nas cidades geram severas consequências ao meio ambiente e, conseqüentemente, à toda população. Grande parte dos insumos extraídos ou produzidos para atender essas necessidades têm sua origem nos ambientes naturais ou em ambientes que dependem desses recursos.

As mudanças climáticas associadas ao aumento de temperatura decorrentes do desmatamento e da poluição de ecossistemas podem agravar a escassez de água e ameaçar a segurança alimentar, desencadeando fluxos populacionais de migração, aumentando os conflitos sociais e políticos (KELLEY *et al.* 2015). As ações antrópicas concretizam mudanças nas características ambientais e ciclo vitais, sendo a utilização dos recursos hídricos de extrema importância para a sobrevivência do homem (ESTEVES, 1988). De acordo com dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO (2016) as florestas ocupam 1/3 da superfície terrestre. A cobertura vegetal está intimamente relacionada ao clima e à quantidade de água disponível nas bacias hidrográficas, e essas relações podem abranger escalas locais, regionais e continentais (ELLISON *et al.*, 2017).

De acordo com Van der Ent *et al.* (2010), 70% das chuvas sobre a bacia do Rio da Prata são originárias da evapotranspiração da floresta amazônica. Já Fearnside (2004) explica que a quantidade de água na forma de vapor que entra na Amazônia vinda do oceano Atlântico através dos ventos alísios é cerca de 10 trilhões de m³/ano, enquanto a vazão do rio Amazonas na foz é em torno de 6,6 trilhões m³/ano, a diferença que resulta, cerca de 3,4 trilhões m³/ano é exportada em sua maior parte para a região centro-sul do Brasil (FEARNSIDE, 2004).

Os Jatos de Baixos Níveis da América do Sul – JBNAS são formados pela convergência dos ventos alísios e escoamento do vento a leste dos Andes (MARENGO *et al.*, 2004). Estes ventos são responsáveis pelo transporte de umidade da Amazônia para outras regiões da América do Sul. Para qualificar um determinado perfil de vento de baixa altitude como um JBNAS, é essencial que alguns critérios de

sejam atendidos, como uma velocidade máxima local dos ventos nos 3.000 metros AGL mais baixos, a qual deve ser igual ou superior a 12 m/s. Além disso, a velocidade do vento deve diminuir em pelo menos 6 m/s a partir da velocidade máxima até a primeira mínima identificada em altitudes mais elevadas ou até atingir a velocidade a 4000 metros AGL, prevalecendo o que ocorrer primeiro. Os JBNAS podem ocorrer durante qualquer período do ano, no entanto, são identificados com maior frequência entre as estações inverno e primavera e frequências mais baixas durante o verão e o outono (MARENGO, 2002; OLIVEIRA, NASCIMENTO, KANNENBERG, 2018).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS é o principal sistema atmosférico que causa precipitação no sul da Amazônia, se estendendo para a Região Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, partes do Nordeste e Sul do Brasil e Oceano Atlântico sudoeste, entretanto atua somente durante o verão, quando ela tem períodos ativos em geral de 5 a mais dias.

Já Herdies *et al.* (2002) e Marengo *et al.* (2004) sugeriram que o transporte de umidade para o sul do Brasil e possivelmente a precipitação a jusante do JBNAS ou na ZCAS mostra um padrão contrastante, ou seja, um fenômeno de gangorra de precipitação, com aumento da convecção e precipitação devido a um aumento dos JBNAS consistente com fracos períodos de ZCAS, isto é, não-ZCAS, a partir daqui, chamada de NZCAS e vice-versa.

Neste contexto, o presente trabalho pretende relacionar a umidade proveniente da bacia amazônica com a precipitação no oeste catarinense, mas especificamente na Bacia do Rio Irani, nos períodos de NZCAS com ocorrência dos ventos denominados Jatos de Baixos Níveis. A seleção desta região no oeste catarinense é motivada pela sua significativa importância econômica tanto para a região em questão quanto para o estado como um todo, juntamente com os impactos recentes das secas que afetaram adversamente a sua economia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar as relações existentes entre a umidade proveniente da floresta amazônica e a precipitação no oeste catarinense, correlacionando aos períodos de

NZCAS e à ocorrência de Jatos de Baixos Níveis da América do Sul – JBNAS e caracterizar os recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani, região hidrográfica Meio Oeste – RH2, em termos quantitativos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Elaborar um sistema computacional que detecta os JBNAS em diferentes níveis de pressão troposférica;
- Investigar a relação entre a atuação dos Jatos de Baixos Níveis e a precipitação do oeste catarinense;
- Identificar os períodos com ocorrência dos Jatos de Baixos Níveis e NZCAS, relacionando a variável evapotranspiração da floresta amazônica com a precipitação na Bacia do Rio Irani, oeste de Santa Catarina.
- Determinar as vazões de permanência, mínima $Q_{7,10}$, máxima e de longo termo da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.
- Elaborar um Atlas para descrever as características ambientais, morfométricas e climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Irani, localizada na Região Hidrográfica Meio Oeste – RH2;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são discutidos os tópicos relacionados à hidrologia e meteorologia na América do Sul. Primeiro será abordado a caracterização de bacias hidrográficas. Em seguida os regimes hidrológicos da Amazônia e do oeste catarinense. Também são abordados os sistemas meteorológicos na América do Sul, os jatos de baixos níveis, e os rios atmosféricos, denominados outrora de rios voadores. Por fim, são explanados os métodos utilizados para estudar esses fenômenos.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A caracterização de bacias hidrográficas é uma importante ferramenta para a gestão dos recursos hídricos e tem sido objeto de estudos de diversos pesquisadores. Vilela e Matos (1980) propuseram a metodologia de análise de bacias hidrográficas que utiliza índices morfométricos, como a densidade de drenagem, a ordem dos canais e o índice de sinuosidade, para determinar as características geomorfológicas da bacia. A metodologia de Vilela e Matos tem sido amplamente utilizada em estudos subsequentes.

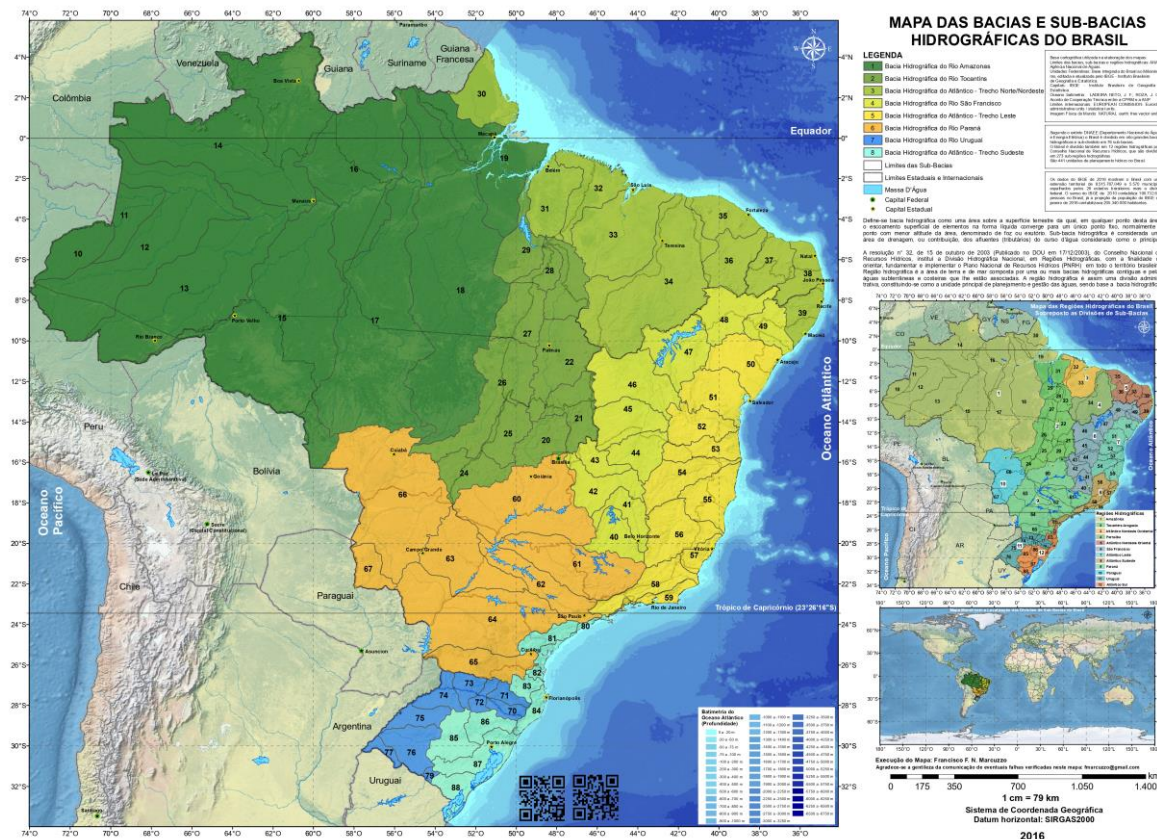
De acordo com Tucci (2012), a análise dos parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas contribui para a tomada de decisões relacionadas às políticas públicas, ao uso da terra, ao estabelecimento de comunidades, bem como a questões relacionadas à quantidade e qualidade da água, permitindo uma avaliação de futuras perspectivas.

O ciclo hidrológico é comumente estudado na fase terrestre, onde a unidade de análise essencial é a bacia hidrográfica. Esta é uma região geográfica delimitada pela linha de separação das águas, na qual as precipitações são captadas e convergem para um único ponto de escoamento, chamado de exutório. A bacia hidrográfica é composta por uma série de vertentes e uma rede de drenagem, que abriga córregos e rios, que se conectam e deságuam no exutório (TUCCI, 2012).

Segundo o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) o Brasil é dividido em nove Bacias Hidrográficas (Figura 1), sendo a do Rio Amazonas,

Rio Tocantins, Bacia do Atlântico – Trecho Norte/Nordeste, Rio São Francisco, Bacia do Atlântico – Trecho Leste, Rio Paraná, Rio Uruguai, Bacia do Atlântico – Trecho Sudeste e a nona bacia é toda aquela área de drenagem que não tenha interferência na rede de rios brasileira (DNAEE, 1972; Marcuzzo, 2017).

Figura 1: Mapa das Bacias Hidrográficas do Brasil.



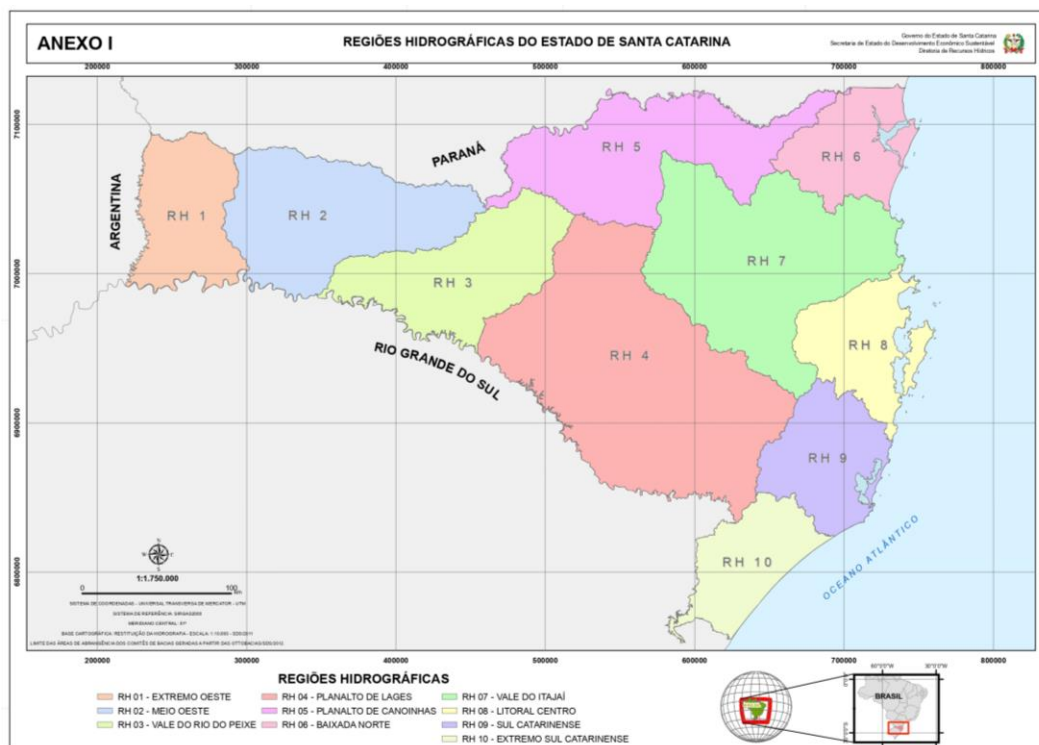
Fonte: Marcuzzo (2017).

A Bacia Hidrográfica da Amazônia é a maior do planeta, se destacando pelo grande número de rios, igarapés e lagos de curso quase retilíneos. Cerca de 63,88% da área da Bacia Hidrográfica do rio Amazonas (Solimões/Amazonas) está inserida em território brasileiro. Nos outros países que compõem, cerca de 16,14% na Colômbia, 15,61% na Bolívia, 2,31% no Equador, 1,35% na Guiana, 0,60% no Peru e 0,11% na Venezuela. A bacia do Amazonas está situada em dois hemisférios (Norte e Sul) e o clima varia de tropical úmido a montanhoso ártico, tornando-a na bacia com a maior variedade climática do mundo. A temperatura média varia de 22 a 26°, diminuindo com o aumento de altitude (SILVA, 2013).

O Rio Amazonas nasce a 5.300 m de altitude, na montanha Nevado de Mismi, nos Andes peruano. Sua vazão média na foz é de aproximadamente 209.000 m³/s e a evaporação equivale a 1.382 mm/ano, desta forma 50% da água da Chuva retorna a atmosfera pela ação das florestas (Tundisi et al., 1999; Soares, 1991).

Em Santa Catarina a Bacia Hidrográfica do Rio Irani está localizada na Região Hidrográfica do Meio Oeste, também conhecida como RH2, que é uma área abrangente e inclui duas bacias hidrográficas de Santa Catarina: a Bacia do Rio Chapecó e a Bacia do Rio Irani, além de outras bacias adjacentes com sistemas de drenagem independentes. Com uma extensão total de aproximadamente 10.784 km² e um perímetro de 911 km, a RH2 abrange total ou parcialmente 60 municípios catarinenses, o que a torna um elemento crucial para o desenvolvimento regional (PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009). O Estado de Santa Catarina é dividido em 10 regiões hidrográficas conforme Figura 2.

Figura 2: Regiões Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.



Fonte: Águas/SC (2018).

De acordo com o estudo de Siviero e Rhoden (2020) a Bacia Hidrográfica do Rio Irani, correspondente a 16% da área total da RH2, abrange 1.690 km², envolvendo

total ou parcialmente 16 municípios. As bacias contíguas com sistemas de drenagem independentes, por sua vez, totalizam cerca de 790 km², correspondendo a 7% da área total da RH2. Quanto à altimetria, a RH2 apresenta uma amplitude altimétrica de aproximadamente 1.146 m, com valores de altitude oscilando entre 229 m e 1.375 m.

A Bacia Hidrográfica do Rio Chapecó, localizada na porção nordeste da RH2, é caracterizada pelos picos mais elevados, enquanto as áreas mais baixas são observadas na direção sul, adjacentes às calhas dos rios Chapecó, Irani e Uruguai. A altitude média da RH2 é de 758 m, com aproximadamente metade de sua área acima da cota 775 m. Quanto à declividade do terreno, a RH2 apresenta valores variando de 0% a 88%, com média de 18% (SIVIERO; RHODEN, 2020).

2.2 REGIMES HIDROLÓGICOS DA AMAZÔNIA E DO OESTE CATARINENSE

A presença de vegetação exerce funções importantes na manutenção e equilíbrio do ciclo hidrológico, desempenhando um papel fundamental na produção e regulação da água doce no planeta, bem como nos fluxos de umidade atmosférica e nos padrões de chuva sobre a superfície terrestre. Nos ecossistemas terrestres, a evapotranspiração é um processo vital que contribui para esses efeitos. Assim, medidas que visam reduzir o desmatamento e restaurar a paisagem têm sido implementadas como estratégias para minimizar os danos ambientais e promover um desenvolvimento sustentável (ELLISON; et al., 2017).

Em uma bacia hidrográfica, a precipitação efetiva atinge o solo e uma parcela é retida nas copas das árvores ou na camada de serrapilheira. Após o término da chuva, inicia-se o processo de evapotranspiração real, que é resultado da transpiração e evaporação que ocorrem nas plantas, no solo e na serrapilheira. A precipitação no ciclo hidrológico pode ser armazenada no solo e retornar por evapotranspiração para a atmosfera, ou escoar para os rios através do fluxo superficial e subsuperficial, ou compor o lençol freático através dos fluxos subterrâneos (BACELLAR, 2005).

Segundo Bacellar (2005) plantas de maior porte, tais como as árvores, possuem uma capacidade de evapotranspiração mais elevada quando comparadas a plantas menores, como gramíneas e arbustos. Ademais, a quantidade de evapotranspiração está intimamente relacionada ao clima e ao tipo de vegetação

presente na região. A infiltração da água é mais eficiente em áreas de floresta, mas a recarga dos aquíferos pode ser menor devido à taxa de transpiração mais significativa.

Na Amazônia, o regime hidrológico é caracterizado por altas taxas de precipitação ao longo do ano e pela presença de rios de grande porte, como o Amazonas, o qual possui a maior bacia hidrográfica do mundo. A Amazônia também é conhecida por apresentar uma estação chuvosa prolongada, de aproximadamente 6 meses, e uma estação seca onde apenas há uma diminuição nos volumes de chuva (MARENGO, 2006).

De acordo com Reboita et al. (2010) a Amazônia está posicionada nas regiões R6 e R8 (

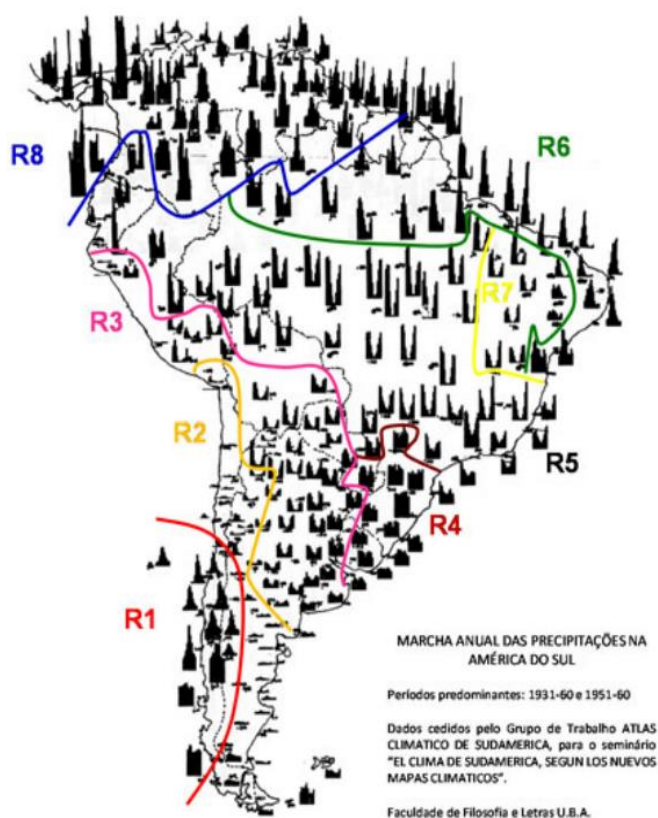
Figura 3). Segundo a Regionalização dos diferentes ciclos anuais de precipitação na América do Sul a R6 que abrange a região norte e o litoral do Brasil e possui os máximos pluviométricos no primeiro semestre do ano. Nesta região o sistema atmosférico mais importante é a ZCIT (REBOITA; et al., 2012).

Na região da Amazônia, onde se situa a R6, os índices pluviométricos ultrapassam os 1500 mm/ano, sendo que em algumas áreas se ultrapassa os 2000 mm/ano (REBOITA et al., 2010). Durante o verão e o outono, o sistema atmosférico da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT atinge sua posição mais ao sul, contribuindo para o estabelecimento da estação chuvosa na região da R6. Já nas demais estações do ano, a ZCIT se desloca para norte, o que faz diminuir os volumes de chuva na R6, permanecendo apenas sistemas convectivos de mesoescala isolados. O ramo descendente da ZCIT e a célula de Hadley ocorre em latitudes subtropicais, exatamente nas zonas de altas pressões subtropicais nos oceanos. Independentemente da época do ano, a chuva durante o dia na R6 pode ser influenciada pela brisa marítima, enquanto à noite pela convergência entre a brisa terrestre e os ventos alísios de sudeste, o que pode levar à formação de linhas de instabilidade, que são um conjunto de nuvens alinhadas, que entram no continente (REBOITA et al., 2012).

Ao longo do ano, a R6 apresenta um intenso aquecimento radiativo da superfície, favorecendo a convecção e a formação de Sistemas Convectivos de Mesoescala - SCM tropicais, que são sistemas que causam chuvas intensas. O leste

da R6 também pode ser influenciado pela passagem de sistemas frontais, VCANs e ondas no escoamento de leste (REBOITA; et al., 2012).

Figura 3: Regionalização dos diferentes ciclos anuais de precipitação na América do Sul. R1 corresponde ao sudoeste da AS; R2 ao norte do Chile, noroeste e centrosul da Argentina; R3 ao oeste do Peru, oeste e sul da Bolívia, norte e centro-leste da Argentina e centro-norte do Paraguai; R4 ao sul do Brasil, sul do Paraguai e Uruguai; R5 ao noroeste a sudeste do Brasil; R6 ao norte da região norte do Brasil e litoral do nordeste; R7 ao sertão nordestino do Brasil e R8 ao norte da AS incluindo o estado de Roraima.



Fonte: Reboita et al. (2010).

A área da Amazônia situada na região R8, que fica no norte da América do Sul, apresenta precipitação elevada durante todo o ano, mas os maiores volumes são observados no inverno austral. Esta precipitação elevada durante o inverno é resultante da ZCIT que se desloca para o sul, o que acaba reduzindo um pouco a quantidade de chuvas nessa área. Além da ZCIT, os sistemas como ondas de leste,

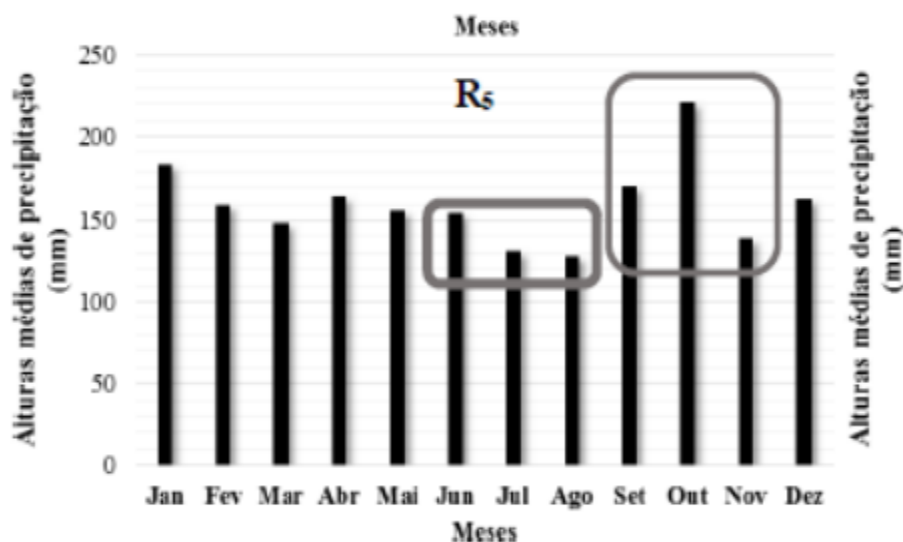
cavados em altos níveis, convecção local, Sistemas Convectivos de Mesoescala – SCM, circulação de brisa também contribuem para a ocorrência de chuvas na R8 (REBOITA; et al., 2012).

Já a região oeste de Santa Catarina está inserida no Regime de Precipitação RH 4 segundo classificação de Reboita et al. (2010), com totais pluviométricos entre 1750-2100 mm/ano. Nessa classificação, os sistemas frontais que deslocam do Pacífico sudeste para o nordeste do Brasil são predominantes, bem como as frentes frias formadas pela presença de vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis sobre a costa sudeste da América do Sul, vindos do Pacífico (REBOITA; et al., 2010).

Baptista e Severo (2018) agruparam o estado de Santa Catarina em seis Regiões Homogêneas de precipitação. A região do oeste e meio oeste catarinense formam a região R5, segundo a classificação dos autores. Para a R5, a série de dados possui um período amostral de 57 anos, com dados entre os anos de 1957 e 2014. Os autores observaram que os três meses, quando tomados consecutivos, em que há a maior incidência de precipitação nesta região é setembro, outubro e novembro, já os meses consecutivos com menor precipitação foram junho, julho e agosto, conforme se observa na

Figura 4 (BATISTA; SEVERO, 2018).

Figura 4: Médias mensais de precipitação das estações utilizadas na região homogênea R5, meio oeste e oeste de Santa Catarina. Em destaque os três meses seguidos com menor com a menor incidência pluviométrica a direita e a esquerda os meses com maior incidência.



Fonte: Batista & Severo (2018).

Gotardo et al. (2018) analisou 15 estações pluviométricas no Extremo Oeste e 12 no Meio Oeste catarinense durante o período amostral de 1975 a 2014. Durante o período estudado a precipitação média anual para o estado de Santa Catarina foi aproximadamente 1748 mm/ano. O volume médio anual precipitado durante o período estudado no extremo oeste foi de 1956 mm/ano, enquanto o mínimo anual foi 1239 mm/ano e o máximo anual de 3095 mm/ano. A região do Meio Oeste apresentou características semelhantes quanto aos volumes de precipitação, com média anual de 1834 mm/ano, mínimo anual de 1270 mm/ano e máximo anual de 2887 mm/ano.

Já Cruz e Minuzzi (2009) observaram que há correlação significativa entre a diminuição da Temperatura Superficial do Mar – TSM do oceano Pacífico Equatorial, período denominado de La Niña, e as anomalias negativas de precipitação no oeste catarinense. Desta forma os autores inferem que durante os períodos de La Niña de intensidade moderada e forte, há tendência de seca nos bimestres de outubro-novembro e fevereiro-março, o qual se relaciona a TSM do Pacífico Equatorial (CRUZ; MINUZZI, 2009).

2.3 SISTEMAS METEOROLÓGICOS NA AMÉRICA DO SUL

A América do Sul - AS é uma região geográfica que possui uma grande variedade de sistemas meteorológicos, desde sistemas de escala sinótica até sistemas de mesoescala. Dentre esses sistemas, destacam-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS e a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, que são importantes fontes de precipitação na região. Além disso, há também os sistemas frontais, como a Frente Polar Atlântica - FPA, que influenciam diretamente a dinâmica atmosférica da região. Esses sistemas meteorológicos são influenciados por diversos fatores, como a topografia, a temperatura da superfície do mar e a circulação geral da atmosfera (CAVALCANTI et al., 2012).

2.3.1 *Sistemas Sinóticos*

Segundo Reboita et al. (2010), dentre os principais sistemas sinóticos presentes na América do Sul, encontram-se os Ciclones Extratropicais - CE, as Frentes Frias - FF, os Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul - ASAS, os Anticiclones Subtropicais do Pacífico Sul - ASPS, a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, e os Jatos Subtropicais – JST.

Os ciclones extratropicais são sistemas atmosféricos que normalmente se formam nas áreas extratropicais, em uma faixa de latitude em torno de 45°S, mas também pode se formar em latitudes mais baixas, aproximadamente em 30°S. Esses sistemas têm um impacto significativo no clima das regiões onde atuam, resultando em aumento da nebulosidade, chuva, diminuição da temperatura do ar e ventos fortes. A circulação atmosférica de um ciclone extratropical no hemisfério sul é no sentido horário, seguindo o padrão das isóbaras. Os ciclones extratropicais desempenham um papel importante na regulação das temperaturas globais, pois transportam ar frio para latitudes mais baixas e ar quente para latitudes mais altas, influenciando os gradientes horizontais de temperatura do ar. (REBOITA; MARRAFON, 2021).

Já as Frentes Frias são sistemas meteorológicos típicos de latitudes médias que ocorre na região Sul e Sudeste do Brasil, atuando no litoral em todas as épocas do ano. Associada a distúrbios de grande escala, as frentes frias deslocam-se acompanhadas de ciclones e anticiclones móveis, causando mudanças nas condições meteorológicas, como alterações nos campos de pressão atmosférica, vento e outras variáveis atmosféricas ao longo de sua trajetória. Esses distúrbios atmosféricos podem provocar elevação do nível do mar na plataforma sul-sudeste do Brasil, afetando atividades marítimas, de pesca e navegação, e causando problemas de erosão costeira e intrusões salinas. Estudos climatológicos são realizados para melhor compreender a frequência e características das frentes frias na região costeira de Santa Catarina, em parceria com setores petroleiro, portuário e pesqueiro, visando o desenvolvimento de serviços e conhecimentos mais precisos sobre as condições atmosféricas e marítimas nessa área (RODRIGUES; FRANCO; SUGAHARA, 2004).

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul é uma área de alta pressão localizada no Oceano Atlântico Sul, entre as latitudes de 15°-45°S e 45°W-15°E. O ASAS

corresponde ao ramo descendente da célula de Hadley, que é um dos principais sistemas de circulação atmosférica que ocorrem nas latitudes subtropicais, e está associado a uma área de alta pressão atmosférica (CARPENEDO; AMBRIZZI, 2020).

Segundo Carpenedo e Ambrizzi (2020) a intensidade dos ventos alísios de sudeste no Brasil está diretamente associada ao ASAS. Durante o inverno, o ASAS é mais intenso e se estende para oeste sobre a Região Sudeste do Brasil, contribuindo para condições mais secas e ventos mais intensos. Já no verão, o ASAS é mais fraco e retraído para leste, contribuindo para condições mais úmidas e ventos mais fracos (CARPENEDO; AMBRIZZI, 2020).

Os Anticiclones Subtropicais do Pacífico Sul - ASPS, são sistemas atmosféricos de alta pressão que se formam devido a movimentos subsidentes em latitudes subtropicais. Atuam principalmente no sudoeste da América do Sul, composto pelo centro-sul do Chile e extremo oeste do centro-sul da Argentina, sendo responsável por influenciar a precipitação na região sudoeste da América do Sul. No inverno, quando o ASPS atinge sua posição mais norte, os ventos de oeste que alcançam os Andes acabam produzindo precipitação no lado oeste das montanhas, enquanto que no verão, quando o ASPS se desloca para sul e o predomínio de movimento descendente inibe a formação de nuvens e precipitação. Além disso, o ASPS também dificulta a passagem de sistemas atmosféricos como frentes e ciclones (ACEITUNO, 1980; REBOITA; et al., 2010; REBOITA; et al., 2012).

Por sua vez a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS é um sistema meteorológico que atua na região tropical da América do Sul, especialmente durante o verão. É caracterizada por uma banda de nuvens que se estende na direção noroeste-sudeste, acompanhada de chuvas intensas e persistentes. A ZCAS é formada pela convergência de ventos úmidos ao longo do sistema. Essa interação cria uma zona de instabilidade atmosférica que favorece a formação de nuvens e a ocorrência de chuvas intensas. A ZCAS tem um impacto significativo na economia e na vida das pessoas na região, uma vez que pode causar enchentes, deslizamentos de terra e prejuízos na agricultura (Kodama, 1992; Quadro, 1994; Liebman et al., 1999; Carvalho et al., 2004).

Quadro (1994) apresenta uma análise detalhada dos episódios de ZCAS sobre a América do Sul, incluindo sua climatologia, caracterização dinâmica e padrões de precipitação associados. Aponta que a ZCAS é um sistema meteorológico importante

que contribui significativamente para a precipitação em muitas áreas da América do Sul, no verão. Além disso, identifica os principais mecanismos de formação e manutenção da ZCAS, como a interação entre sistemas de alta e baixa pressão e a influência de fatores de grande escala (QUADRO, 1994).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é uma região na atmosfera terrestre onde os ventos alísios, que sopram do sudeste no Hemisfério Sul e do nordeste no Hemisfério Norte, convergem em direção ao equador. A ZCIT é formada devido à circulação geral da atmosfera, que é influenciada pelo intenso aquecimento solar na região equatorial (Kousky, 1980; Cohen et al 1989). O ar aquecido na região equatorial se eleva, após subir, o ar se desloca em direção aos polos em ambos os hemisférios, sofrendo resfriamento durante o deslocamento e tornando-se mais denso, o que propicia sua subsidência, ou seja, movimentos descendentes próximo das latitudes de 20° a 30° em ambos os hemisférios. Esse processo resulta na formação de um cinturão de alta pressão em superfície conhecido como alta subtropical, que é onde se localizam os principais desertos do mundo, como o Sahara, Atacama e Kalahari, devido à inibição dos movimentos ascendentes na atmosfera necessários para a formação de nuvens e chuva (REBOITA; et al., 2012).

Os Jatos de Baixos Níveis – JBN serão descritos no sub-item 2.4, devido sua importância para este trabalho.

2.3.2 Sistemas de Mesoescala

A América Latina é uma região com grande variedade de sistemas meteorológicos de mesoescala, que desempenham um papel importante na determinação do clima e do tempo na região (CARVALHO et al., 2004). Segundo Marengo e Spinoza (2016) os principais sistemas de mesoescala são os Sistemas Convectivos de Mesoescala – SCMs, Tempestades Localizadas e Vórtices Ciclônicos de Mesoescala - VCMs (MARENGO; SPINOZA, 2016).

Os SCMs por sua vez, são caracterizados por nuvens convectivas de grande extensão vertical e horizontal, que podem se estender por várias centenas de quilômetros. Os SCMs geralmente se formam devido à confluência de ventos em níveis baixos da atmosfera, combinados com a presença de umidade e instabilidade atmosférica. Eles são capazes de produzir chuvas torrenciais, enchentes,

deslizamentos de terra e outros impactos significativos na região amazônica e no centro-oeste catarinense, afetando a população, a agricultura e a biodiversidade. A ocorrência desses eventos tem aumentado nas últimas décadas na Amazônia, possivelmente devido a mudanças climáticas globais (MARENGO; SPINOZA, 2016).

Ainda de acordo com o estudo de Marengo e Spínola (2016) sobre as secas e inundações extremas na Amazônia, as LI (caso particular de um SCM) são um dos sistemas meteorológicos responsáveis pelos eventos extremos na região. Essas linhas são caracterizadas por uma faixa alongada de nuvens que pode se estender por centenas de quilômetros e que pode provocar chuvas intensas (MARENGO; SPINOZA, 2016).

Já os VCMs são sistemas atmosféricos em altitude, com circulação ciclônica, que ocorrem em escalas de tempo e espaço de algumas horas e algumas centenas de quilômetros, respectivamente. Eles podem se desenvolver a partir de diferentes mecanismos, convergência de umidade e mudanças bruscas de direção do vento em altitude. Por exemplo, Kunkel, *et al.* (2013) descreve que os VCMs são gerados principalmente a partir de SCMs de longa duração, que promovem muito aquecimento latente por um período prolongado. Os VCM podem gerar condições meteorológicas extremas, como chuvas torrenciais, granizo e ventos fortes, que podem causar danos materiais e humanos significativos (REBOITA, *et al.*; 2010).

2.4 RIOS TROPOSFÉRICOS

O termo rios troposféricos foi proposto por Newell *et al.* (1992) para descrever estruturas filamentosas no campo de fluxo de umidade verticalmente integrado, associadas a um transporte extremamente intenso (NEWELL; *et al.*, 1992). Já Arraut *et al.* (2012) fazem menção ao termo rios aéreos (ARRAUT *et al.*, 2012).

Os rios aéreos são correntes de vapor de água que se movem da Amazônia em direção ao Sul da América do Sul, transportando umidade vital para as regiões mais secas do continente. Esse fenômeno natural é de grande importância ecológica e econômica, já que a agricultura e o abastecimento de água de muitas cidades dependem da chuva que é gerada pelos rios voadores (NOBRE; 2014).

Nas áreas de latitudes médias do Equador, onde desertos não são comuns, os ventos alísios transportam a umidade da Amazônia para os subtrópicos. Esse

fenômeno ocorre devido à interação entre a floresta, o sistema de Circulação de Hadley e a barreira imposta pela Cordilheira dos Andes (ARRAUT et al., 2012, e MARENGO et al., 2004).

Os rios voadores são formados pelo processo de evapotranspiração que ocorre na Amazônia. A floresta amazônica é responsável por produzir uma grande quantidade de vapor de água que é liberado na atmosfera. Esse vapor de água é levado pelo vento em direção às regiões mais secas do continente, onde se condensa e forma nuvens que geram chuva (ARRAUT, et al.; 2012). Para se ter ideia, a floresta amazônica transpira cerca de 20 bilhões de toneladas de água por dia, gerando uma corrente de umidade que é levada pelos ventos em direção ao Sul da América do Sul (NOBRE; 2014).

Já Van der Ent et al. (2010) alerta que a umidade proveniente da Amazônia é responsáveis por cerca de 70% da chuva que cai na região central do Brasil e em algumas áreas do Paraguai, Argentina e Uruguai, mais especificamente no Rio da Prata (VAN DER ENT et al., 2010).

Fearnside (2004) explica que a quantidade de água na forma de vapor que entra na Amazônia vinda do oceano Atlântico através dos ventos alísios é cerca de 10 trilhões de m³/ano, enquanto a vazão do rio Amazonas na foz é em torno de 6,6 trilhões m³/ano, a diferença que resulta, cerca de 3,4 trilhões m³/ano é exportada em sua maior parte para a região centro-sul do Brasil (FEARNSIDE, 2004).

Ainda segundo Fearnside (2004) o desmatamento da Amazônia pode levar à diminuição da quantidade de vapor de água que é liberada na atmosfera, afetando a formação dos rios voadores e reduzindo a quantidade de chuva que cai em outras regiões do continente. De acordo com o autor, a extensão da cobertura florestal na Amazônia é o principal fator que determina a quantidade de chuva que cai nas regiões sul-americanas (FEARNSIDE, 2004).

Já Herdies et al. (2002) demonstra que durante os regimes de ocorrência das Zonas de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, os jatos de baixos níveis carregam a umidade que provém da bacia amazônica e do oceano Atlântico, convergindo o fluxo de umidade para as regiões centro-oeste e sudeste do Brasil. Nos períodos em que não há ocorrência de ZCAS, aqueles denominados NZCAS, quando associado a presença dos jatos de baixos níveis o fluxo de umidade do oceano atlântico e da bacia

amazônica converge para as regiões do norte da Argentina, Paraguai e Sul do Brasil (HERDIES *et al.*, 2002).

2.5 JATOS DE BAIXOS NÍVEIS NA AMÉRICA DO SUL E MÉTODOS DE DETECÇÃO

Os Jatos de Baixos Níveis (JBN) são correntes de vento intensas e estreitas que ocorrem na troposfera, próxima à superfície terrestre. São importantes sistemas meteorológicos de circulação local que podem ser encontrados em diversas partes do mundo, incluindo a América Latina. De acordo com o estudo de Marengo *et al.* (2006), os JBN podem promover intensos transportes de umidade e convergência na baixa troposfera, o que pode dar origem a sistemas precipitantes intensos e podem influenciar a formação de tempestades severas. Além disso, esses sistemas podem afetar a aviação e outras atividades humanas que dependem das condições meteorológicas (MARENGO *et al.*, 2006).

Segundo Bonner (1968) os JBN são ventos com magnitude máxima da velocidade do vento na baixa troposfera e que apresenta regiões de cisalhamento vertical do vento horizontal ao longo do perfil longitudinal da atmosfera (BONNER; 1968). Na América do Sul, o Jato de Baixos Níveis da América do Sul - JBNAS é responsável pelo transporte de umidade da região amazônica para as regiões Sul e Sudeste do Brasil, norte da Argentina, Uruguai e Paraguai. Os ventos alísios são interceptados pela Cordilheira dos Andes, convergindo para a Bacia do Rio da Prata (MARENGO *et al.*, 2004).

A identificação comum de Jatos de Baixos Níveis – JBN frequentemente ocorre por meio de algoritmos que destacam máximos em perfis de vento, conforme proposto por Bonner (1968), Whiteman *et al.* (1997), Saulo *et al.* (2000) e Marengo *et al.* (2004). Bonner (1968) estabeleceu critérios para detectar os JBN nos primeiros 1.500 m da atmosfera usando dados de radiossonda nas Grandes Planícies dos EUA. Esses critérios, variando em rigor de 1 a 3, requerem que a velocidade do vento no nível máximo seja superior a 12, 16 e 20 m/s, respectivamente, e que diminua em pelo menos 6, 8 e 10 m/s para o próximo mínimo superior ou até 3 km, o que for menor. Para identificação dos JBN, Bonner (1968) criou três categorias para classificação, são elas:

- Categoria 1: Velocidade no núcleo do jato de 12 m/s, cisalhamento vertical do vento horizontal de no mínimo 6 m/s, até uma altitude de 3 km.
- Categoria 2: Velocidade no núcleo do jato de 16 m/s, cisalhamento vertical do vento horizontal de no mínimo 8 m/s, até uma altitude de 3 km.
- Categoria 3: Velocidade no núcleo do jato de 20 m/s, cisalhamento vertical do vento horizontal de no mínimo 10 m/s, até uma altitude de 3 km.

Na última década, muitos estudos sobre o Jato de Baixos Níveis na América do Sul (SALLJ) basearam-se no critério menos rigoroso de Bonner (denominado critério 1 de Bonner, BC1) para detectar JBN. O critério 1 de Bonner (1968) foi modificado por Nicolini e Saulo (2000) e posteriormente pelo SNS02 para detectar o jato Chaco, um subconjunto especial do JBNAS. Os critérios do SNS02 incluem velocidade máxima superior a 12 m/s a 850 hPa, uma diferença vertical entre ventos de 850 e 700 hPa de pelo menos 6 m/s, e um componente meridional ao sul maior que o componente zonal sobre a área delimitada pela isotaca de 12 m/s (OLIVEIRA, NASCIMENTO, KANNENBERG, 2018).

No entanto, quanto Oliveira, Nascimento, Kannenberg (2018), estudam tempestades convectivas severas no sul do Brasil, percebem que, em certas situações os critérios do SNS02 e mesmo o critério 1 de Bonner – BC1 não conseguem detectar claramente eventos de JBN, especialmente na porção oriental da bacia de La Plata e em situações envolvendo correntes de jato de baixo nível. Argumentam que isso ocorre porque os critérios BC1, adequados para detectar JBN relacionados à Camada Limite Planetária, não são ideais para caracterizar JBN mais elevados, como frequentemente observado nas correntes de jato de baixo nível. Além disso, o SNS02 atribui níveis de pressão fixos para inspecionar extremos de velocidade do vento, excluindo intencionalmente JBN com forte componente zonal. Situações como essas são comuns na região subtropical da América do Sul, especialmente a leste dos Andes, em áreas mais a leste do continente, como o sul do Brasil. Portanto, os autores sugerem que seja crucial revisar os critérios para detecção de JBN em observações e resultados em grade para a América do Sul, com o objetivo de incluir uma variedade mais ampla de fluxos de JBN, mantendo a noção tradicional de JBNAS como um importante subconjunto de JBN na região. Os autores desta forma propõem um conjunto modificado de critérios 1 de Bonner que busca detectar JBN mais elevados na América do Sul (OLIVEIRA, NASCIMENTO, KANNENBERG; 2018).

Segundo Oliveira, et al. (2018) para considerar um determinado perfil de vento de baixo nível como um JBNAS, os seguintes critérios de Bonner modificados devem ser atendidos simultaneamente:

- Os ventos devem apresentar um máximo local de velocidade nos 3.000 m mais baixos, e esse máximo deve ser igual ou superior a 12 m/s.
- A velocidade do vento deve diminuir em pelo menos 6 m/s da velocidade máxima até a primeira mínima encontrada no alto, ou até a velocidade a 4000 m, o que ocorrer primeiro.

As modificações no critério 1 de Bonner incluem a extensão da profundidade da camada para procurar o vento máximo do JBN para 1.500 m, ou seja, superfície até 1.500 m para superfície até 3.000 m, e a extensão do topo da camada para procurar o vento mínimo de 3.000 a 4.000 m (OLIVEIRA, NASCIMENTO, KANNENBERG; 2018).

De acordo com Marengo et al. (2004), os JBNAS apresentam uma extensão maior no sentido norte-sul do que no sentido leste-oeste, com uma largura que pode alcançar cerca de 500 km. Os autores também observaram que, durante os meses de novembro a fevereiro, os eventos de JBNAS são mais frequentes às 06Z em Cobija, Santa Cruz, Mariscal e Foz do Iguaçu. Já durante os meses de maio a agosto, os eventos de JBN predominam nos horários das 06Z e 12Z.

A dissertação de Sánchez (2022), intitulada Investigação dos Jatos de Baixos Níveis na Região Metropolitana de São Paulo, fornece uma contribuição valiosa para o entendimento e detecção eficaz de JBNs, destacando a importância do algoritmo proposto na identificação precisa desses fenômenos meteorológicos na região estudada.

A avaliação do algoritmo de detecção de Jatos de Baixos Níveis (JBNs) foi realizada por meio da comparação de sua capacidade de identificar as propriedades dos JBNs (ZJBN, VJBN e DJBN) com a inspeção visual, utilizando dois conjuntos de dados com resoluções diferentes. A validação foi conduzida em 80 sondagens com resolução fina (~62 m) durante os experimentos de fevereiro e agosto de 2013, e em 85 sondagens com resolução grossa (~302 m) durante junho-agosto de 2012 (SÁNCHEZ, 2022).

A análise comparativa empregou três parâmetros estatísticos: Erro Médio (MBE), Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio (RMSE) e Índice de Concordância

(d). A melhor combinação dessas métricas foi caracterizada por pequenos valores absolutos de MBE e RMSE, junto com valores de d próximos a 1. No geral, o algoritmo demonstrou excelente desempenho para todas as propriedades dos JBNS, sendo notada uma concordância aprimorada entre a inspeção visual e o algoritmo ao usar sondagens com resolução grossa para estimar ZJBN e DJBN. Os resultados revelaram uma boa concordância entre o algoritmo e a inspeção visual, independentemente da resolução vertical das sondagens. Em particular, as propriedades de ZJBN e DJBN apresentaram melhor concordância nas sondagens com resolução grossa. Ao ilustrar o impacto da resolução vertical das sondagens, os autores observaram uma excelente concordância entre o desempenho do algoritmo usando resolução grossa e fina (SÁNCHEZ, 2022).

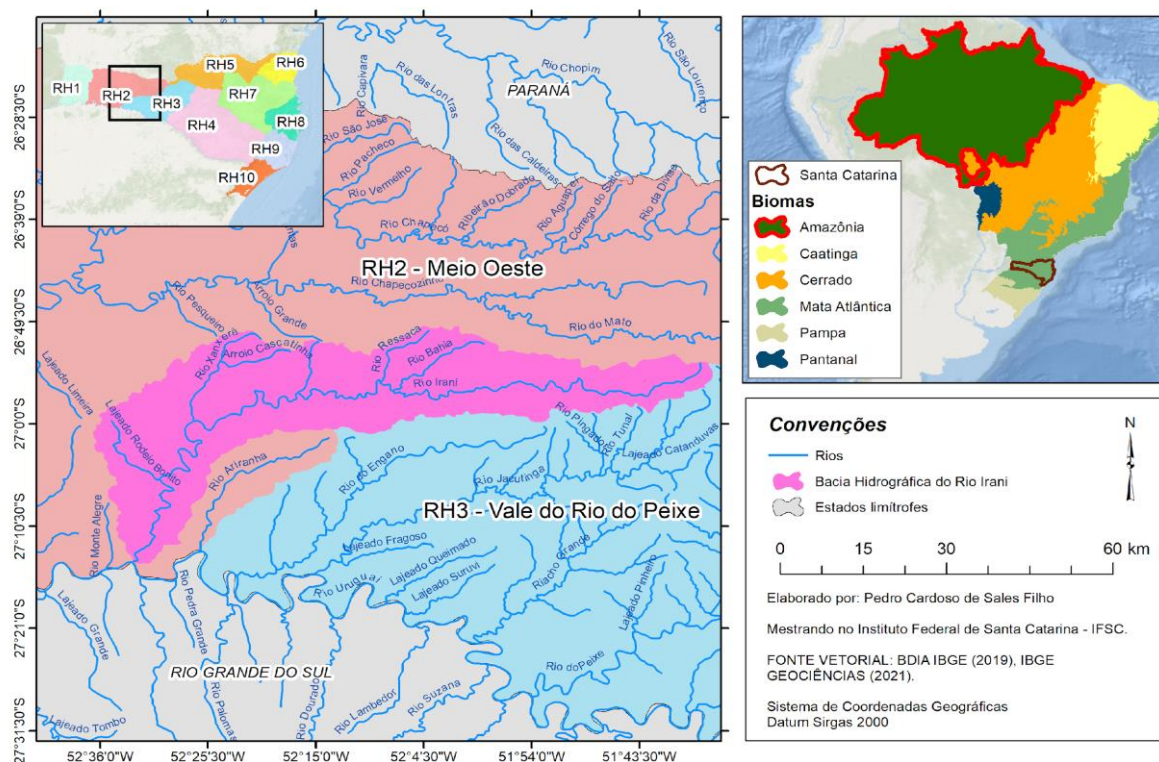
Já Passos (2022), em seu trabalho abrangeu a investigação da ocorrência de Jatós de Baixos Níveis (JBNS) na região do reservatório de Furnas - MG, com ênfase na caracterização desses eventos e na compreensão dos mecanismos envolvidos em sua formação e manifestação em superfície. O estudo utilizou uma metodologia baseada em um algoritmo que incluiu critérios como a localização do ponto de máxima velocidade no perfil vertical do vento, identificação do mínimo local subsequente e cálculo da diferença entre esses pontos. Os dados do ERA5 foram empregados para a detecção dos perfis de vento, limitados até 2,2 km de altura. A análise dos resultados, realizada visualmente por meio de gráficos individuais para os 108 eventos identificados, revelou que a maioria estava associada a ventos mais intensos em superfície. Dos eventos continuados, 75 apresentaram clara relação com ventos intensos durante sua ocorrência. A revisão destacou a complexidade em relacionar ventos intensos em superfície e JBNS devido à falta de medições de perfis verticais abrangentes. A utilização de dados de reanálise, embora forneça uma visão geral, possui limitações comparativas com medições instrumentais em termos de precisão. A análise da direção do vento predominante durante os períodos de ocorrência de JBNS indicou uma maior predominância da direção leste, sugerindo uma influência da canalização do vento pela pista no eixo reservatório livre para o escoamento do reservatório de Furnas e das condições sinóticas predominantes (PASSOS, 2022).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Figura 5 ilustra a região de estudo, que compreende uma fração do limite geográfico do Bioma Amazônico e a Bacia Hidrográfica do Rio Irani, localizada na Região Hidrográfica Meio Oeste (RH2) inserida no Estado de Santa Catarina. Os limites da localidade foram obtidos por meio de dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Figura 5: Mapa da área de estudo com a localização do Bioma Amazônico e da Bacia do Rio Irani, RH2 - Meio Oeste, Santa Catarina.



Fonte: O Autor.

3.1.1 Caracterização Ambiental e Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Irani

A caracterização ambiental da bacia foi realizada através de dados vetoriais do Banco de Dados e Informações Ambientais - BDIA do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE disponíveis no sítio <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#!/home>>.

Foram utilizados dados do tipo raster e estatísticos do programa MapBiomas. A base de dados de cobertura vegetal dos biomas do Brasil que foi utilizada é referente às estatísticas da Coleção 7.1. Esses dados de área são gerados por algoritmos que realizam a classificação de uso e ocupação do solo, através de pixels de imagens da série Landsat pela plataforma do Google Earth Engine (MAPBIOMAS, 2023). Os dados podem ser obtidos no sítio <<https://mapbiomas.org/estatisticas>>.

A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica deu-se a partir de Modelos Digitais de Elevação – MDE, da área de estudo. As imagens MDE foram obtidas através do sítio do Serviço Geológico Americano – USGS e são produtos da missão *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM*.

A bacia hidrográfica foi delimitada automaticamente pelo método de Strahler (1964), com auxílio do ArcGis Pro, através das ferramentas do *ArcToolbox > Spation Analyst Tools > Hydrology*. Foram utilizadas as funções *Fill > Flow Direction > Flow accumulation > Con > Stream to Feature e Watershed*.

A área de drenagem da bacia hidrográfica é definida como a área plana em quilômetros quadrados (km²), ou seja, a projeção horizontal que se encontra entre as cumeeiras ou os divisores topográficos (VILLELA; MATTOS, 1980). Para o cálculo da área de drenagem utilizou-se o software ArcGis Pro, através da função calcular geometria, após o polígono da bacia ser projetado para o sistema de coordenadas planas, Datum Sirgas 2000, zona 22 Sul.

A hierarquização dos rios é um sistema de classificação que permite ordenar os rios de acordo com sua posição em relação aos demais rios na bacia hidrográfica. Esse sistema baseia-se no conceito de ordem dos rios, que é determinado pela posição do curso d'água em relação à sua confluência com outros cursos d'água (VILLELA; MATTOS, 1980).

Um rio de primeira ordem é aquele que não tem afluentes, enquanto um rio de segunda ordem é formado pela confluência de dois rios de primeira ordem. Um rio de

terceira ordem é formado pela confluência de dois rios de segunda ordem, e assim por diante. A ordem de um rio pode ser determinada seguindo o curso d'água a montante, identificando a ordem dos seus afluentes.

Para classificar a ordem dos rios foi utilizado o método de Strahler com o ArcGis Pro, através das ferramentas do *ArcToolbox > Spation Analyst Tools > Hydrology*. Foram utilizadas as funções *Fill > Flow Direction > Flow accumulation > Con > Stream to Order*.

O fator de forma é um índice que está relacionado ao tempo que a água leva para percorrer a distância desde os limites da bacia hidrográfica até a saída, ou exutório. Este índice é calculado a partir da relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia, utilizando a equação (1) (VILLELA; MATTOS, 1980):

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

onde: Kf = Fator de forma (adimensional); A = Área da bacia (km²) e L = Comprimento axial da bacia (km).

O índice de compacidade, representado por Kc, é uma medida que relaciona o perímetro da bacia hidrográfica com a circunferência de um círculo que possui a mesma área da bacia. Esse índice é obtido por meio da seguinte fórmula (VILLELA; MATTOS, 1980):

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

onde: Kc = índice de compacidade (adimensional); A = Área da bacia (km²); P = Perímetro da bacia (km).

Segundo Vilela e Matos, a densidade de drenagem pode ser utilizada como uma medida da eficiência do sistema de drenagem em uma bacia hidrográfica. Bacias hidrográficas com alta densidade de drenagem tendem a ter escoamento mais rápido, o que pode levar a enchentes e erosão do solo. Por outro lado, bacias com baixa densidade de drenagem tendem a ter escoamento mais lento, o que pode favorecer a infiltração da água no solo e a recarga dos aquíferos (VILLELA; MATTOS, 1980).

No ArcGis Pro, para realizar o cálculo do somatório dos comprimentos dos rios e obter a densidade de drenagem (Dd) da bacia hidrográfica, utilizou-se o *shapefile* de saída do *Stream to Feature*, que já havia sido previamente recortado e delimitado pela bacia. Em seguida, foi utilizado a ferramenta dissolve no *shapefile* através do atributo GRIDCODE e realizou-se o cálculo do comprimento total dos rios presentes na bacia. A densidade de drenagem foi calculada utilizando a equação (3).

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \quad (3)$$

onde: L = representa o comprimento total dos rios; A = a área da bacia hidrográfica em questão.

Segundo Horton (1945), a densidade de rios é uma medida da intensidade de desenvolvimento dos cursos d'água em uma bacia hidrográfica. É definida como a relação entre o número total de rios de uma bacia hidrográfica e sua área de drenagem (HORTON, 1945). A fórmula para o cálculo da densidade de rios proposta por Horton é apresentada na equação (4).

$$Dr = \frac{\sum N}{A} \quad (4)$$

onde: N = número total de rios de 1ª ordem ou nascentes; A = área de drenagem da bacia hidrográfica.

Ao aplicar a fórmula para o cálculo da densidade de rios, somente os canais de primeira ordem são considerados. A densidade de rios é um aspecto importante a ser considerado, pois reflete o comportamento hidrográfico de uma área e sua capacidade de gerar novos canais de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A curva hipsométrica foi obtida a partir do modelo digital de elevação, projetado no Datum Sirgas 2000, zona UTM 22 sul, após o MDE foi previamente recortado no formato da bacia. Em seguida foi realizado um Reclassificação, no qual foram definidos intervalos de altitude de 100 metros. Em seguida, o *Raster* resultante foi convertido em vetor no formato polígono, permitindo a quantificação das áreas

correspondentes a cada intervalo de altitude, bem como a área acumulada e a área total em porcentagem.

Para a curva do perfil longitudinal do rio principal e a declividade do rio principal, os valores foram obtidos pela interpolação dos *shapefiles* do Rio Principal e modelo digital de elevação já recortado pela bacia, através da ferramenta do 3D *Analyst > Function Surface > Interpolation Shap* no ArcGis Pro.

Novamente no Excel foi elaborada

a curva com o perfil do rio e foi determinada a declividade total - DT do rio em metro por metro, utilizando a equação (5).

$$Dt = \frac{(Cota\ montante - Cota\ Jusante)}{Extensão\ do\ Rio} \quad (5)$$

3.1.2 Análise de Vazões da Estação Fluviométrica da Bacia do Rio Irani

A disponibilidade hídrica foi obtida considerando as vazões de permanência e de estiagem. A vazão de permanência foi analisada através da frequência de ocorrência de vazões na seção do rio da bacia hidrográfica, sendo a vazão de permanência utilizada a de 98%, que por sua vez consiste na vazão média que é excedida ou igualada em 98% do tempo. A vazão de estiagem ou mínima utilizada foi a $Q_{7,10}$, que corresponde a vazão mínima de 7 dias consecutivos e com um período de retorno de 10 anos. Os cálculos foram realizados no software SISCAH 1.0.

Os dados de vazão foram obtidos pelo Hidroweb da Agência Nacional das Águas - ANA. A estação selecionada é denominada Barca Irani e está inserida no Rio Irani, Sub-Bacia 73 – Rios Uruguai, Chapecó e Outros, Bacia 7 – Rio Uruguai. Na Tabela 1 constam os demais dados da referida estação.

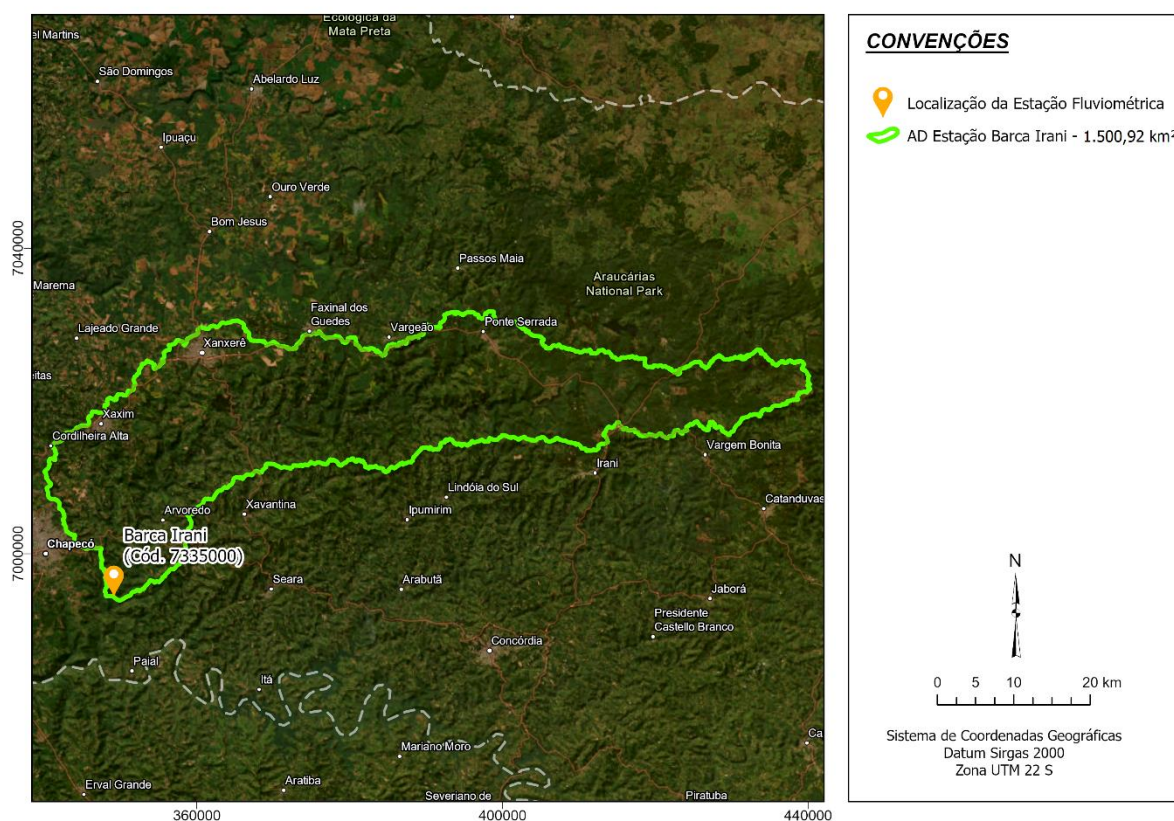
A escolha desta estação fluviométrica é justificada pela série de dados que se inicia a partir de 1969, e pelo fato das demais estações fluviométricas a montante desta possuírem uma série amostral pouco representativa. Na Figura 6 é apresentado a localização da Estação Fluviométrica Barca Irani e sua respectiva área de drenagem.

Tabela 1: Dados da estação fluviométrica da ANA, Barca do Irani, localizada no Rio Irani, no município de Chapecó-SC.

Parâmetro	Informação
Código da estação fluviométrica	7335000
Nome da estação	Barca Irani
Unidade da federação	Santa Catarina
Município	Chapecó
Bacia hidrográfica	7 – Rio Uruguai
Sub-Bacia hidrográfica	73 – Rios Uruguai, Chapecó e outros
Área de drenagem (km ²)	1500
Nome do rio	Rio Irani
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-27,1656
Longitude	-52,5228
Altitude (m)	280
Área de Drenagem (km ²)	1500

Fonte: Agência Nacional das Águas – ANA (2021).

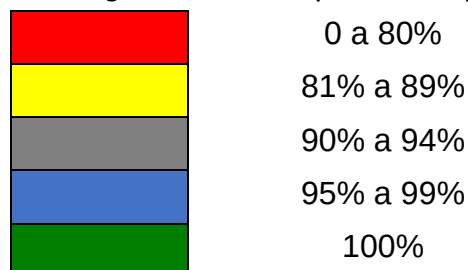
Figura 6: Localização da Estação Fluviométrica Barca Irani, código 7335000, no município de Chapecó – SC.



Fonte: O Autor.

Na Figura 7 é apresentado a faixa de porcentagem de dados presentes para cada ano em relação a estação fluviométrica selecionada. Essa classificação permite identificar o percentual de falhas ou falta de dados que ocorreram ao longo dos registros de vazão diária (SOUZA, 2009). As cores variam entre vermelho e verde, e simbolizam de forma visual a quantidade de dados preenchidos diariamente para cada ano. O tempo amostral dos dados analisados varia entre os anos 1969 e 2020. Os anos com falhas de dados superior a 5% foram descartados.

Figura 7: Faixa de porcentagem de dados presentes para cada ano.



Fonte: Souza (2009), adaptado.

3.2 MÉTODO DE DETECÇÃO DOS JATOS DE BAIXOS NÍVEIS – JBN EM DIFERENTES NÍVEIS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA

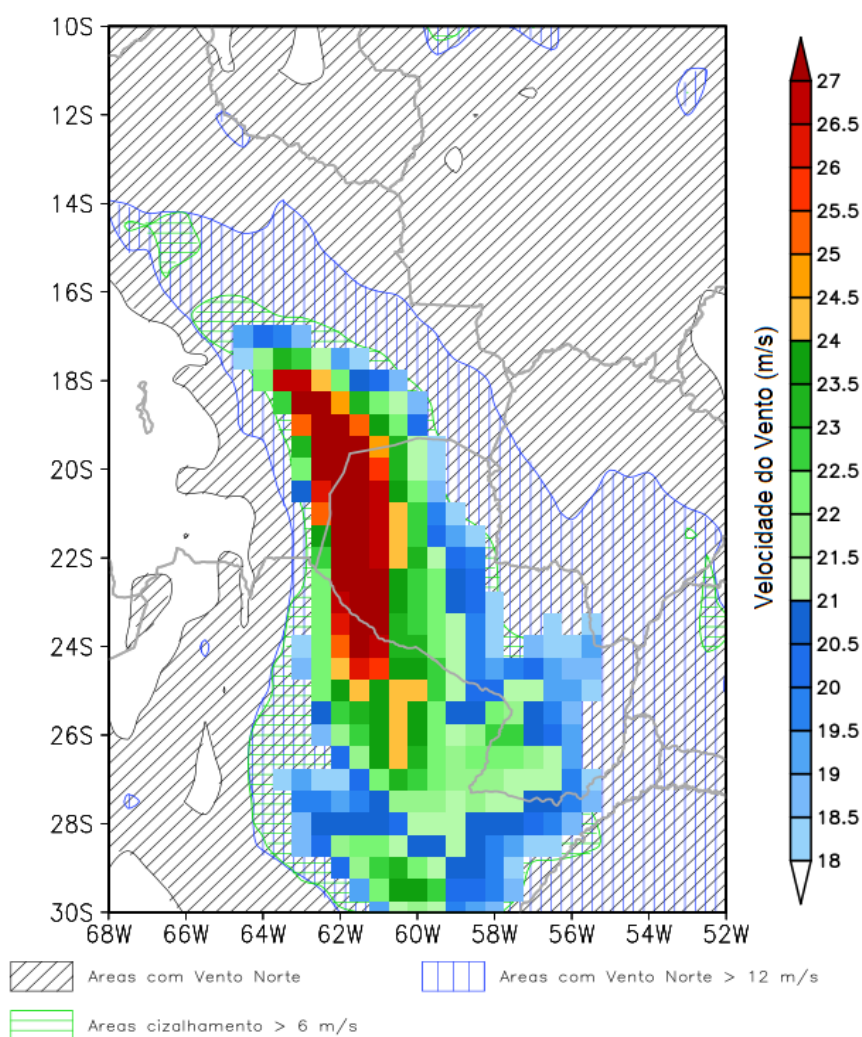
Os dados de direção e magnitude dos ventos em diferentes níveis de pressão utilizados para a identificação dos Jatos de Baixos Níveis são provenientes dos produtos de reanálise do NCEP. Esse conjunto de dados é elaborado pela *Climate Forecast System Reanalysis* – CSFR, para os dados de 1990 a 2010 e *Climate Forecast System Version 2- CFSv2*, para a partir de 2010 (SAHA et al., 2010; SAHA et al., 2014). A série de dados está contida no horizonte temporal entre os anos de 1990 e 2021, sendo que os dados possuem resolução espacial de aproximadamente 22 km e foram obtidos através do sítio: < <http://cfs.ncep.noaa.gov>>.

Para a detecção dos JBN em diferentes níveis de pressão ou altitude, foi elaborado um script no software *Grid Analysis and Display System* (GrADS) (GrADS, 2022) e utiliza dados das reanálises do NCEP-CFSR e NCEP-CFSv2. É importante destacar que a análise é feita somente para o horário 06 Z. A área de análise dos JBN é delimitada pelo polígono formado entre as latitudes -30° e -10° e longitude -68° e -52°, área está situada na América do Sul.

O script identifica a presença do JBN de acordo com a categoria 1 do critério de Bonner (1968), onde o limiar da velocidade do vento no núcleo do JBN possui valor mínimo de 12 m/s e o limiar do cisalhamento vertical de 6 m/s em até 700 hPa, o que equivale a aproximadamente 3000 m de altitude. Na Figura 8 é mostrado um exemplo de identificação de JBN e a área corresponde onde as análises foram feitas. Uma particularidade presente no script a se destacar é que os JBN são identificados

exclusivamente conforme critério 1 de Bonner nos diferentes níveis de pressão já citados.

Figura 8: Exemplo de Identificação dos JBN pelo critério de Bonner (1969) para a área selecionada na América do Sul - AS.

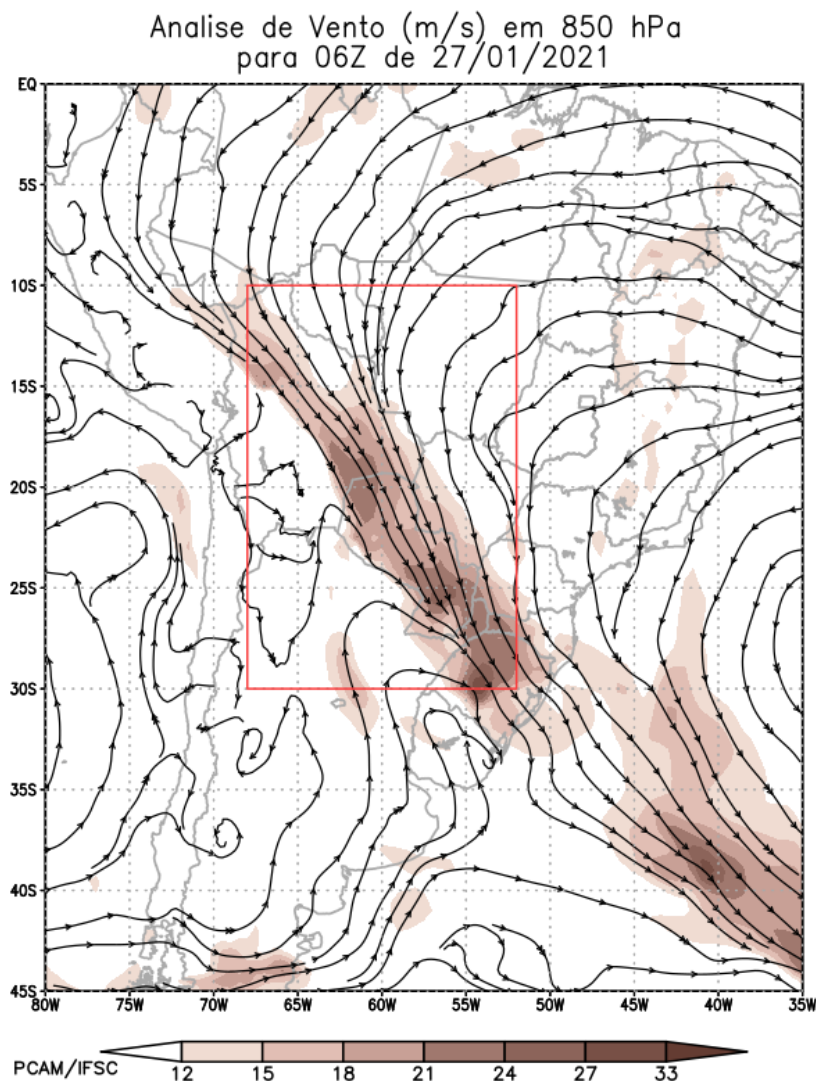


Fonte: Autor.

Para facilitar a identificação da magnitude dos ventos com as características desejadas, preparou-se como uma das saídas do *script*, um mapa para cada dia, no nível de pressão de 850 hPa, sempre selecionando regiões onde atua o vento norte, no horário das 06 Z (Figura 9). Após rodar, o software apresenta saídas com resumos estatísticos do período analisado, com as datas e velocidade do vento, quando superior a 12 m/s, com o número de pixels por nível de pressão identificados com JBN, com a contagem de pixels com valores nulos ou positivos para a identificação

do JBN, com o valor da velocidade média e máxima identificada no dia e o desvio padrão.

Figura 9: Exemplo de saída gráfica da análise do vento (m/s) em 850 hPa para as 06Z do Sistema de detecção de JBN.



Fonte: Autor.

A saída estatística do Sistema de Detecção dos JBN é composta de colunas com variáveis, que são resultantes do número de pixels. Salienta-se que a área de estudo é composta por 1353 pixels com resolução espacial da reanálise do CSFR. Na Tabela 2 apresentada a seguir é mostrado a descrição das variáveis estatísticas de saída do Sistema de Detecção dos JBN. No parâmetro WINAVE, o algoritmo verifica em qual camada da atmosfera representada aqui representada pela pressão em hPa foi encontrada a velocidade máxima do vento, neste estudo variando de 1000 hPa à 700 hPa. Já o parâmetro LEVMAX diz em qual camada o vento de magnitude máxima foi encontrado, e.g. em um caso específico que o algoritmo identificou na área de estudo que em um determinado ponto de grade da reanálise a

velocidade máxima foi de 16 m/s e a camada onde ocorreu essa magnitude máxima foi o nível 6, correspondente à 875 hPa, conforme

Na Figura 14 é apresentado o esquema vertical de seleção dos pontos de grade com magnitude do vento maior que 12 m/s.

Figura 14.

Tabela 2: Descrição da saída estatística do sistema de detecção dos JBN.

Variável	Descrição
UNDCO	Nº de pixels/pontos sem ocorrência de JBN
VALCO	Nº de pixels/pontos com ocorrência de JBN
WINMIN	Velocidade do vento mínimo encontrada na vertical
WINMAX	Velocidade do vento máximo encontrada na vertical
WNAVE	Velocidade do vento média encontrada na vertical
WNSIG	Desvio padrão da velocidade do vento
LEVMIN	Camada inicial da atmosfera onde se encontrou o JBN
LEVMAX	Camada final da atmosfera onde se encontrou o JBN
LEVAVE	Média entre as camadas onde houve ocorrência de JBN
LEVSIG	Desvio padrão das camadas onde houve ocorrência de JBN

Fonte: Autor

Para identificação dos JBN, foram adotados três critérios, definidos a seguir:

- Critério A:

Neste critério é dividido os vetores de direção dos ventos provenientes de norte e de sul. Devido os dados de reanálise serem matriciais é possível fazer essa separação por pixel dos valores positivos e negativos da componente meridional dos ventos. Em cada dado da matriz tem-se um valor de direção do vento. Como nesse primeiro critério busca-se separar os ventos provenientes de norte, que apresentam valores da componente meridional negativos, dos ventos provenientes de sul, que possuem valores da componente meridional positivos, faz-se necessário aplicar a seguinte equação sobre cada camada matricial dos dados:

$$Mtr1 = \left(\frac{Valor\ absoluto - Valor}{2} \right) * \frac{-1}{Valor} \quad (6)$$

Exemplo de cálculo para ventos de componente meridional negativos:

- Considerando que a componente do vento possua valor igual a -5, ou seja, vento proveniente da direção norte e com magnitude de 5 m/s, temos:

$$Mtr1 = \left(\frac{5 - (-5)}{2} \right) * \frac{-1}{-5} = 1$$

Exemplo de cálculo para ventos de componente meridional positivos:

- Considerando que a componente do vento possua valor igual a 5, ou seja, vento proveniente da direção sul e com magnitude de 5 m/s, temos:

$$Mtr1 = \left(\frac{-5 - (5)}{2} \right) * \frac{-1}{5} = 0$$

O resultado desta equação produz matrizes com pixels assumindo o valor 1, para ventos provenientes de norte e valor 0, para pixels cujo vento é proveniente do sul, conforme exemplo da

Figura 10.

Figura 10: Exemplo de transformação dos dados da componente meridional do vento, aplicando a equação 06, para separar os ventos de provenientes de norte dos ventos provenientes de sul.

CRITÉRIO A

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -2 & 4 \\ \hline -5 & -3 & 1 \\ \hline -3 & -2 & 1 \\ \hline 1 & 2 & -3 \\ \hline \end{array}
 \xrightarrow{\text{Eq. 06}}
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

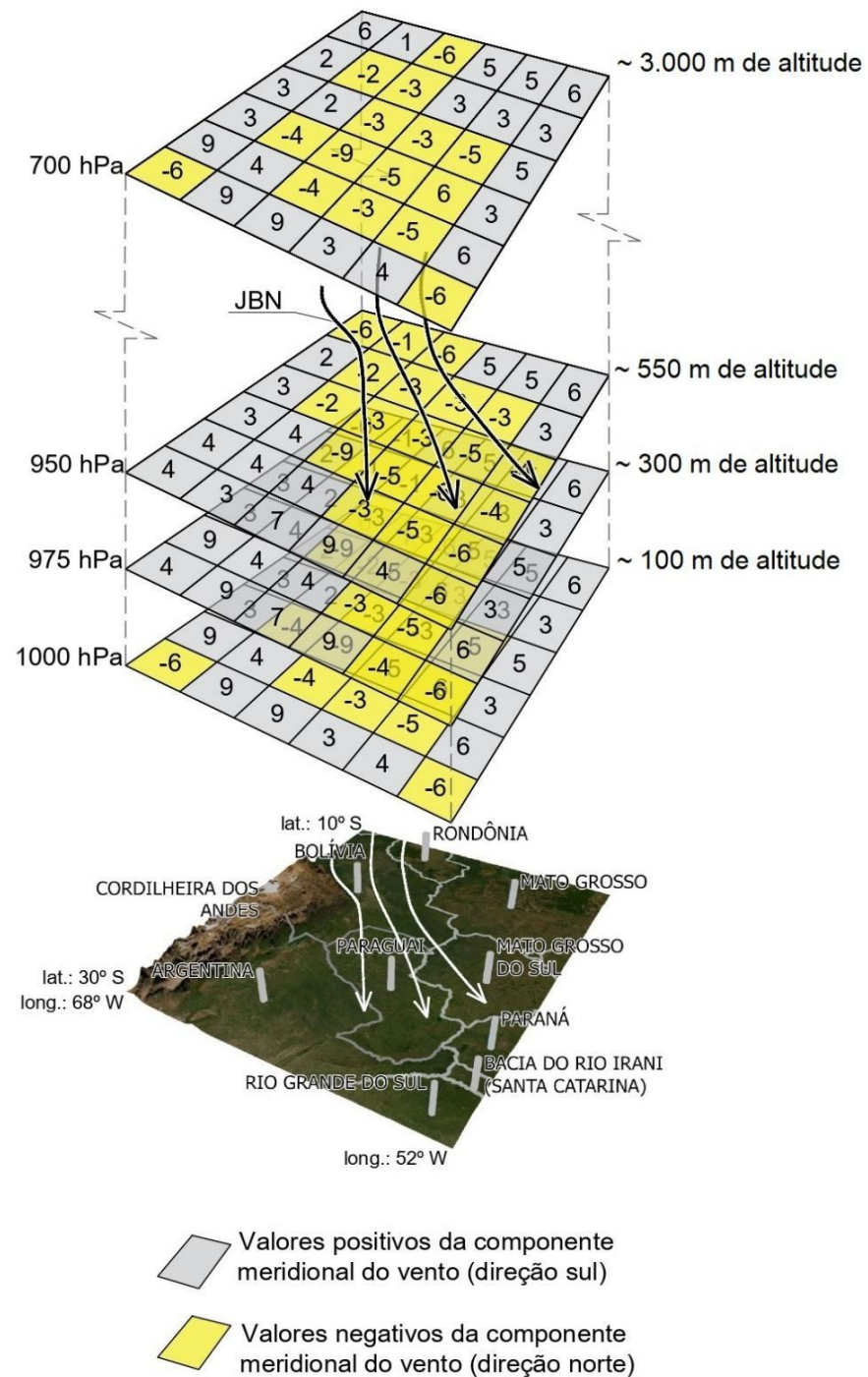
Matriz com dados de direção dos ventos - Dados de Reanálise do NCEP.

Matriz transformada. Valores = 1 (ventos de norte), valores = 0 (ventos de sul).

Fonte: Autor.

Na Figura 11 é ilustrado o esquema vertical de identificação das componentes meridionais do vento com direção norte, destaca-se que que esta análise foi realizada para 12 níveis de pressão, de 1000 hPa à 700 hPa, variando a pressão a cada 25 hPa, sendo que o nível de 725 hPa foi suprimido, devido o número de camadas a serem analisadas.

Figura 11: Identificação dos ventos de direção norte através de dados de reanálise do NCEP, dados da componente meridional do vento provenientes de sul.



Fonte: O Autor.

Na Tabela 3 é mostrado o nível da camada correspondente a pressão atmosférica utilizada neste estudo.

Tabela 3: Nível da camada correspondente a pressão atmosférica estudada.

Nível da camada	Pressão Atmosférica
1	1000
2	975
3	950
4	925
5	900
6	875
7	850
8	825
9	800
10	775
11	750
12	700

Fonte: O autor.

- Critério B:

Neste critério é definido o valor da magnitude da velocidade máxima no nível de pressão correspondente para cada ponto da grade onde foi identificado o vento proveniente de norte. A matriz com a magnitude do vetor do vento máxima foi denominada de Wmax e a matriz com a pressão correspondente denominada de Wloc.

Após identificação dos valores de magnitude dos ventos maiores que 12 m/s, subtraiu-se da matriz de valores de velocidade máxima o limiar estabelecido de 12 m/s da literatura. Os valores positivos na matriz resultante deste cálculo indicam que naquele ponto de grade, o vento possui magnitude maior que 12 m/s, e valores negativos indicam que a magnitude do vento é menor que o limiar estabelecido. Para separar as grades da matriz, com valores maiores que o limiar de 12 m/s, transformou-se a matriz com valores positivos e negativos em uma matriz com valores da magnitude máxima dos ventos provenientes da direção norte, e 0 para os ventos de outra direção, através da equação (7).

$$Mtr2 = \frac{Valor\ absoluto + Valor}{2} \quad (7)$$

Exemplo de cálculo de transformação da matriz com valores da magnitude do vetor maior que 12 m/s.

- Considerando que em um determinado pixel ou ponto de grade do conjunto de dados, a velocidade máxima do vento seja 16m/s, logo neste ponto a velocidade ultrapassou 4 m/s do limiar de 12 m/s estabelecido pelo critério 1 de Bonner (1969), aplicando a equação 7, temos:

$$Mtr2 = \frac{4+4}{2} = 4$$

Neste caso, o valor 4, significa que naquele ponto de grade a velocidade máxima encontrada no perfil vertical variou 4 m/s acima do limiar de 12 m/s descrito na literatura.

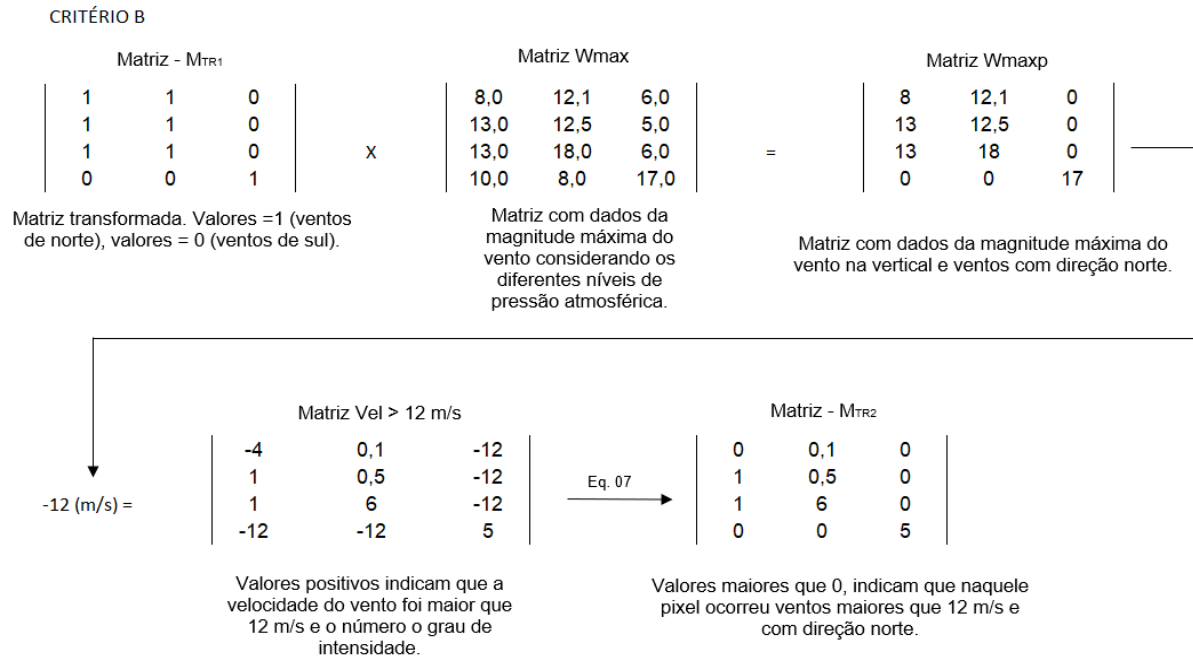
- Considerando que em um determinado pixel ou ponto de grade do conjunto de dados, a velocidade máxima do vento seja 10 m/s, logo neste ponto a velocidade estava -2 m/s do limiar de 12 m/s estabelecido pelo critério 1 de Bonner (1969), aplicando a equação 7, temos:

$$Mtr2 = \frac{10+(-10)}{2} = 0$$

Neste caso, o valor 0, significa que naquele ponto de grade a velocidade máxima encontrada no perfil vertical não atingiu limiar mínimo de 12 m/s descrito na literatura.

Como resultado o critério B gera uma matriz com valores positivos, maiores que zero, indicando que naquela posição foi observado valores de magnitude do vento maior que 12 m/s e o quanto variou positivamente. Na Figura 12 é apresentado o esquema de execução do critério B.

Figura 12: Esquema metodológico de execução do critério B.



Fonte: Autor.

- Critério C:

O critério C identifica se houve a ocorrência de cisalhamento da velocidade do vento em cada ponto de grade de no mínimo 6 m/s entre o menor e o maior valor da velocidade do vento observada. Para fazer essa verificação é necessário aplicar a equação condicional 08 na matriz de ocorrência de ventos com magnitude superior a 12 m/s, que é resultante do critério B.

$$Mtr3 = \text{Se Valor} \neq 0 \text{ então Valor} + 12; \text{ Se não, então Valor} = 0 \quad (8)$$

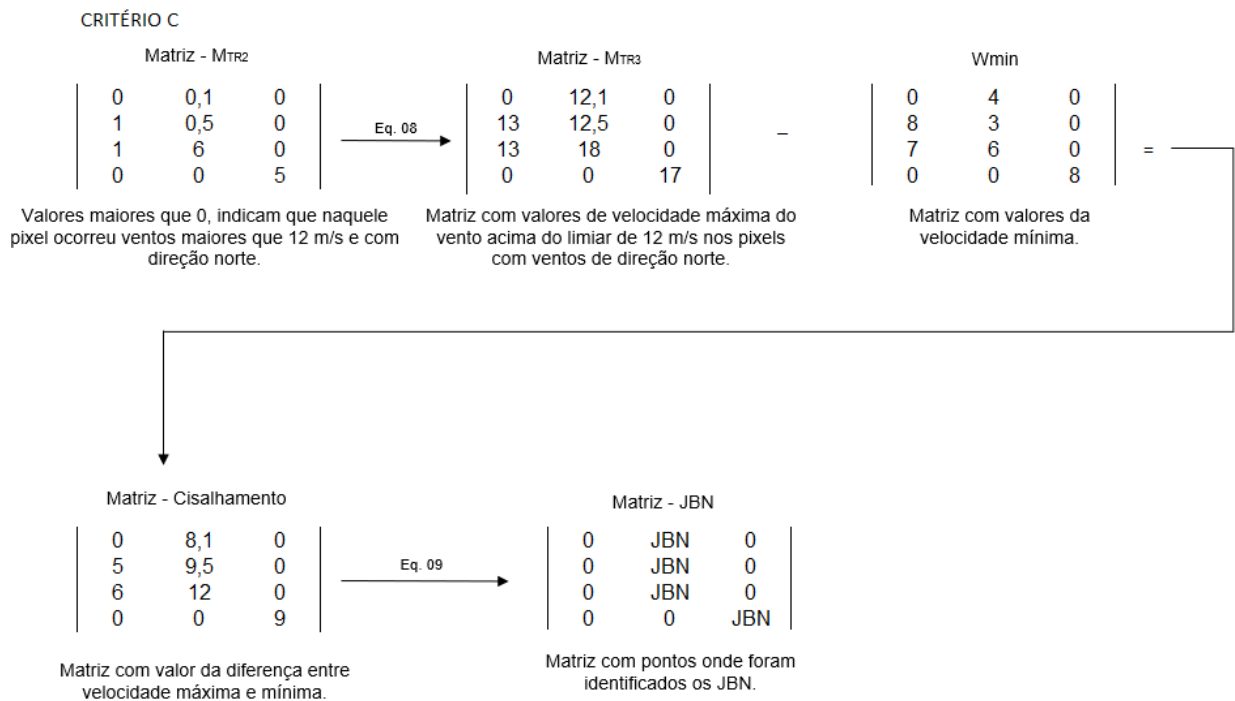
Aplicando a equação (8) obtém-se a matriz com os dados de velocidade máxima observada no ponto de grade. Destaca-se que o algoritmo faz uma varredura nos diferentes níveis de pressão atmosférica, em um ponto de grade para identificar a velocidade máxima do vento, direção e a pressão correspondente. Subtraindo desta matriz os valores da velocidade mínima observada, temos a matriz de cisalhamento, com a diferença entre o maior e o menor valor da velocidade do vento observada no ponto de grade. Aplicando a equação condicional (9) na matriz de cisalhamento,

identifica-se os pontos de grade onde houve a ocorrência dos Jatos de Baixos Níveis – JBN.

$$Mtr4 = \text{Se Valor} \geq 6 \text{ então JBN; Se não então Valor} = 0 \quad (9)$$

Na Figura 12 é apresentado o esquema para execução do critério C, para identificação dos JBN.

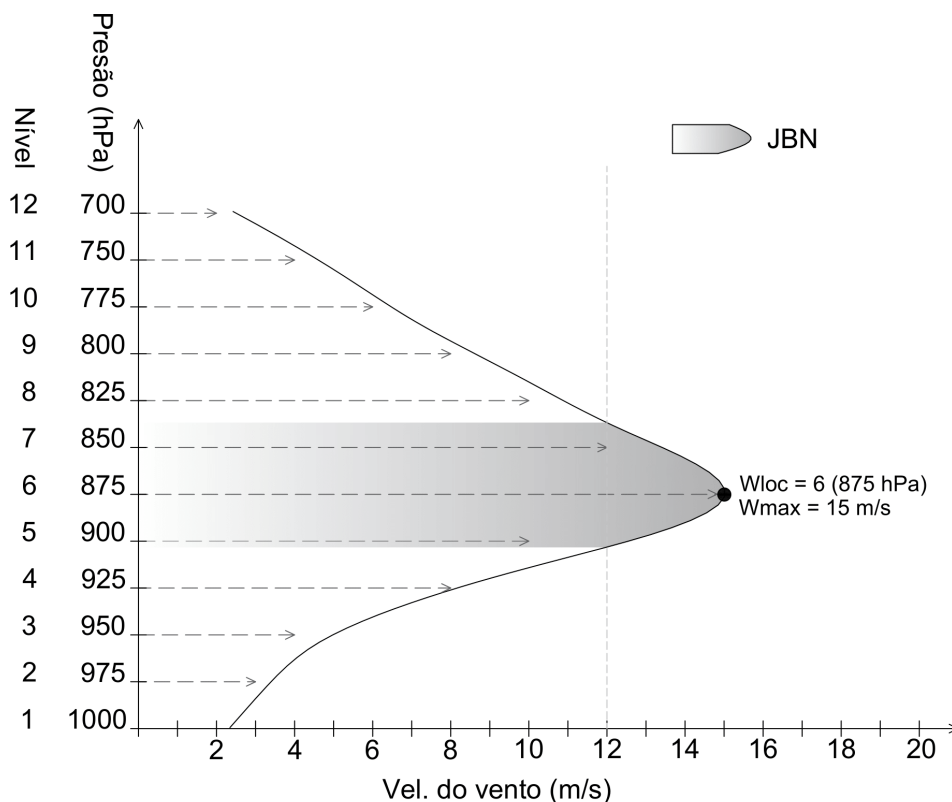
Figura 13: Esquema de execução do critério C para identificação dos JBN.



Fonte: Autor.

Na Figura 14 é apresentado o esquema vertical de seleção dos pontos de grade com magnitude do vento maior que 12 m/s.

Figura 14: Esquema vertical de seleção dos pontos de grade com magnitude do vento maior que 12 m/s.



Fonte: O Autor.

3.2.1 Validação da Hipótese e Correlação das Variáveis Meteorológicas

Para relacionar a umidade proveniente de uma área da Amazônia com a precipitação que ocorre na Bacia do Rio Irani, separou-se os dados em cinco amostras. A amostra A1, correspondendo a uma série histórica indicativa dos dias de ocorrência de NZCAS, visto que nos dias de ocorrência de ZCAS o transporte de umidade é mais factível ao centro-oeste e sudeste do Brasil, e nos dias de NZCAS o transporte de umidade é mais favorável em direção ao Paraguai, Argentina e Sul do Brasil (HERDIES *et al.*; 2002).

Para obtenção dos dias com ocorrência de NZCAS foi utilizado o catálogo de datas de ocorrências de ZCAS, do intervalo de 1986 a 2020 de Rosa *et al* (2020). A partir deste catálogo gerou-se a série história presente na Tabela 3 e denominou-a Série Amostral A1, na qual:

- Dias com ocorrência de NZCAS receberam o valor 1, durante os meses de novembro a março.
- Dias com ocorrência de ZCAS receberam o valor -1, durante os meses de novembro a março.
- Os demais dias do ano (entre os meses de abril a outubro), foram classificados com o valor 5.

Tabela 4: Exemplo de classificação dos dias com ocorrência de NZCAS, com base nos dias de ocorrência de ZCAS do catálogo de Rosa et al. (2020).

Data	Classe	Classificação
14/02/2001	1	NZCAS
15/02/2001	1	NZCAS
16/02/2001	1	NZCAS
17/02/2001	1	NZCAS
18/02/2001	-1	ZCAS
19/02/2001	-1	ZCAS
20/02/2001	-1	ZCAS
21/02/2001	-1	ZCAS
22/02/2001	1	NZCAS
⋮	⋮	⋮
01/04/2001	5	ND
02/04/2001	5	ND
03/04/2001	5	ND

Fonte: Autor.

Os dados da série amostral A2, definida como a evapotranspiração que ocorre em uma área do bioma amazônico, foram extraídos dos dados de reanálises do modelo CSFR. Os dados foram extraídos em milímetros por dia e são uma média para a área de estudo.

Para a obtenção da série amostral A3 foram determinados os dias de ocorrência significativa dos JBN. Para determinar os dias com ocorrência significativa foram aplicados os percentis de 50 a 90% no número de pixels identificados com JBN da série de dados. Para avaliar a correlação, foram selecionados apenas os dias em que o percentil do número de pixels identificados com JBN foi superior a 90%.

A série amostral A4 foi definida como sendo a precipitação acumulada na bacia hidrográfica do Rio Irani em milímetros por dia. Estes dados foram extraídos do produto MERGE-INPE/CPTEC de Rozante (2010).

Os dados de vazão média diária da Bacia Hidrográfica do Rio Irani foram inseridos na amostra denominada A5 e foram extraídos do Hidroweb da Agência Nacional das Águas. A estação fluviométrica utilizada é a Barca Irani, de código 7335000 já descrita. Na Figura 15 é mostrado as áreas utilizadas para extração dos dados amostrais.

Em seguida para fazer o teste de correlação entre os dados, foram aplicados filtros para os dias que apresentaram ocorrência de NZCAS e para dias com ocorrência dos JBN onde o número de pixels foi maior ou igual ao percentil 90%. Com o intuito de se minimizar os possíveis efeitos do tempo em que a evapotranspiração que ocorre na Amazônia leva para chegar ao sul, foi admitido um intervalo acúmulo dos dados de EVPT de 1, 2 e 3 dias (Tabela 5).

Tabela 5: Exemplo de organização dos dados de entrada para teste de correlação Rô de Spearman.

Data	NZCAS	VALCO-JBN	P90	PREC_MM	EVAPT	EVAPT_1DIA	EVAPT_2DIA	EVAPT_3DIA	Q_m3_s
01/01/2001	1	58	0	0,2	16,92	0	0	0	43,707
02/01/2001	1	86	0	0	16,81	16,92	0	0	34,734
03/01/2001	1	313	0	382,4	13,76	16,81	16,92	0	25,516
04/01/2001	1	423	1	21,2	11,63	13,76	16,81	16,92	21,114
05/01/2001	1	260	0	113,2	10,34	11,63	13,76	16,81	19,557
06/01/2001	1	404	1	198,9	11,17	10,34	11,63	13,76	22,18
07/01/2001	1	678	1	1057,7	14,54	11,17	10,34	11,63	23,27
08/01/2001	1	765	1	1138	14,53	14,54	11,17	10,34	26,674

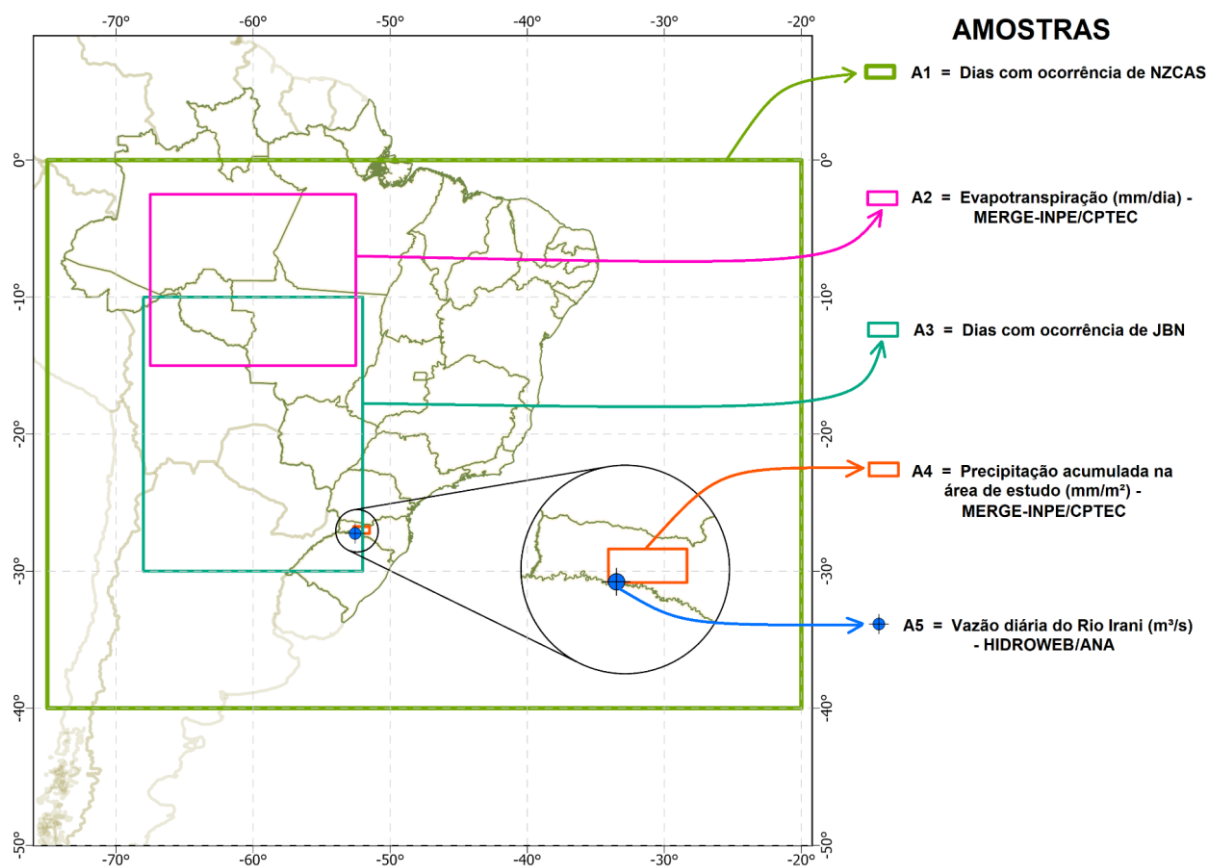
Fonte: Autor.

A correlação das variáveis foi obtida através no Software Minitab. Foram realizados testes preliminares de normalidade e de *outliers*, com a intenção de avaliar os pressupostos estatísticos de normalidade. Devido as amostras evapotranspiração(A2), precipitação(A4) e vazão(A5), não apresentarem distribuição normal, de acordo com o teste de Anderson ($p\text{-valor} < 0,005$), foi utilizado a correlação não paramétrica de Rô de Spearman.

Na correlação de Spearman, se o valor p for menor do que o nível de significância, geralmente escolhido como (0,05 ou 0,01), então se considera que existe uma correlação estatisticamente significativa entre as variáveis. Nesse caso,

rejeita-se a hipótese nula de que não há correlação na população e conclui-se que há evidência estatística para suportar a presença de uma correlação (MINITAB, 2023).

Figura 15 – Áreas selecionadas para extração dos dados amostrais.



Fonte: O Autor.

Para verificar se as amostras de precipitação, evapotranspiração e vazão, com e sem filtros, apresentam medianas estatisticamente iguais ou distintas foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney. Neste caso, o teste foi realizado entre os dados de precipitação e os dados filtrados de precipitação, ou seja, aplicando os filtros de percentil 90 e dias com ocorrência de NZCAS e JBN, bem como entre os dados de evapotranspiração e vazão, com e sem filtros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS JBN ÀS 06Z

O sistema de detecção dos Jatos de Baixos Níveis - JBN utilizado neste estudo mostrou-se eficaz na identificação dos corredores ou convergência dos ventos, conforme inspeção visual nos mapas gerados pelo algoritmo, disponíveis no link: <https://drive.google.com/drive/folders/1GQiuRVZVWycBFBrs3VHY414dufKYHu9V?usp=drive_link>. A análise dos dados apresentados na Tabela 20 fornece informações sobre a detecção de Jatos de Baixos Níveis e as saídas estatísticas associadas para a área de estudo durante os anos de 2001 a 2021. Esses resultados são essenciais para compreender a presença desses jatos de vento de baixa altitude e sua relação com o transporte de umidade e a distribuição de precipitação em uma determinada região.

Ao observar os dados das variáveis UNDCO e VALCO, verifica-se a presença e ausência de JBN em termos do número de pixels ou pontos detectados. Durante os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, houve uma variação nas ocorrências do JBN, indicando uma dinâmica sazonal em sua presença. Verifica-se ainda que a média de ocorrência de *pixels* onde foram identificados os JBN decai no sentido de novembro a março, desta forma corroborando com o estudo de Oliveira, Nascimento, Kannenberg (2018), que constataram que a estação com maior frequência de dias com JBN é o inverno, seguido da primavera e verão respectivamente. Já o estudo de Montini, Jones, Carvalho (2019) explica que as velocidades do vento são mais altas durante o inverno, no entanto o fluxo de umidade associado ao jato é maior durante a primavera e o verão, devido ao maior teor de umidade das massas de ar tropicais.

A análise das estatísticas relacionadas à velocidade do vento na vertical, representadas pelas variáveis WINMIN, WINMAX e WINAVE, revela informações importantes sobre a intensidade do fluxo de ar associado aos JBN. Nota-se que a velocidade mínima média do vento, onde houve ocorrência de JBN, varia entre 11,89 m/s e 11,98 m/s, enquanto a velocidade máxima média varia de 18,31 m/s a 21,02 m/s. A média da velocidade do vento na vertical varia de 13,86 m/s a 14,64 m/s. Esses valores indicam a presença de um fluxo de ar, característico dos JBN, que

desempenham um papel no transporte de umidade. No entanto Montini, *et al.* (2019) sugeriram valores distintos para esse limiar de 12 m/s, fundamentados na climatologia dos ventos em 850 hPa da América do Sul. Dessa forma, a robustez física desses resultados acerca das velocidades é questionável, uma vez que uma mudança arbitrária no limiar mínimo poderia significativamente alterar esses resultados.

O desvio padrão da velocidade do vento, variável WINSIG, fornece uma medida da variabilidade dos dados. Observamos que esse valor varia entre 1,51 m/s e 4,90 m/s. Isso indica uma certa dispersão nas velocidades do vento associadas aos JBN, quando é utilizado o limiar de velocidade de 12 m/s pelo critério 1 de Bonner (1969), sugerindo variações na intensidade do fluxo de ar vertical.

Tabela 6: Resultados da saída estatística do sistema de detecção dos JBN para a área de estudo. Estatística mensal de ocorrência diária dos JBN para os anos de 2001 a 2021. UNDCO - Nº de pixels/pontos sem ocorrência de JBN (unidades); VALCO - Nº de pixels/pontos com ocorrência de JBN (unidades); WINMIN - Velocidade do vento mínimo encontrada na vertical (m/s); WINMAX - Velocidade do vento máximo encontrada na vertical (m/s); WINAVE - Velocidade do vento média encontrada na vertical (m/s); WINSIG - Desvio padrão da velocidade do vento (m/s); LEVMIN - Camada inicial da atmosfera onde se encontrou o JBN (nível da camada); LEVMAX - Camada final da atmosfera onde se encontrou o JBN (nível da camada); LEVAVE - Média entre as camadas onde houve ocorrência de JBN (nível da camada); LEVSIG - Desvio padrão das camadas onde houve ocorrência de JBN (nível da camada).

Mês	Estatística	UNDCO	VALCO	WINMIN	WINMAX	WINAVE	WINSIG	LEVMIN	LEVMAX	LEVAVE	LEVSIG
Novembro	Média	1066,52	286,48	11,97	21,02	14,64	2,00	3,26	11,46	7,07	2,39
	Mediana	1128,00	225,00	12,00	20,50	14,40	1,80	3,00	12,00	6,90	2,50
	Moda	1249,00	104,00	12,00	18,50	13,70	1,20	3,00	12,00	5,30	2,80
	Mínimo	396,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	1353,00	957,00	12,80	39,10	20,20	4,90	9,00	12,00	11,70	4,10
Dezembro	Média	1084,06	268,94	11,98	20,28	14,43	1,86	3,29	11,55	6,86	2,29
	Mediana	1124,50	228,50	12,00	19,70	14,20	1,70	3,00	12,00	6,60	2,30
	Moda	1295,00	58,00	12,00	17,40	13,90	1,30	3,00	12,00	5,50	2,70
	Mínimo	425,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	1353,00	928,00	12,50	37,90	20,60	5,90	12,00	12,00	12,00	3,80
Janeiro	Média	1115,57	237,43	11,96	19,44	14,17	1,68	3,20	11,35	6,52	2,17
	Mediana	1146,00	207,00	12,00	19,10	14,10	1,60	3,00	12,00	6,20	2,20
	Moda	1295,00	58,00	12,00	17,10	13,50	1,40	3,00	12,00	6,00	2,00
	Mínimo	485,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	1353,00	868,00	12,50	34,50	18,60	4,10	8,00	12,00	11,40	3,80
Fevereiro	Média	1154,99	198,01	11,96	18,73	14,00	1,56	3,44	11,29	6,73	2,17
	Mediana	1206,00	147,00	12,00	18,50	13,80	1,50	3,00	12,00	6,40	2,20
	Moda	1303,00	50,00	12,00	16,00	13,40	1,30	3,00	12,00	5,90	2,60
	Mínimo	535,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	1353,00	818,00	13,10	33,10	19,10	4,70	12,00	12,00	12,00	4,00
Março	Média	1188,75	164,25	11,89	18,31	13,86	1,51	3,58	10,95	6,90	2,13
	Mediana	1229,00	124,00	12,00	17,80	13,70	1,30	3,00	12,00	6,60	2,20
	Moda	1340,00	13,00	12,00	16,20	13,60	1,10	3,00	12,00	5,10	2,70
	Mínimo	562,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	1353,00	791,00	14,40	35,70	18,60	4,90	12,00	12,00	12,00	4,00

Fonte: Autor.

As informações relacionadas às camadas da atmosfera onde os JBN foram encontrados variáveis LEVMIN, LEVMAX e LEVAVE revelam dados sobre a altitude em que esses jatos ocorrem. A média entre as camadas onde ocorreram os JBN varia entre os níveis 6 (875 hPa $\approx$ 1200 m) e 7 (850 hPa $\approx$ 1500 m). Esses dados indicam

que os JBN são detectados em altitudes relativamente baixas, onde o máximo de velocidade ocorre em aproximadamente 850 hPa, conforme dito por Stensrud (1996).

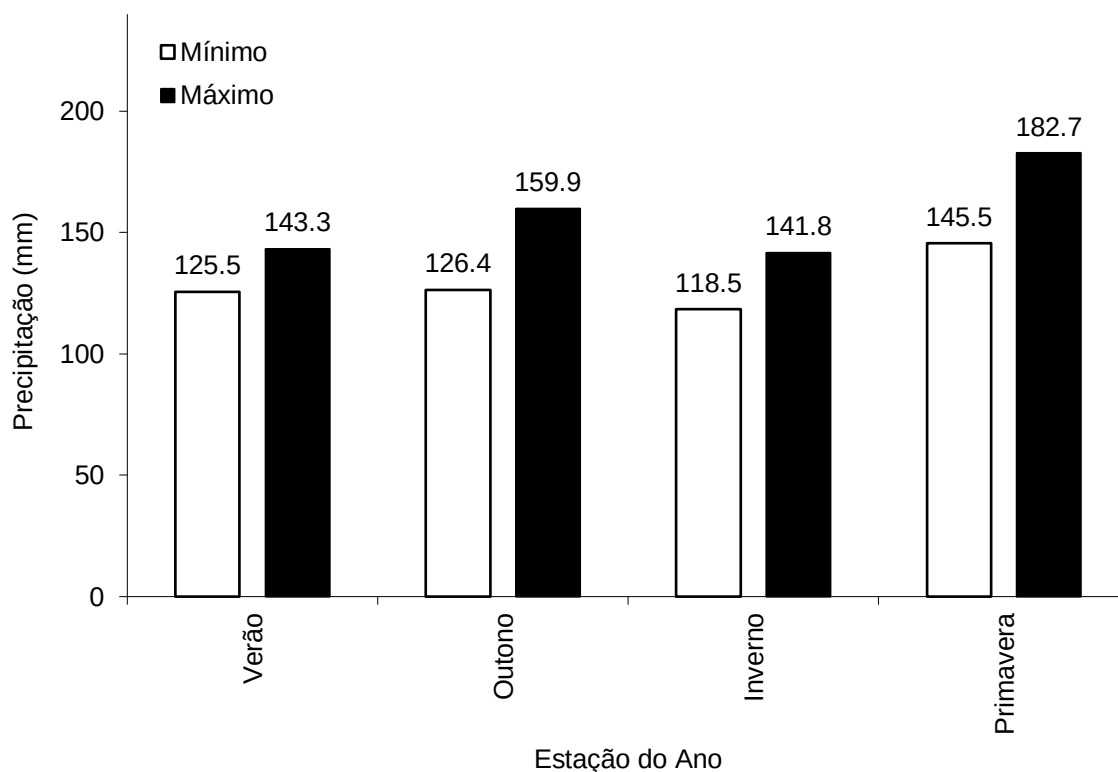
4.2 PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

A identificação dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) é de fundamental importância para a compreensão do comportamento da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Irani. Esses fenômenos atmosféricos têm influência direta na distribuição espacial e temporal das chuvas na região do Rio da Prata (VAN DER ENT *et al.*, 2010), podendo desempenhar um papel significativo no regime hidrológico da bacia. Ao identificar os JBN pelo critério 1 de Bonner (1969) e sua relação com os padrões de precipitação, torna-se possível aprimorar a previsão de eventos extremos, como chuvas intensas, bem como o planejamento de recursos hídricos e a gestão de riscos ambientais na área de estudo. Dessa forma, o estudo e monitoramento desses jatos contribuem para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes de manejo e conservação dos recursos hídricos na Bacia do Rio Irani, visando uma gestão sustentável e resiliente dos recursos naturais nessa importante região hidrográfica.

A Bacia Hidrográfica do Rio Irani apresenta uma variação significativa na precipitação ao longo do ano, com médias mensais que variam de acordo com as estações e uma média anual que reflete a quantidade de chuvas recebidas na região. Os dados gerados a partir do produto MERGE-INPE/CPTEC (ROZANTE, 2010) revelam essas variações e fornecem informações sobre o regime de precipitação na bacia. O período amostral de análise variou de junho de 2000 a dezembro de 2022.

Considerando a média sazonal, observa-se que a primavera apresenta uma média de pluviosidade mais elevada, chegando a 182,7 mm, indicando um período mais chuvoso (Figura 16). O verão, por sua vez, registra uma média máxima de pluviosidade na área de estudo de 143,3 mm, evidenciando uma estação de menor precipitação na bacia. As estações que apresentaram maior pluviosidade foram o outono e a primavera e as de menor pluviosidade o verão e o inverno.

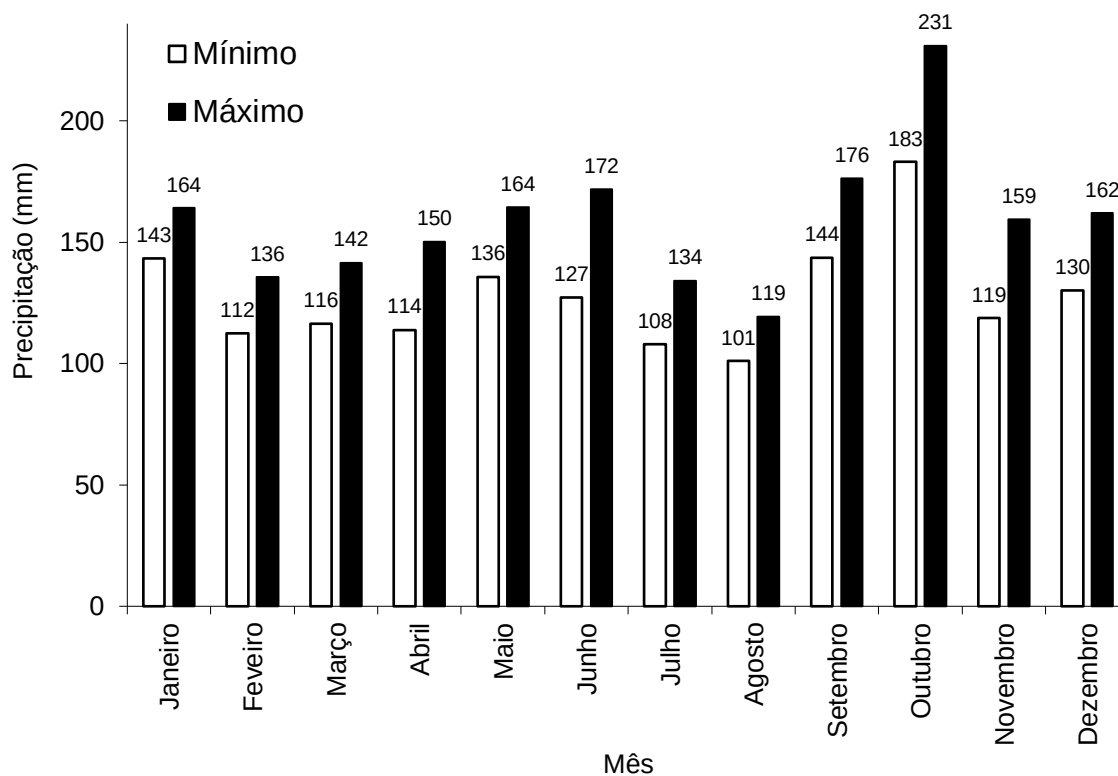
Figura 16: Precipitação média sazonal de 2001 a 2022 na área de estudo. Informações extraídas dos pixels da área de estudo do produto MERGE/INPE-CPTEC.



Fonte: Autor.

Ao analisar a precipitação média mensal na Bacia Hidrográfica do Rio Irani, verifica-se que os valores máximos ocorrem nos meses de setembro - 176,2 mm e outubro - 230,8 mm, indicando um período de maior pluviosidade (Figura 17), podendo estar associado as atividades mais frequente dos SCMs. Por outro lado, os meses de julho - 134,1 mm e agosto - 119,3 mm registram os valores mínimos de precipitação, caracterizando uma estação mais seca. Estes dados são semelhantes aos apresentados por Batista & Severo (2018), setembro ~ 140 mm e outubro ~ 240 mm, mostrando este período como o de maior pluviosidade, já os meses de julho ~ 160 mm e agosto ~ 155 mm registram os valores mínimos de precipitação. É importante destacar que o estudo de Batista & Severo abrange uma área maior que a delimitada pela Bacia Hidrográfica do Rio Irani, desta forma apresentando alguma variação na pluviosidade quando comparado ao da bacia.

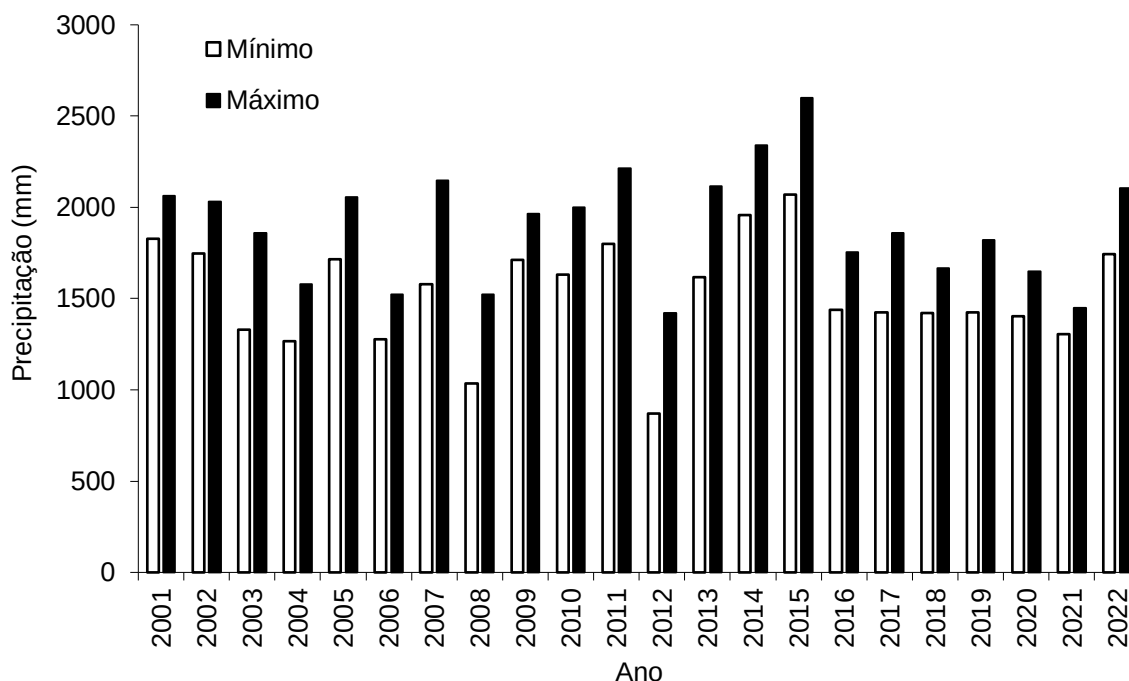
Figura 17: Precipitação média mensal de 2000 a 2022 na área de estudo. Informações extraídas dos pixels da área de estudo do produto MERGE/INPE-CPTEC.



Fonte: Autor.

No que diz respeito à média anual de precipitação, os dados revelam uma variação ao longo dos anos. O ano de 2015 registrou a maior volume de precipitação, com 2597,9 mm, enquanto o ano de 2012 apresentou o menor volume, com 1420,9 mm. Essas variações indicam que a bacia hidrográfica do Rio Irani pode passar por períodos de maior ou menor disponibilidade de água, o que afeta diretamente os recursos hídricos e a dinâmica dos ecossistemas presentes na região (Figura 18). Assim, verifica-se uma concordância com o estudo de Gotardo et al. (2018), a qual, ao investigar o Meio Oeste catarinense no período de 1975 a 2014, identificou que os volumes médios anuais de precipitação mantiveram uma média de 1834 mm/ano e os valores extremos anuais oscilaram entre 1270 mm/ano (mínimo) e 2887 mm/ano (máximo).

Figura 18: Precipitação anual de 2001 a 2022 na área de estudo. Informações extraídas dos pixels da área de estudo do produto MERGE/INPE-CPTEC.



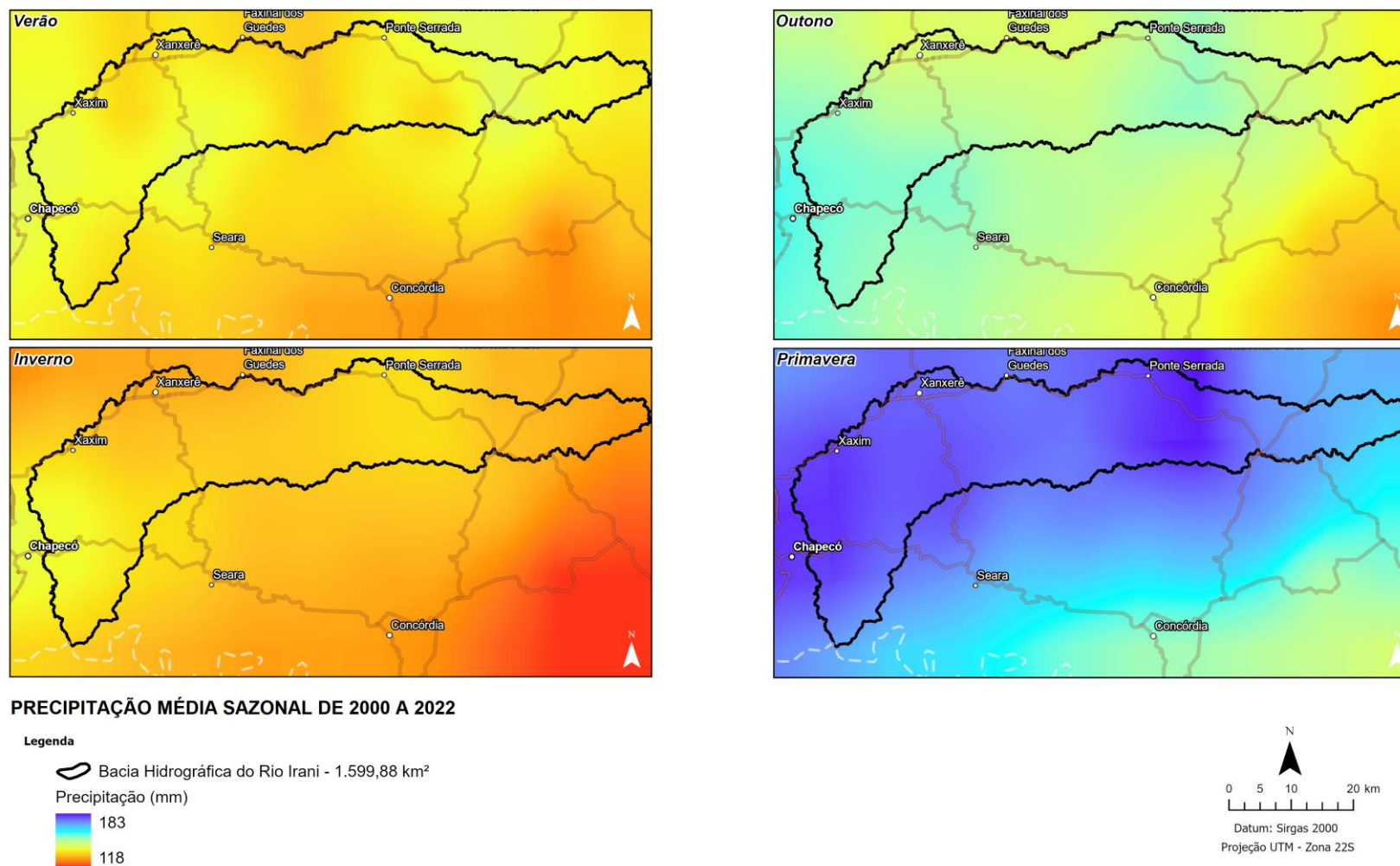
Fonte: Autor.

Através das figuras 20 a 21, é possível observar que a precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Irani apresenta variações ao longo do ano. O primeiro ciclo de verão-outono ocorre de fevereiro a junho, com uma elevação da pluviosidade. Nesses meses, as chuvas se tornam mais intensas e frequentes, contribuindo para o aumento do volume de água na bacia. Em seguida, acontece o segundo ciclo de inverno, que se estende de julho a agosto, caracterizado por uma redução pluviométrica. Esses meses representam uma estação mais seca na região, com precipitações reduzidas em comparação aos meses anteriores. Essa diminuição na pluviosidade pode afetar os níveis de água dos rios e a disponibilidade de recursos hídricos na bacia.

Posteriormente, a partir de setembro, inicia-se o terceiro ciclo de primavera, no qual a precipitação volta a se elevar até outubro. Durante esses meses, observa-se um aumento gradual das chuvas, o que contribui para a recuperação dos níveis de água na bacia hidrográfica. Já, de outubro a fevereiro, temos o quarto ciclo de primavera-verão, caracterizado por uma nova redução na pluviosidade. Esses meses

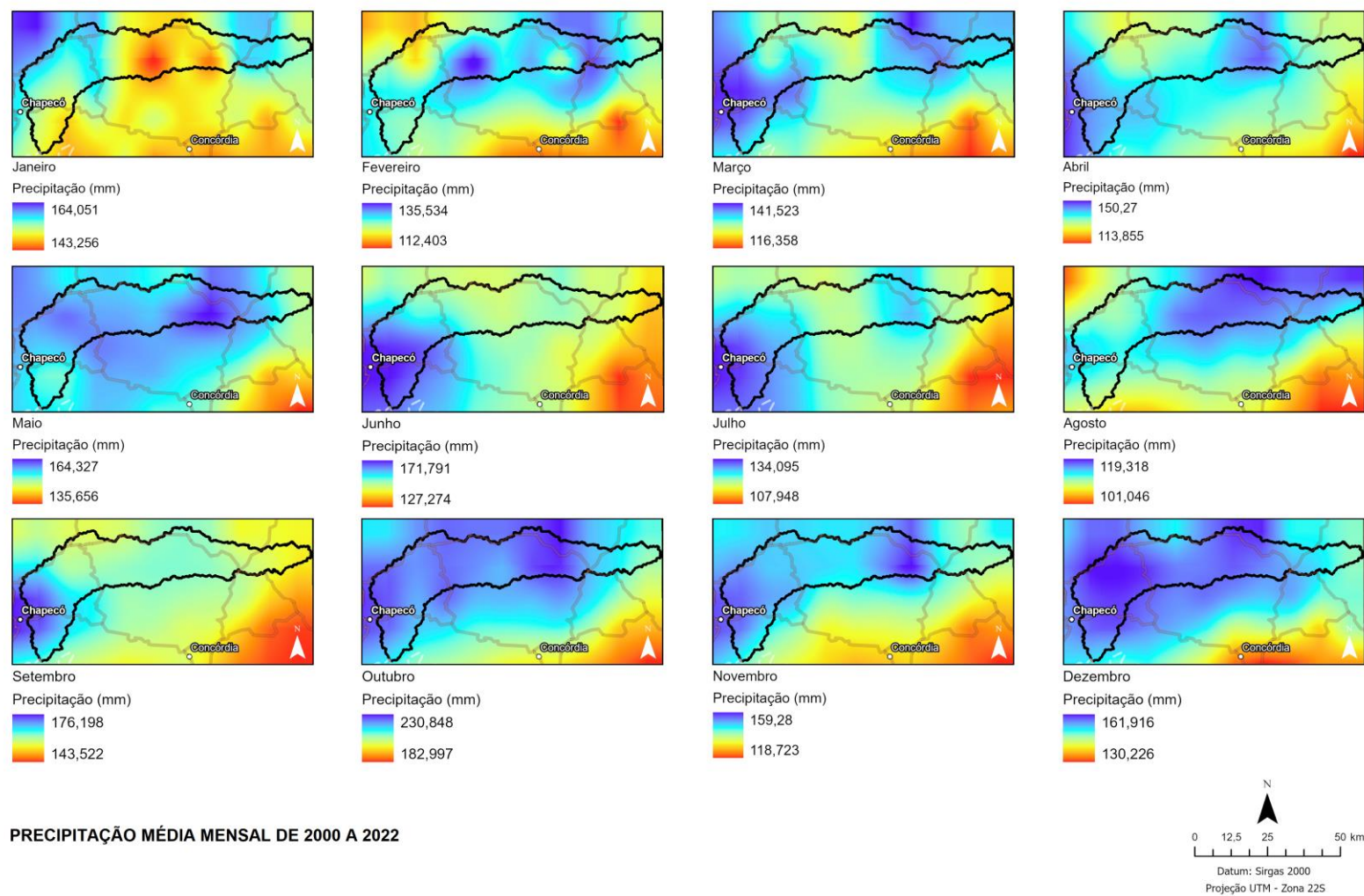
representam uma estação mais seca, com chuvas menos frequentes e volumes reduzidos, o que pode impactar a disponibilidade de água na bacia hidrográfica.

Figura 19: Precipitação média sazonal de 2000 a 2022 da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC, dados do produto MERGE/INPE – CPTEC.



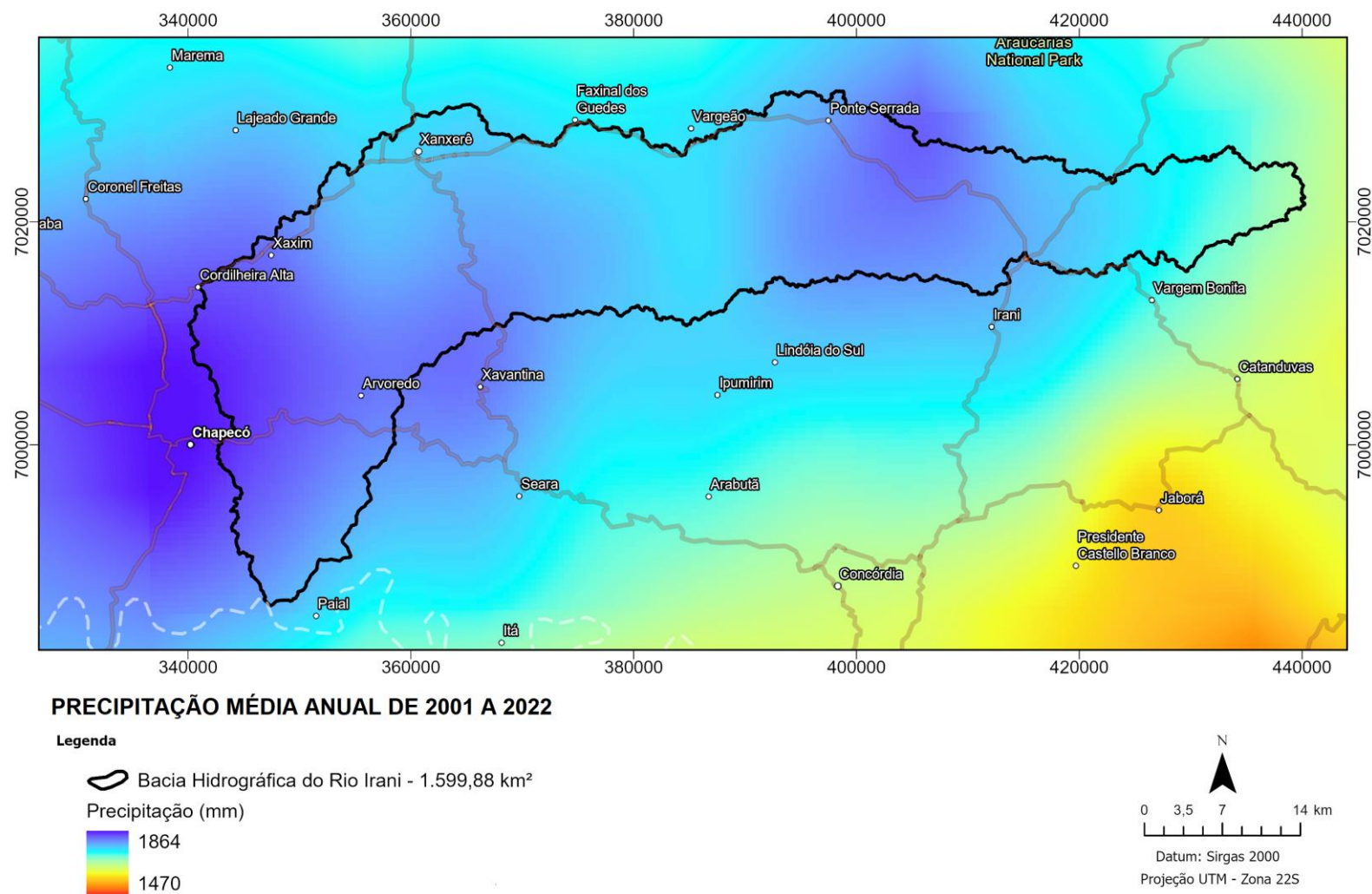
Fonte: O Autor.

Figura 20: Precipitação média mensal de 2000 a 2022 da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados do produto MERGE/INPE - CPTEC.



Fonte: O Autor.

Figura 21: Precipitação média anual de 2000 a 2022 da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados do produto MERGE/INPE - CPTEC.



Fonte: O Autor.

4.3 RELAÇÃO ENTRE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA AMAZÔNIA E A PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

A identificação dos Jatós de Baixos Níveis (JBN) desempenham um papel crucial na relação entre a evapotranspiração da Amazônia e a precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Irani. A Amazônia, é uma região de importância global, com uma vasta cobertura florestal e um dos maiores ciclos de evapotranspiração do planeta. Essa evapotranspiração intensa é responsável pela liberação de grandes quantidades de umidade para a atmosfera, que são transportadas por correntes troposféricas de ar até outras regiões, como a Bacia do Rio Irani. Os JBN desempenham um papel importante nesse transporte de umidade, direcionando as massas de ar úmidas da Amazônia para outras áreas do Brasil. Dessa forma, a identificação dos JBN e sua relação com a precipitação nessa bacia são essenciais para compreender como os padrões climáticos da Amazônia influenciam os regimes de chuva e evapotranspiração em diferentes regiões do país, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos e uma melhor compreensão dos efeitos das mudanças climáticas na hidrologia e no meio ambiente em escala regional.

Sem usar os filtros de identificação dos JBN e dos dias de NZCAS nos dados de precipitação e vazão da Bacia do Rio Irani, e evapotranspiração na Amazônia a correlação entre a precipitação e a evapotranspiração na região estudada apresenta um valor de $\rho = -0,123$ e $p\text{-valor} = 0,00$. Essa correlação negativa indica que, em geral, quando a evapotranspiração aumenta, a precipitação tende a diminuir. No entanto, a força dessa relação é fraca, pois o valor absoluto está próximo de 0 (Tabela 7).

Tabela 7: Correlação Rô de Spearman entre os dados de evapotranspiração, precipitação e vazão sem utilizar filtros de identificação de JBN e dias de NZCAS.

	Precipitação	EVAPT
EVAPT	-0,123	
	0,000	
Q (m³/s)	0,285	0,157
	0,000	0,000

Conteúdo da Célula
Rô de Spearman
Valor-p

Fonte: Autor.

A correlação entre a precipitação e a vazão na bacia do Rio Irani possui um valor de $\rho = 0,285$. Essa correlação positiva indica que, em geral, o aumento da precipitação está associado a um aumento na vazão do Rio Irani. No entanto, é importante ressaltar que a força dessa relação também é considerada fraca, pois o valor absoluto está próximo de 0,30.

Já a correlação entre a evapotranspiração e a vazão apresenta um valor de $\rho = 0,157$ e $p\text{-valor} = 0,00$. Essa correlação positivo indica que, em geral, um aumento na evapotranspiração também está associado a um aumento na vazão do rio Irani. No entanto, assim como nas correlações anteriores, a força dessa relação é considerada fraca, pois o valor absoluto está próximo de 0,20.

Após aplicar os filtros de dias com NZCAS para os meses de outubro a março dos anos de 2001 a 2020, assim como usar os dias em que o número de pixels da área de estudo identificados com JBN foi superior a 540, ou seja, o percentil 90% da amostra, as correlações entre as variáveis precipitação, evapotranspiração da Amazônia e vazão na estação fluviométrica Barca do Irani forneceram informações sobre a relação entre esses parâmetros. Na Tabela 8 é apresentado as correlações entre as variáveis.

Tabela 8: Correlação Rô de Spearman entre os dados de evapotranspiração, precipitação e vazão utilizando filtros de identificação de JBN e dias de NZCAS.

	Precipitação	EVAPT	EVAPT_1DIA	EVAPT_2DIA	EVAPT_3DIA
Precipitação	1,000	0,438	0,441	0,274	0,248
	0,000	0,000	0,000	0,025	0,043
Q (m³/s)	0,529	0,481	0,569	0,510	0,420
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Q (m³/s)_1DIA	0,200	0,342	0,424	0,503	0,415
	0,105	0,005	0,000	0,000	0,000
Q (m³/s)_2DIA	0,137	0,332	0,449	0,504	0,474
	0,267	0,006	0,000	0,000	0,000
Q (m³/s)_3DIA	0,096	0,295	0,328	0,370	0,372
	0,440	0,015	0,007	0,002	0,002

Conteúdo da Célula
Rô de Spearman
Valor-p

Fonte: Autor.

A Precipitação na Bacia do Rio Irani apresentou uma correlação positiva moderada com a evapotranspiração da Amazônia - EVAPT ($\rho = 0,438$, p-valor = 0,00), indicando que um aumento na evapotranspiração da Amazônia nos dias com ocorrência de JBN (percentil 90) e NZCAS está associado a um aumento na precipitação na Bacia do Rio Irani. Isso sugere que a umidade proveniente da Amazônia influencia na quantidade de chuvas na região.

A correlação entre a precipitação e a evapotranspiração que ocorreu em um dia anterior a data da referida precipitação (EVAPT_1DIA) é semelhante à correlação entre a precipitação e EVAPT ($\rho = 0,441$, p-valor = 0,00), indicando uma relação positiva moderada. Isso sugere que a evapotranspiração que ocorreu no dia anterior a precipitação também influencia na precipitação na Bacia do Rio Irani.

A correlação entre a precipitação e a vazão na estação Barca do Irani Q (m^3/s) é moderada ($\rho = 0,529$, p-valor = 0,00), o que indica uma relação positiva entre essas variáveis. Isso significa que um aumento na precipitação está associado a um aumento na vazão do rio na estação mencionada.

As correlações sugerem que a precipitação na Bacia do Rio Irani está relacionada positivamente com a evapotranspiração da Amazônia e com a evapotranspiração do dia anterior ao dia que ocorre a precipitação. Além disso, a precipitação e a evapotranspiração do dia anterior ($\rho = 0,569$, p-valor = 0,00), também está relacionada positivamente com a vazão na estação Barca do Irani, indicando que evapotranspiração e as chuvas nos dias em que ocorre a identificação dos JBN e NZCAS, influenciam diretamente na quantidade de água que flui pelo rio.

4.3.1 Teste de Mann-Whitney

Os resultados indicam que há uma diferença significativa nas medianas entre as amostras de Prec_filtro e Precipitacao. A mediana de Prec_filtro (289,4) é significativamente maior do que a mediana de Precipitacao (19,4), com uma estimativa da diferença de 119,15. O intervalo de confiança de 95% para essa diferença é de

18,2 a 238,4. Além disso, o valor-p é 0,000, indicando que a diferença é estatisticamente significativa (Tabela 9).

Tabela 9: Resultados do teste de Mann-Whitney entre a precipitação na BH do Rio Irani e a precipitação com filtros de JBN e NZCAS.

Amostra	N	Mediana	Diferença	IC para a diferença	Confiança Atingida	Valor W	Valor-p
Prec_filtro	67	289,4	119,15	(18,2; 238,4)	95,00%	314307	0
Precipitacao	7300	19,4					

Fonte: Autor.

Já que o valor-p é menor que o nível de significância comumente utilizado de 0,05 (ou 5%), rejeita-se a hipótese nula (H_0), que afirmava que não há diferença entre as medianas das duas amostras. Portanto, é aceita a hipótese alternativa (H_1), que sugere que há diferença significativa entre as medianas das duas amostras. Logo, constata-se que a precipitação que ocorre na BH do Rio Irani nos períodos de ocorrência de NZCAS e percentil 90 dos dados de JBN é significativamente maior do que nos demais períodos.

Para os dados de Evapotranspiração os resultados indicam que há uma diferença significativa nas medianas entre as amostras de EVAPT_Filtro e EVAPT. A mediana de EVAPT_Filtro (10,19) é significativamente menor do que a mediana de EVAPTT (12,59), com uma estimativa da diferença de -2,13. O intervalo de confiança de 95% para essa diferença é de -3,41 a -0,98. Além disso, o valor-p é 0,000, indicando que a diferença é estatisticamente significativa (Tabela 10).

Tabela 10: Resultados do teste de Mann-Whitney entre a evapotranspiração na Amazônia e a evapotranspiração com filtros de JBN e NZCAS.

Amostra	N	Mediana	Diferença	IC para a diferença	Confiança Atingida	Valor W	Valor-p
EVAPT_Filtro	67	10,19	-2,13	(-3,41; -0,98)	95,00%	181095	0
EVAPTT	7300	19,4					

Fonte: Autor.

Dado que o valor-p é menor que o nível de significância comumente utilizado de 0,05 (ou 5%), rejeita-se a hipótese nula (H_0), que afirmava que não há diferença

entre as medianas das duas amostras. Portanto, a hipótese alternativa (H_1), que sugere que há diferença significativa entre as medianas das duas amostras, é aceita.

A evapotranspiração média da área de estudo filtrada é significativamente menor do que a evapotranspiração não filtrada, o que pode indicar que a filtragem resultou em valores menores dessa variável. Desta forma os dados corroboram que mesmo com a mediana de evapotranspiração menor nos dias com ocorrência de NZCAS e ocorrência de JBN, a precipitação aumenta na bacia, isso indica que a evapotranspiração da área de estudo influencia para o aumento da precipitação na BH do Rio Irani.

Em relação aos dados de vazão os resultados indicam que não há uma diferença estatisticamente significativa nas medianas entre as amostras de Q_{filtro} e $Q_{\text{m3_s}}$. A mediana de Q_{filtro} (28,451) é levemente maior do que a mediana de $Q_{\text{m3_s}}$ (22,722), com uma estimativa da diferença de 2,865. O intervalo de confiança de 95% para essa diferença é de -1,911 a 8,228. Além disso, o valor-p é 0,238, o que é maior que o nível de significância comumente utilizado de 0,05 (ou 5%).

Tabela 11: Resultados do teste de Mann-Whitney entre a vazão na BH do Rio Irani e a vazão com filtros de JBN e NZCAS.

Amostra	N	Mediana	Diferença	IC para a diferença	Confiança a Atingida	Valor W	Valor-p
Q_{filtro}	67	28,451	2,865	(-1,911; 8,228)	95,00%	264783	0,238
$Q_{\text{m3_s}}$	7231	22,722					

Fonte: Autor.

Dado que o valor-p é maior que o nível de significância, não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula (H_0), que afirmava que não há diferença entre as medianas das duas amostras. Portanto, não é possível concluir que há diferença significativa entre as medianas das vazões filtrada e não filtrada.

No entanto, com base nos resultados apresentados, não se pode afirmar que a filtragem dos dados de vazão resultou em uma diferença significativa entre as medianas das duas amostras. Isso pode sugerir que os valores de vazão não foram afetados significativamente pela filtragem e que as duas amostras podem ser consideradas estatisticamente equivalentes em termos de suas medianas.

4.4 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

A relação entre a precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Irani e a evapotranspiração na Amazônia desempenha um papel fundamental na caracterização ambiental e morfométrica dessa bacia. A quantidade de chuva que ocorre na Bacia do Rio Irani pode estar diretamente ligada ao transporte de umidade proveniente da Amazônia através dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) nos períodos de NZCAS. Essa transferência de umidade influencia diretamente os padrões de precipitação na bacia, podendo afetar o regime de vazão dos rios e a disponibilidade hídrica em diferentes épocas do ano. Além disso, a evapotranspiração intensa na Amazônia contribui para a formação de sistemas atmosféricos, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que podem influenciar os eventos extremos de chuva e as inundações no Centro-Sul do Brasil e nos períodos de NZCAS, podem influenciar em grandes volumes de precipitação na Bacia do Rio Irani. Portanto, compreender essa relação entre a precipitação na BH e a evapotranspiração na Amazônia é essencial para uma caracterização ambiental abrangente, permitindo uma melhor gestão dos recursos hídricos, o planejamento sustentável do uso da terra e a mitigação de riscos relacionados a eventos climáticos extremos na região do Rio Irani.

A Bacia do Rio Irani, localizada na Região Hidrográfica RH2 Meio Oeste, é responsável por drenar suas águas para o Rio Uruguai. As características morfométricas dessa bacia são descritas pelos parâmetros na Tabela 12.

Tabela 12: Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Irani – SC.

Características físicas	Resultados
Área (m ²)	1.599.884.686,70
Área (km ²)	1.599,88
Perímetro (km)	341,12
Largura média da bacia (km)	8,07
Cota montante (m)	1.221,00
Cota Jusante (m)	245,00
Declividade (m/m)	0,005
Extensão do Rio Principal (m)	198.347,14
Extensão do Rio Principal (km)	198,35
Σ Extensão dos rios (m)	2.836.807,20
Nº Rios de 1ª Ordem	683

Características físicas	Resultados
Coeficiente de Compacidade - Kc	2,39
Fator de Forma - Kf	0,04
Densidade de Rios - Dr	0,43
Densidade de Drenagem – Dd-h (km/km ²)	1,77

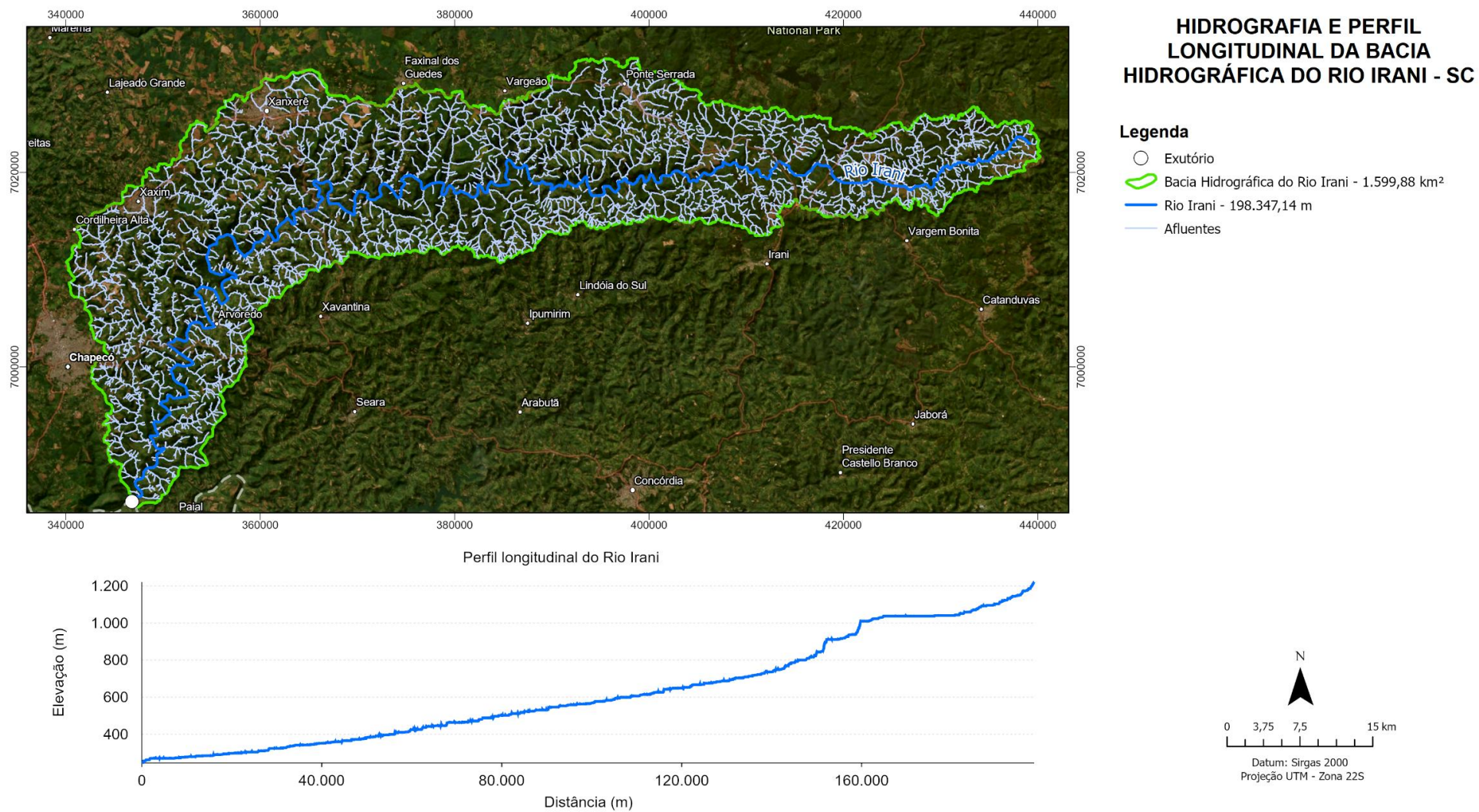
Fonte: Autor.

A bacia hidrográfica do Rio Irani possui uma área considerável de 1.599,88 km², semelhante a encontrada por SIRHESC (2020) ~159.840,00, sendo classificada como de grande porte. O fator de forma – Kf igual a 0,04 é inferior a 0,5 e o coeficiente de compacidade - Kc acima de 1,5 indicam que a bacia não está sujeita a ocorrências de grandes enchentes e inundações. Isso sugere uma configuração mais alongada da bacia, que favorece um escoamento mais eficiente das águas.

A densidade de rios (Dr) de 0,43 aponta para uma proporção moderada de cursos d'água em relação à área da bacia, indicando uma rede de drenagem relativamente baixa. Além disso, a densidade de drenagem (Dd-h) de 1,77 km/km² evidencia uma boa capacidade de escoamento e escoamento rápido das águas dentro da bacia hidrográfica.

Na Figura 22, é apresentado o perfil longitudinal do rio de maior extensão na Bacia do Rio Irani, juntamente com os demais dados morfométricos da bacia hidrográfica. Essas informações fornecem uma visão sobre a estrutura e o funcionamento da bacia, sendo de grande importância para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos da região.

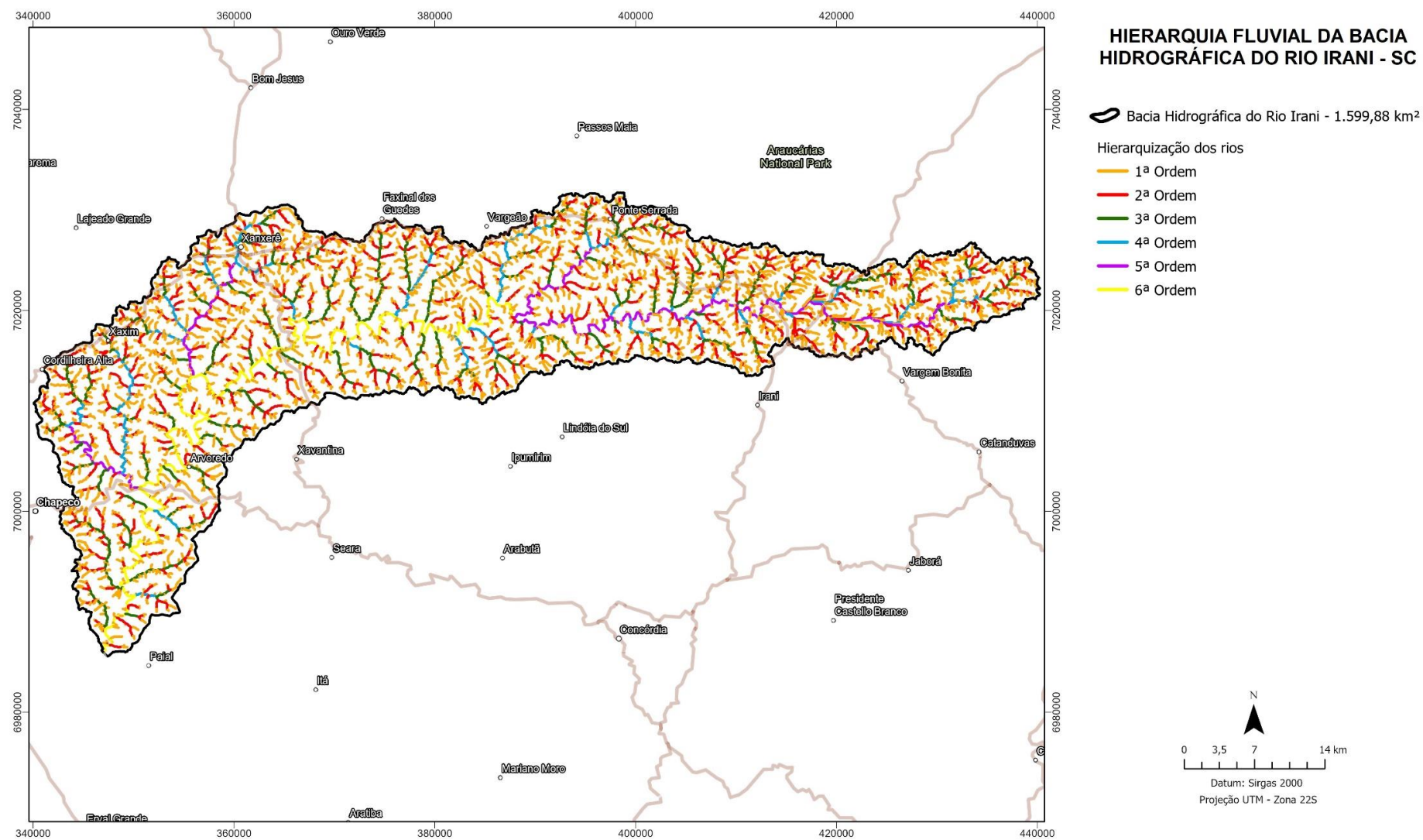
Figura 22: Mapa de hidrografica e perfil longitudinal da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.



Fonte: O Autor.

A bacia hidrográfica do Rio Irani, apresenta o Rio Irani como um rio de 6ª ordem. Essa classificação indica que o Rio Irani desempenha um papel fundamental na captação e transporte de água na bacia. A hierarquização dos rios é importante para compreender a dinâmica hidrológica da região, uma vez que os rios de ordem superior possuem uma área de captação maior, recebendo contribuições de uma extensa área territorial. Na Figura 23 é apresentado o mapa com a hierarquização fluvial do Rio Irani.

Figura 23: Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.



Fonte: Autor.

A bacia hidrográfica do rio Irani apresenta uma variação altimétrica significativa, com altitudes que variam desde a altitude mínima de 245 metros até a altitude máxima de 1294 metros. A altitude média da bacia é de 823,26 metros, enquanto a altitude mediana é de 833,53 metros. Esses valores altimétricos indicam uma área com relevo variado e uma grande amplitude altimétrica. Na Tabela 13 a seguir é apresentado as classes de altitude bem como as elevações e as áreas correspondentes. Os valores de hipsometria encontrados corroboram os apresentados na Avaliação Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Irani (SIRHESC, 2020), que apresentam valores de altitude entre 300 e 1300 m.

Tabela 13: Classes de altitude e áreas correspondentes da Bacia Hidrográfica do Rio Irani.

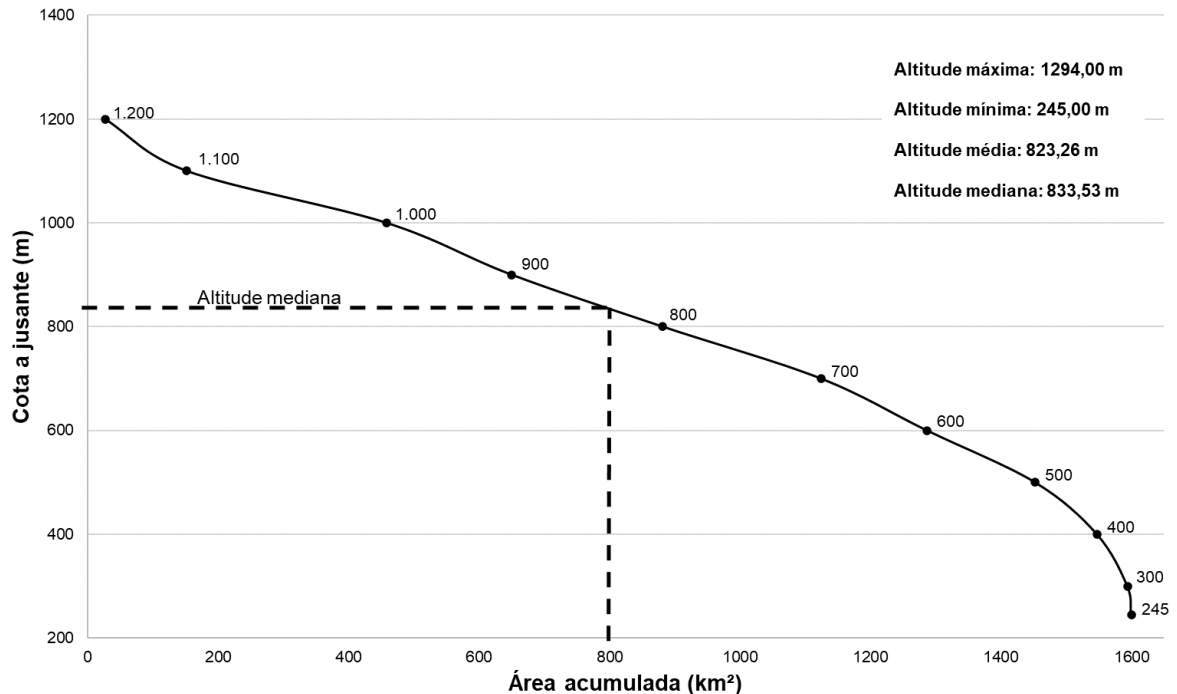
Classes de Altitude (m)	Cota a montante (m)	Cota a jusante (m)	Elevação média (m)	Elevação Relativa (m)	Área da Superfície (km²)	Área Acumulada (km²)	Área Relativa (%)
(1200 - 1294)	1294	1200	1247	1,00	26,47	26,47	1,65%
(1100 - 1200)	1200	1100	1150	0,92	125,41	151,88	9,49%
(1000 - 1100)	1100	1000	1050	0,84	306,01	457,89	28,62%
(900 - 1000)	1000	900	950	0,76	191,93	649,82	40,62%
(800 - 900)	900	800	850	0,68	231,45	881,28	55,08%
(700 - 800)	800	700	750	0,60	242,60	1123,88	70,25%
(600 - 700)	700	600	650	0,52	162,42	1286,30	80,40%
(500 - 600)	600	500	550	0,44	165,98	1452,29	90,77%
(400 - 500)	500	400	450	0,36	94,97	1547,25	96,71%
(300 - 400)	400	300	350	0,28	46,67	1593,92	99,63%
(245 - 300)	300	245	272,5	0,22	5,96	1599,88	100,00%

Fonte: Autor.

Ao analisar a curva hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Irani, podemos observar a distribuição das altitudes ao longo da área de estudo (Figura 24). A curva hipsométrica mostra que o rio principal pode apresentar um certo potencial erosivo, nela também é mostrado diferentes classes de altitude, cada uma delas representando uma faixa altimétrica específica. Observa-se que a área com altitudes mais elevadas é compreendida entre 1200 e 1294 metros e abrange uma superfície de 26,47 km², representando 1,65% da área total da bacia. À medida que a altitude

diminui, a área aumenta, indicando uma maior extensão de terras em altitudes mais baixas.

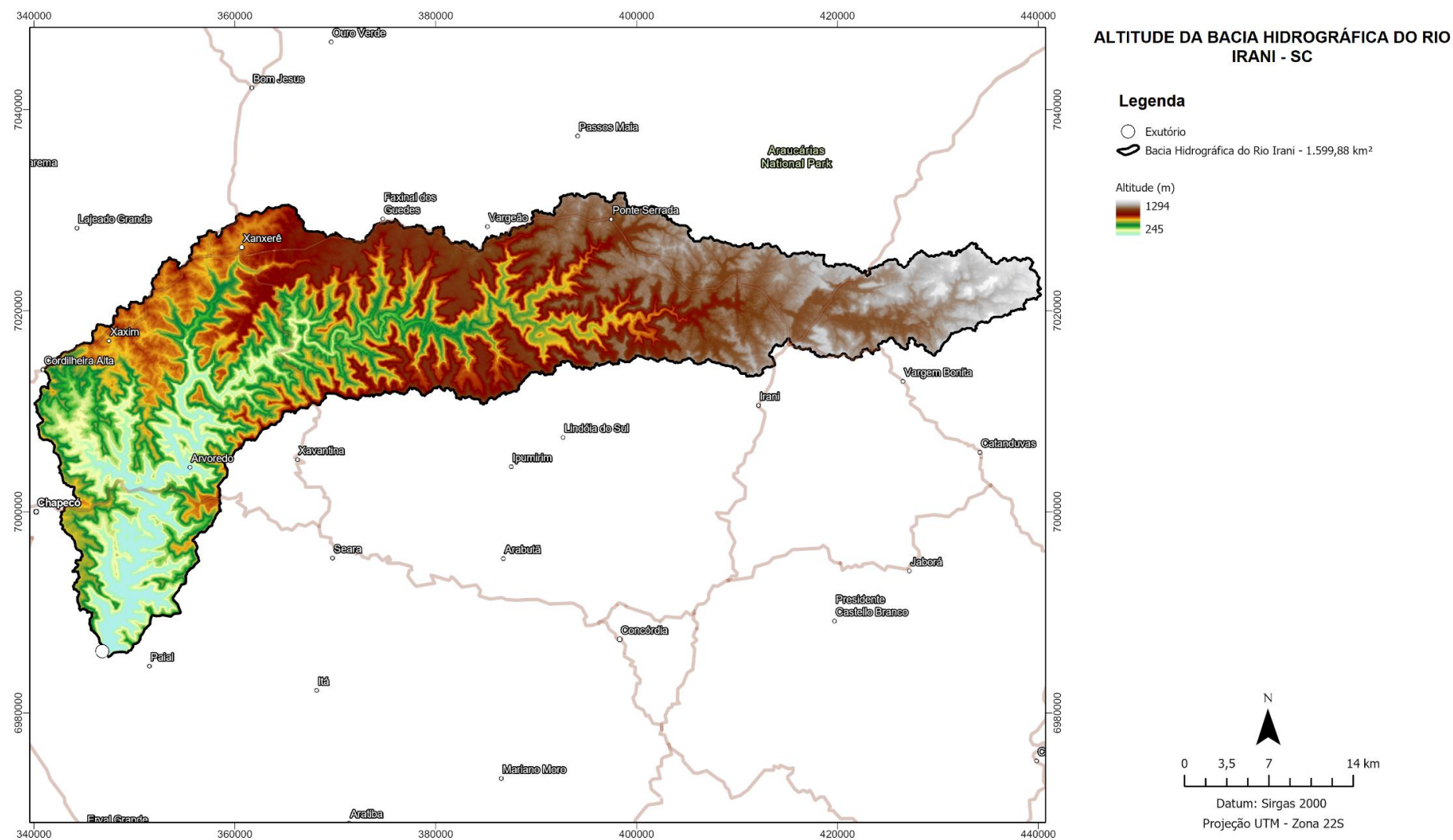
Figura 24: Curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.



Fonte: Autor.

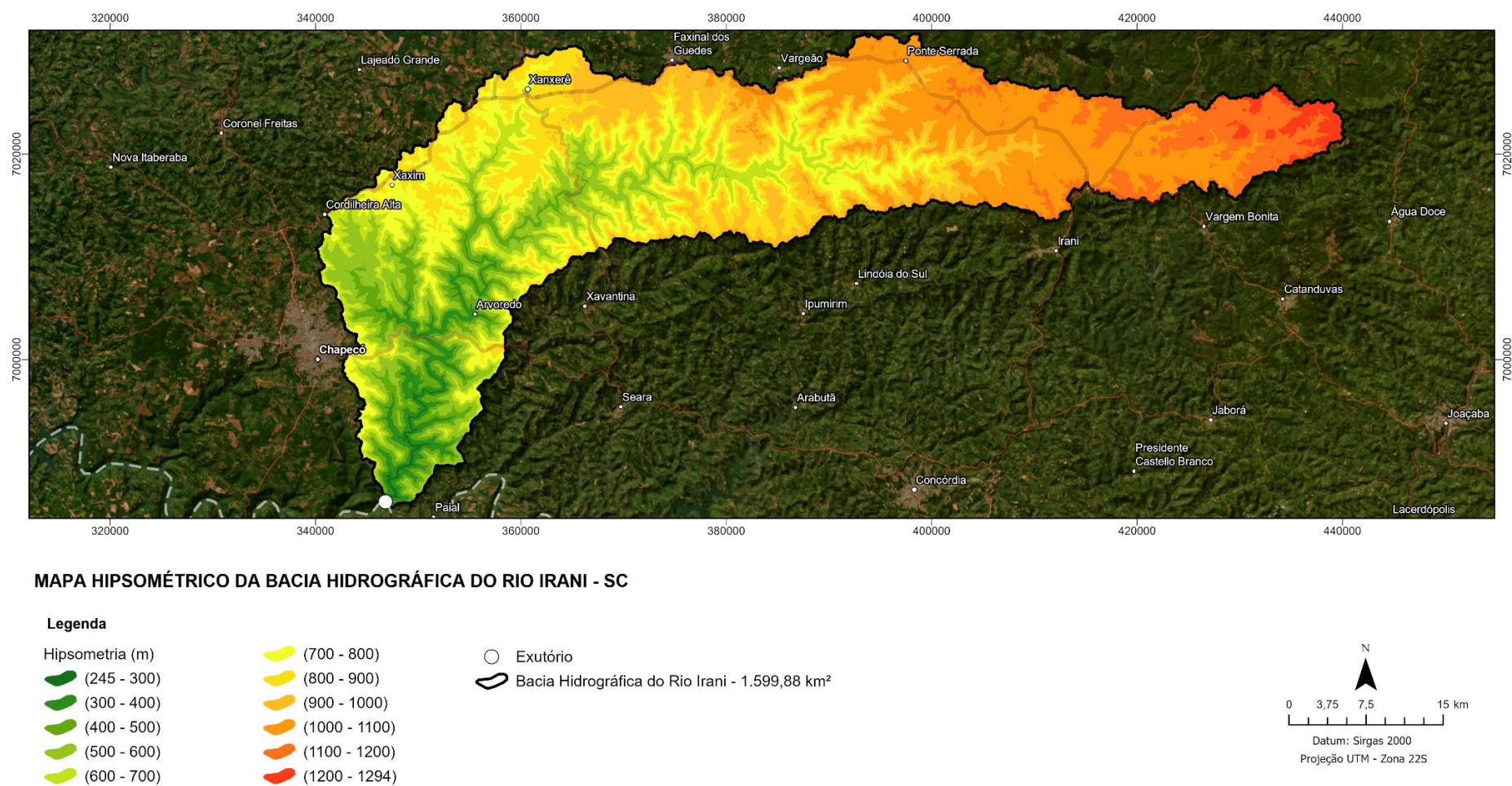
A curva hipsométrica demonstra ainda que a maior área da bacia hidrográfica do rio Irani está concentrada em altitudes entre 1000 e 1100 metros, abrangendo uma superfície de 306,01 km², o que corresponde a 28,62% da área relativa da bacia. Conforme a altitude continua diminuindo, a área aumenta gradualmente, mostrando uma distribuição progressiva em altitudes mais baixas. A área com altitudes entre 400 e 500 metros, por exemplo, possui uma superfície de 94,97 km², representando 5,94% da área total da bacia. As figuras a seguir mostram a altitude e o a hipsometria da bacia.

Figura 25: Mapa de Altitude da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.



Fonte: O Autor.

Figura 26: Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.



Fonte: O Autor.

A bacia hidrográfica do Rio Irani, apresenta uma diversidade de declividades ao longo de seu relevo. A análise da distribuição das classes de declividade, de acordo com os critérios estabelecidos pela Embrapa (1979), revela as características dessa distribuição na bacia, conforme mostrado na Tabela 14: Relevo e classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC. Os resultados encontrados divergem em relação ao relevo mostrado na Avaliação Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Irani, SIRHESC (2020), essa diferença pode estar ocorrendo por uso de diferentes bases de modelos digitais de elevação, ou metodologias de elaboração distintas.

Tabela 14: Relevo e classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.

Relevo	Classe de Declividade (%)	Área (km²)	Área (%)
Plano	0 - 3%	49,93	3,12%
Suave ondulado	3 - 8%	268,63	16,79%
Ondulado	8 - 20%	539,34	33,71%
Forte ondulado	20 - 45%	605,35	37,84%
Montanhoso	45 - 75%	133,55	8,35%
Escarpado	> 75%	3,09	0,19%
Total	-	1599,88	100,00%

Fonte: Autor.

Uma pequena porção da área da bacia, correspondendo a 3,12% e abrangendo uma área de 49,63 km², é classificada como plana, com declividades entre 0 e 3%. Essas áreas planas estão geralmente associadas a vales amplos e fundos de vales, onde o escoamento da água ocorre de forma mais lenta.

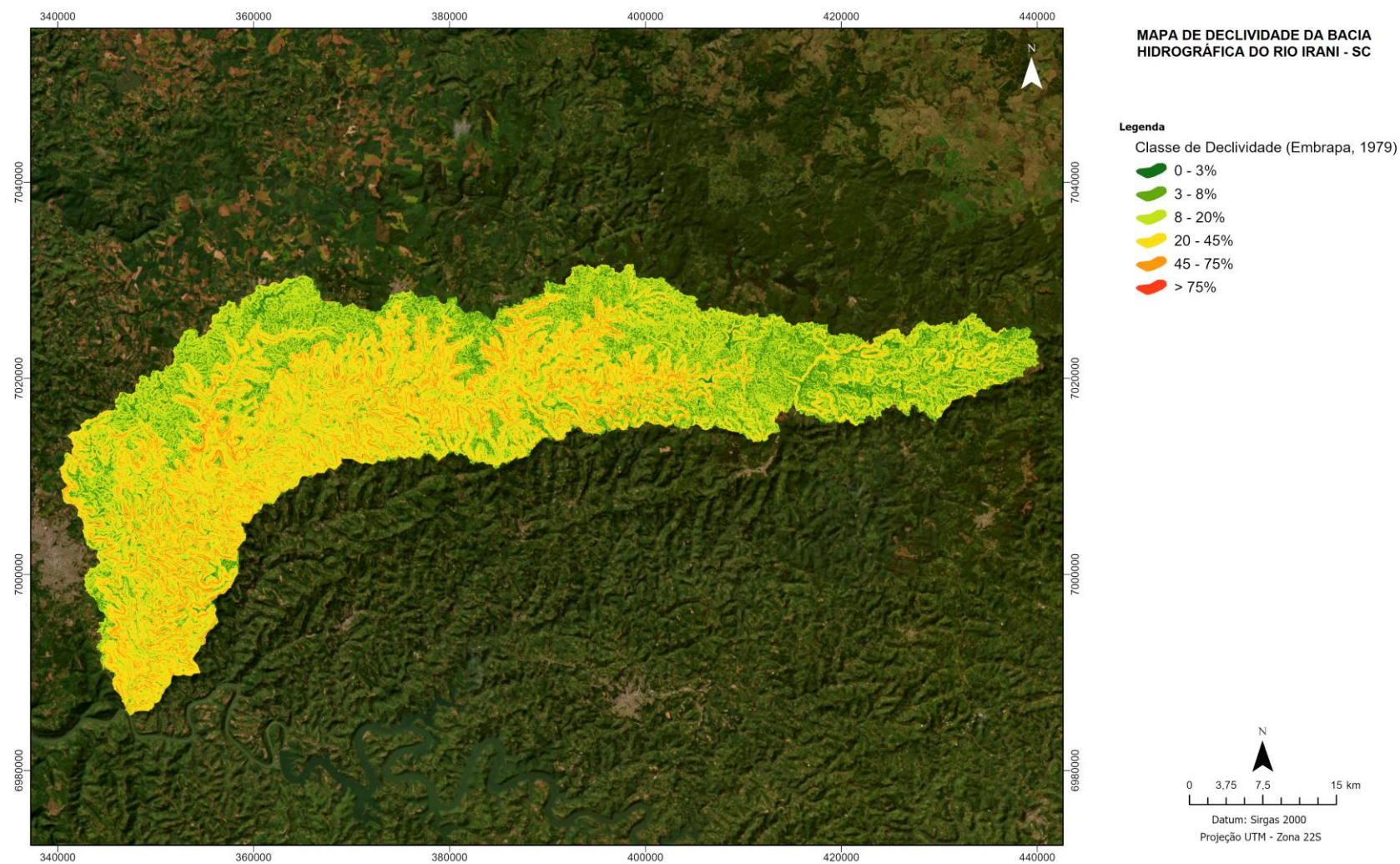
A classe de declividade seguinte é denominada suave ondulado, com declividades variando de 3% a 8%. Essa classe abrange uma área de 267,04 km², correspondendo a 16,79% da área total da bacia. O relevo suave ondulado é caracterizado por colinas e pequenas elevações, proporcionando um escoamento relativamente eficiente da água.

A classe de declividade ondulado, com declividades entre 8% e 20%, representa uma área significativa de 536,15 km², correspondendo a 33,71% da área da bacia. Nesse tipo de relevo, encontram-se colinas mais pronunciadas e áreas com maior potencial de erosão.

A porção da bacia classificada como forte ondulado, com declividades entre 20% e 45%, abrange uma área de 601,77 km², correspondendo a 37,84% da área total. Essa classe é caracterizada por colinas íngremes e encostas acentuadas, apresentando um maior risco de erosão e um escoamento superficial mais rápido.

Já a classe montanhosa engloba declividades entre 45% e 75%, representando uma área de 132,76 km², correspondendo a 8,35% da área total. Nesse tipo de relevo, encontram-se áreas montanhosas e encostas muito íngremes, o que influencia diretamente na velocidade do escoamento superficial e na ocorrência de processos erosivos mais intensos. Na Figura 27 é mostrado o mapa de declividade da bacia.

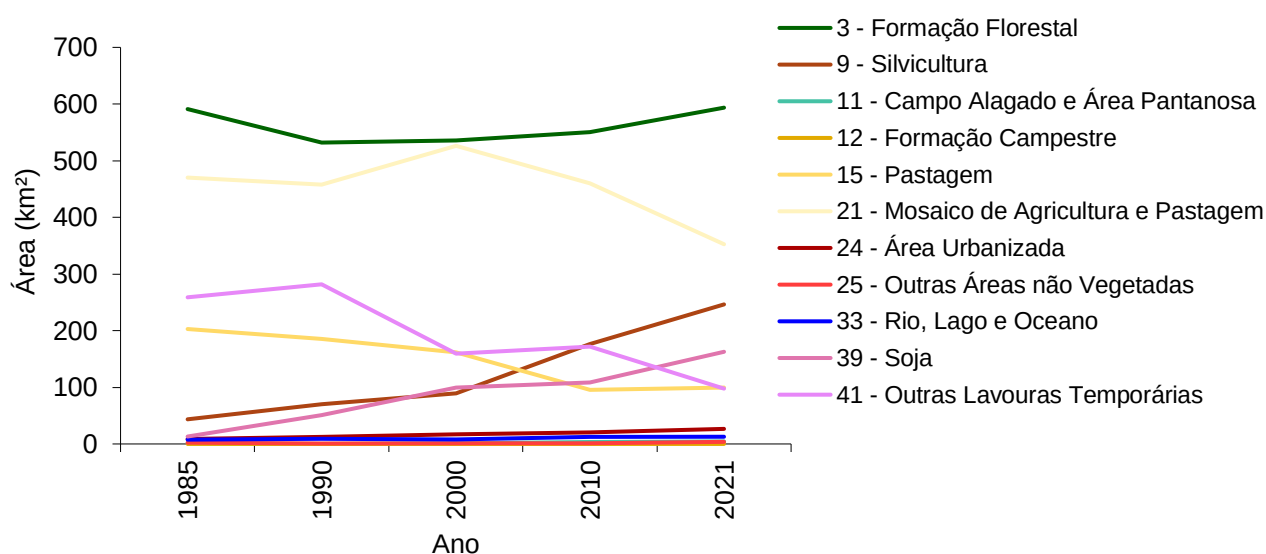
Figura 27: Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.



Fonte: O Autor.

Com base nos dados extraídos do Projeto MapBiomas coleção 7.1, foram analisadas as mudanças na área de uso do solo nos anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2021 na bacia hidrográfica do Rio Irani (Figura 28).

Figura 28 - Variação da área do uso e ocupação do solo durante os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2021 na Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados da coleção 7.1 do Projeto MapBiomas.



Fonte: Autor.

A seguir é mostrado a variação percentual do uso do solo na Bacia do Rio Irani, com base nos dados do projeto MapBiomas e delimitação da área da bacia.

Tabela 15 - Variação percentual do uso e ocupação do solo durante os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2021 na Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados da coleção 7.1 do Projeto MapBiomas.

Uso do Solo	1985	1990	2000	2010	2021
3 - Formação Florestal	36,93%	33,25%	33,52%	34,40%	37,10%
9 - Silvicultura	2,72%	4,41%	5,60%	11,04%	15,39%
11 - Campo Alagado e Área Pantanosa	0,07%	0,00%	0,07%	0,19%	0,28%
12 - Formação Campestre	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15 - Pastagem	12,68%	11,57%	10,10%	5,97%	6,23%
21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem	29,42%	28,64%	32,89%	28,76%	22,03%
24 - Área Urbanizada	0,55%	0,75%	1,07%	1,29%	1,66%
25 - Outras Áreas não Vegetadas	0,14%	0,05%	0,07%	0,07%	0,23%
33 - Rio, Lago e Oceano	0,48%	0,57%	0,53%	0,75%	0,79%

Uso do Solo	1985	1990	2000	2010	2021
39 - Soja	0,82%	3,15%	6,19%	6,77%	10,17%
41 - Outras Lavouras Temporárias	16,20%	17,61%	9,97%	10,75%	6,10%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Autor.

A categoria de Formação Florestal - Categoria 3 desempenha um papel crucial na preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade. Durante o período analisado, a área de formação florestal manteve-se relativamente estável, passando de 590,85 km² em 1985 para 593,58 km² em 2021. Essa consistência ressalta a importância dada à conservação dessas áreas.

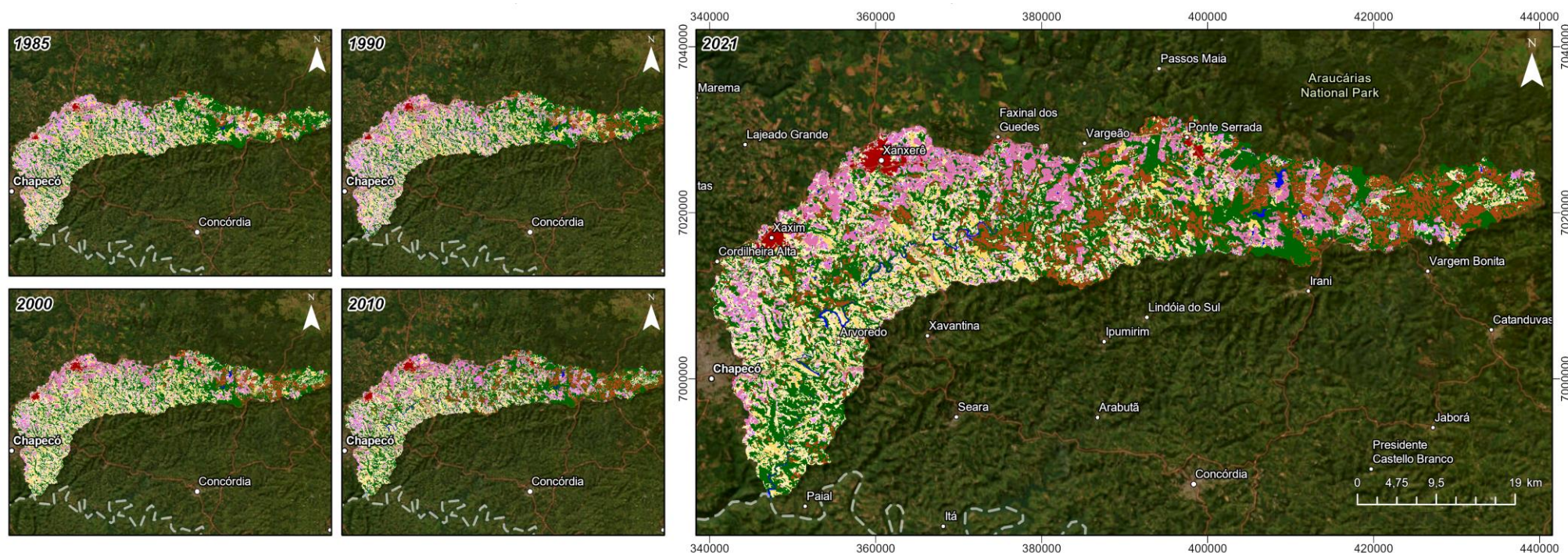
A silvicultura - Categoria 9, que representa áreas destinadas ao plantio e manejo florestal com fins comerciais, registrou um crescimento expressivo ao longo do tempo. A área destinada à silvicultura aumentou de 43,51 km² em 1985 para 246,29 km² em 2021. Esse aumento reflete a demanda por recursos madeireiros e o desenvolvimento da atividade florestal na região.

Por outro lado, a categoria de Pastagem - Categoria 15, apresentou uma redução gradual ao longo dos anos, passando de 202,83 km² em 1985 para 99,69 km² em 2021. Essa diminuição pode indicar mudanças no padrão de uso do solo, como a substituição da pastagem por outros tipos de ocupação ou a intensificação da produção agropecuária em áreas menores.

Observa-se um aumento significativo na área urbanizada - Categoria 24, refletindo o processo de urbanização e crescimento urbano na região. A área urbanizada aumentou de 8,80 km² em 1985 para 26,61 km² em 2021. Esse fenômeno está associado ao desenvolvimento econômico e à concentração populacional nas áreas urbanas da bacia hidrográfica.

Destaca-se também o crescimento expressivo da área destinada ao cultivo de soja - Categoria 39, que aumentou de 13,10 km² em 1985 para 162,70 km² em 2021. Esse aumento reflete a expansão da agricultura comercial e a relevância econômica dessa cultura na região. Na Figura 29 é mostrado o mapa de declividade da bacia.

Figura 29: Uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC. Informações da coleção 7.1 do projeto MapBiomas.



USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI - SC

Legenda

- | | |
|--|----------------------------------|
| 3 - Formação Florestal | 24 - Área Urbanizada |
| 9 - Silvicultura | 25 - Outras Áreas não Vegetadas |
| 11 - Campo Alagado e Área Pantanosa | 33 - Rio, Lago e Oceano |
| 12 - Formação Campestre | 39 - Soja |
| 15 - Pastagem | 41 - Outras Lavouras Temporárias |
| 21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem | |

Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S

Fonte: O Autor.

A bacia hidrográfica do Rio Irani apresenta uma variedade de tipos de vegetação, que são classificados de acordo com as Regiões Fitoecológicas ou Tipos de Vegetação predominantes, conforme Tabela 16 (IBGE, 2012). A Floresta Estacional Decidual ocupa uma área de 123,11 km², correspondendo a 7,69% do total da bacia. Essa vegetação caracteriza-se por perder suas folhas durante a estação seca, adaptando-se às condições sazonais do clima da região (IBGE, 2012).

Tabela 16: Classes de vegetação da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.

Classificação da Vegetação	Área (km²)	Área (%)
Floresta Estacional Decidual	123,11	7,69%
Floresta Ombrófila Mista	1.265,60	79,11%
Contato (Ecótono e Enclave)	208,51	13,03%
Corpo d'água continental	2,66	0,17%
Total	1.599,88	100,00%

Fonte: Autor.

A Floresta Ombrófila Mista é a predominante na bacia, abrangendo uma extensa área de 1.265,60 km², o que corresponde a aproximadamente 79,11% da superfície total. Esse tipo de vegetação é caracterizado pela presença de espécies arbóreas que se adaptam tanto às condições de alta pluviosidade quanto às variações sazonais do clima, apresentando uma rica biodiversidade (IBGE, 2012).

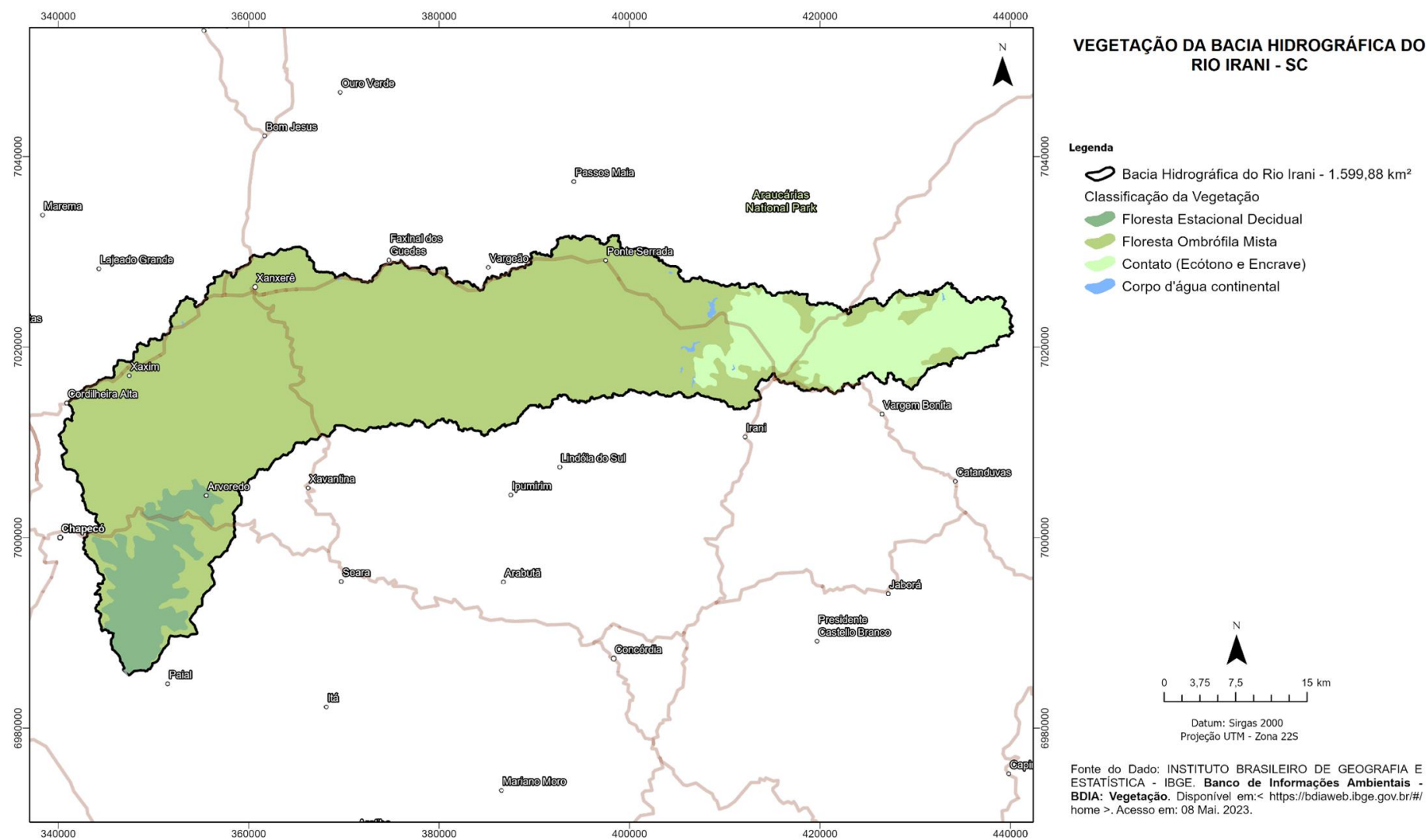
Além disso, há áreas de contato, também conhecidas como ecótonos e enclaves, que totalizam 208,51 km², representando 13,03% da bacia. Essas regiões são caracterizadas pela transição entre diferentes tipos de vegetação, formando uma interface entre os ecossistemas e favorecendo a diversidade de espécies (IBGE, 2012).

A presença de corpos d'água continentais, como rios, lagos e lagoas, também é relevante na bacia, ocupando uma área de 2,66 km², correspondendo a 0,17% do total. Essas áreas desempenham um papel fundamental no equilíbrio ecológico da região, fornecendo habitat para uma variedade de espécies aquáticas e influenciando a disponibilidade de recursos hídricos.

No conjunto, esses diferentes tipos de vegetação contribuem para a riqueza ecológica da bacia hidrográfica do rio Irani, desempenhando papéis importantes na conservação da biodiversidade, regulação hídrica e provisão de serviços

ecossistêmicos para a região. Na Figura 30 a seguir é apresentado o mapa de vegetação da Bacia Hidrográfica do Rio Irani.

Figura 30: Tipos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.



Fonte: O Autor.

Em relação a Geologia, a bacia hidrográfica do Rio Irani está inserida na subprovíncia estrutural da Serra Geral, abrangendo uma área de 1597,22 km², o que corresponde a 99,83% da área total da bacia (Tabela 17). A Serra Geral é uma unidade geológica que se estende por diversas regiões do Brasil, caracterizada por rochas basálticas formadas durante o período Mesozoico. Essas rochas são resultantes do derrame de lavas vulcânicas e apresentam uma disposição estratificada, formando extensas áreas de planalto (SILVA, 2015).

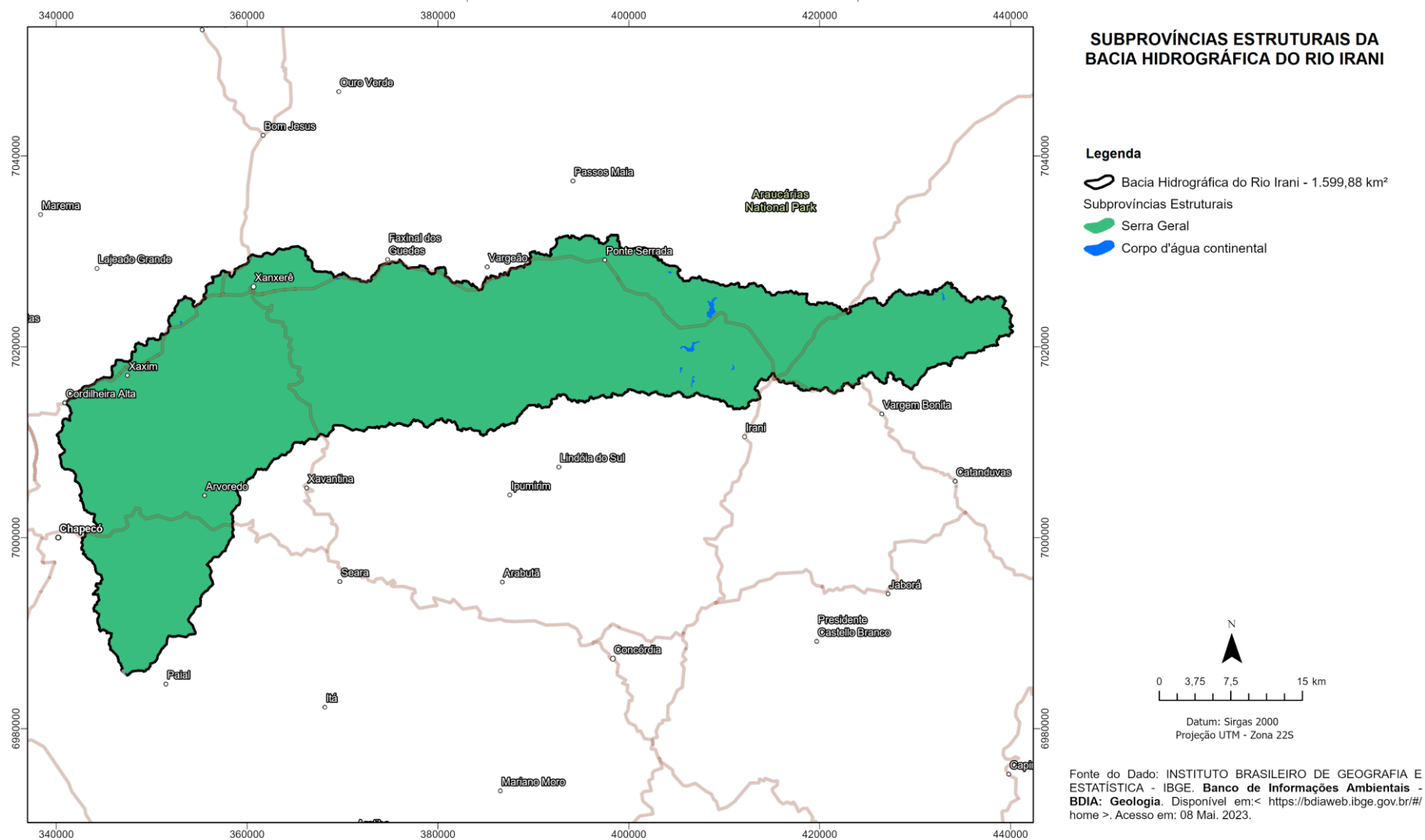
Tabela 17: Subprovíncias estruturais da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.

Subprovíncias Estruturais	Área (km²)	Área (%)
Corpo d'água continental	2,66	0,17%
Serra Geral	1.597,22	99,83%
Total	1.599,88	100,00%

Fonte: Autor.

A presença da subprovíncia estrutural da Serra Geral na bacia hidrográfica do rio Irani tem influência direta na sua geologia e na configuração do relevo. As rochas basálticas da Serra Geral são resistentes e conferem um aspecto de planalto e relevo mais elevado à região. Além disso, essas rochas são responsáveis pela formação de alguns dos principais elementos geomorfológicos presentes na bacia, como serras, morros e vales. Na Figura 31 a seguir é apresentado as subprovíncias estruturais da Bacia Hidrográfica do Rio Irani.

Figura 31: Subprovíncias estruturais da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.



Fonte: O Autor.

A Bacia Hidrográfica do Rio Irani apresenta como domínio geomorfológico predominante as Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, abrangendo uma área de 1597,22 km², o que corresponde a 99,83% da área total da bacia (Tabela 18). Essa característica geomorfológica é resultado da deposição de sedimentos ao longo de períodos geológicos passados, que formaram camadas de rochas sedimentares.

Tabela 18: Domínios geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.

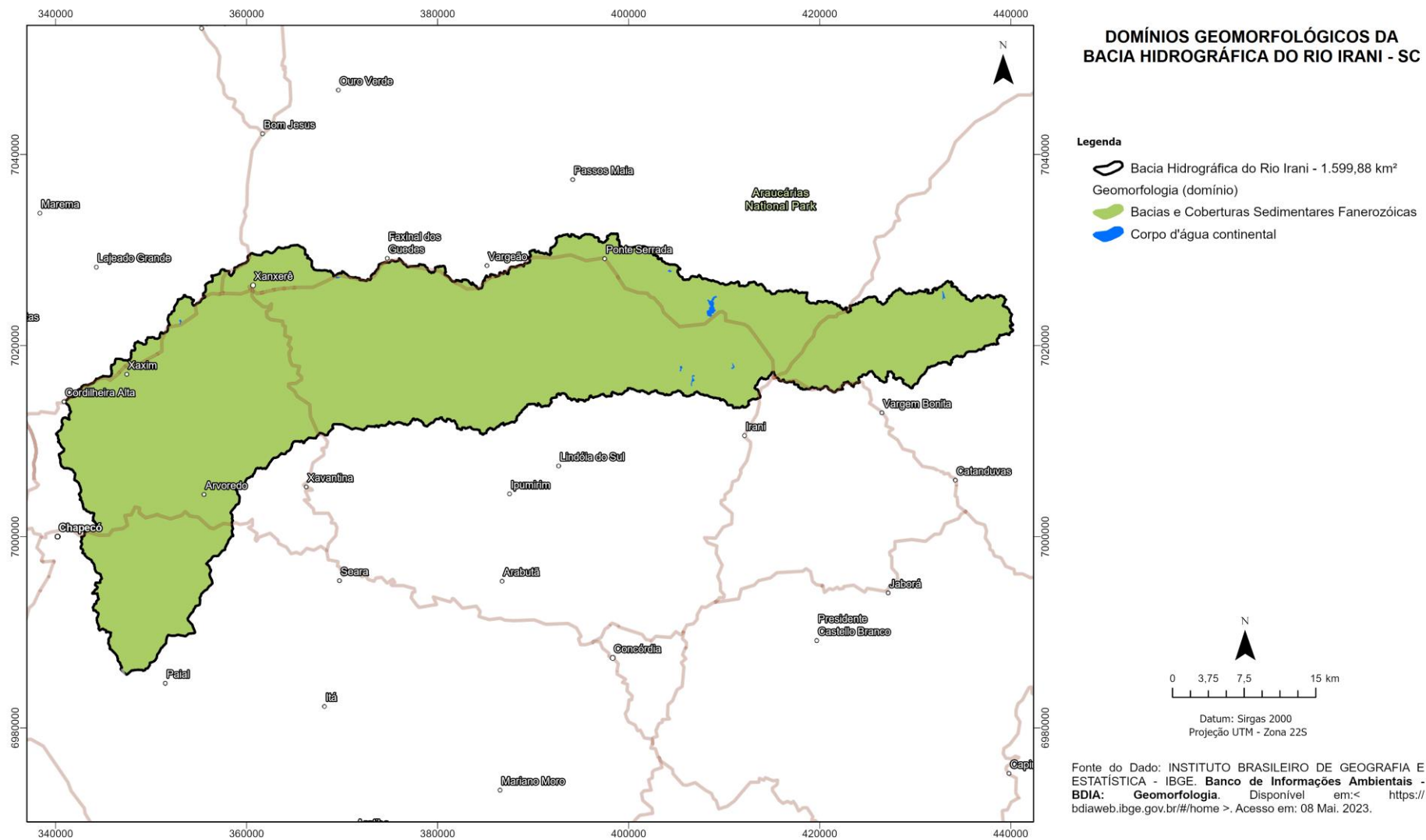
Subprovíncias Estruturais	Área (km²)	Área (%)
Corpo d'água continental	2,66	0,17%
Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas	1.597,22	99,83%
Total	1.599,88	100,00%

Fonte: Autor.

As Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas são formadas por sedimentos provenientes de processos erosivos, transporte e deposição, que ocorreram durante o período fanerozóico da história geológica da Terra. Esses sedimentos são compostos por materiais como areia, argila, cascalho e rochas sedimentares, que se acumularam ao longo do tempo e deram origem a relevos caracterizados por planícies, colinas e vales. São caracterizadas pela ocorrência de planaltos e chapadas que se formaram sobre rochas sedimentares de natureza horizontal a sub-horizontal.

Essas rochas podem apresentar dobras e falhas em alguns casos. Essas formações se desenvolveram em ambientes de sedimentação variados, tanto nas margens continentais quanto no interior do continente. Os planaltos e chapadas são resultado dos processos geológicos ocorridos ao longo do fanerozóico, abrangendo um período significativo da história geológica da Terra (IBGE, 2009). Na Figura 32 é apresentado os domínios geomorfológicos da Bacia do Rio Irani.

Figura 32: Domínios geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.



Fonte: O Autor.

A pedologia da bacia revela a presença de diferentes tipos de solos que desempenham um papel importante na caracterização e no uso da terra na região. Entre os principais tipos de solo identificados, destacam-se o Cambissolo Háplico Ta Eutroférico (CXvef), o Latossolo Bruno Alumínico (LBa), o Latossolo Vermelho Aluminoférico (LVaf), o Nitossolo Bruno Aluminoférico (NBaf), o Nitossolo Bruno Distrófico (NBd), o Nitossolo Vermelho Distroférico (NVdf), o Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVecf), o Neossolo Litólico Distrófico (RLd) e o Neossolo Litólico Chernossólico (RLm), conforme Tabela 19.

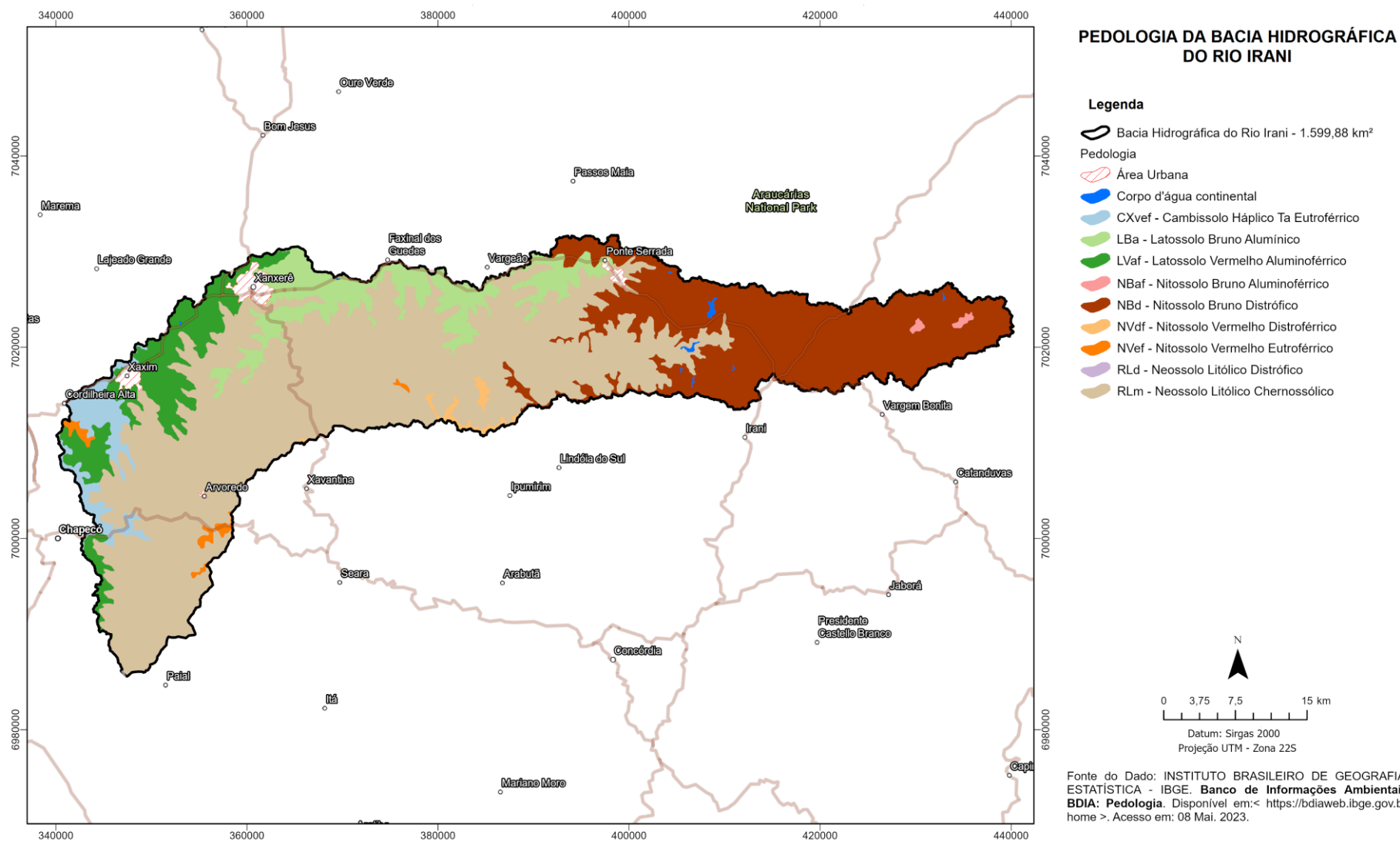
Tabela 19: Tipos de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.

Pedologia	Área (km²)	Área (%)
Área Urbana	20,01	1,25%
Corpo d'água continental	2,66	0,17%
CXvef - Cambissolo Háplico Ta Eutroférico	49,29	3,08%
LBa - Latossolo Bruno Alumínico	135,98	8,50%
LVaf - Latossolo Vermelho Aluminoférico	115,22	7,20%
NBaf - Nitossolo Bruno Aluminoférico	3,08	0,19%
NBd - Nitossolo Bruno Distrófico	383,75	23,99%
NVdf - Nitossolo Vermelho Distroférico	10,65	0,67%
NVecf - Nitossolo Vermelho Eutroférico	10,02	0,63%
RLd - Neossolo Litólico Distrófico	0,00	0,00%
RLm - Neossolo Litólico Chernossólico	869,21	54,33%

Fonte: Autor.

Essa diversidade de solos reflete a variabilidade de fatores edáficos, como a textura, a estrutura, a fertilidade e a mineralogia, que influenciam as características e o potencial de uso da terra na bacia hidrográfica. Esses solos desempenham papéis distintos na produção agrícola, na absorção e retenção de água, na ciclagem de nutrientes e na sustentabilidade dos ecossistemas presentes na região. Na Figura 33 é apresentado os tipos de solo da Bacia do Rio Irani.

Figura 33: Tipos de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.



Fonte: O Autor.

4.5 VAZÕES DE PERMANÊNCIA – Q₉₈, MÍNIMA – Q_{7,10}, MÁXIMA – Q_{MAX} E DE LONGO TERMO – Q_{MLT} DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA BARCA DO IRANI

A relação entre a precipitação na Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Irani e a evapotranspiração na Amazônia desempenha um papel crucial na determinação da vazão da bacia. A evapotranspiração na Amazônia influencia diretamente o transporte de umidade atmosférica para outras regiões, incluindo a BH do Rio Irani. As chuvas provenientes desses sistemas atmosféricos são responsáveis pelo abastecimento dos rios e cursos d'água que compõem a bacia. Compreender essa relação é essencial para a gestão adequada dos recursos hídricos e a previsão de eventos hidrológicos, como cheias e estiagens, que podem afetar diretamente a disponibilidade de água na região. Além disso, conhecer os diferentes tipos de vazão na BH do Rio Irani é fundamental para monitorar o fluxo de água ao longo do tempo, permitindo uma melhor adaptação às variações climáticas e o desenvolvimento de estratégias para o uso sustentável e conservação dos recursos hídricos na bacia.

Nesta seção, serão apresentados os resultados da análise de vazões de permanência Q₉₈, vazão mínima – Q_{7,10}, vazão máxima – Q_{MAX,10} e vazão média de longo termo – Q_{MLT} e para sua aplicabilidade na gestão dos recursos hídricos e na tomada de decisões para a preservação do meio ambiente.

4.5.1 Disponibilidade de Dados

Os meses com mais de 5% de falha ou falta de dados foram desconsiderados para cálculo das vazões. Na Tabela 20 é apresentado os meses que foram desconsiderados para análise de vazões, bem como o respectivo percentual de falha.

Tabela 20: Meses com mais de 5% de falha ou falta de dados, desconsiderados nas análises de vazão da Estação Barca Irani, código 7335000.

Meses	Ano	% de Falha
Janeiro	1969	100%
Fevereiro	1969	100%
Março	1969	100%
Abril	1969	100%
Maio	1969	100%
Junho	1969	100%
Julho	1969	100%
Agosto	1969	100%
Setembro	1969	53%
Setembro	2007	30%
Outubro	2007	35%
Junho	2012	40%
Novembro	2013	23%
Dezembro	2013	38%
Janeiro	2014	58%

Fonte: Autor.

Houve ausência de dados nos anos de 1969, 2007, 2012, 2013 e 2014 para a estação Barca Irani. No entanto, somente em 1969 a taxa de preenchimento dos dados diários de vazão foi inferior a 80%, uma vez que os registros iniciais da estação começaram apenas em setembro daquele ano. Portanto, o período amostral analisado abrange mais de 40 anos. Devido os dados dos anos de 2014 a 2022 possuir nível de consistência bruto, optou-se por não utiliza-los. A Tabela 21 apresenta a disponibilidade anual dos dados da estação Barca Irani.

Tabela 21: Disponibilidade anual de dados para a estação Barca Irani, código 7335000.

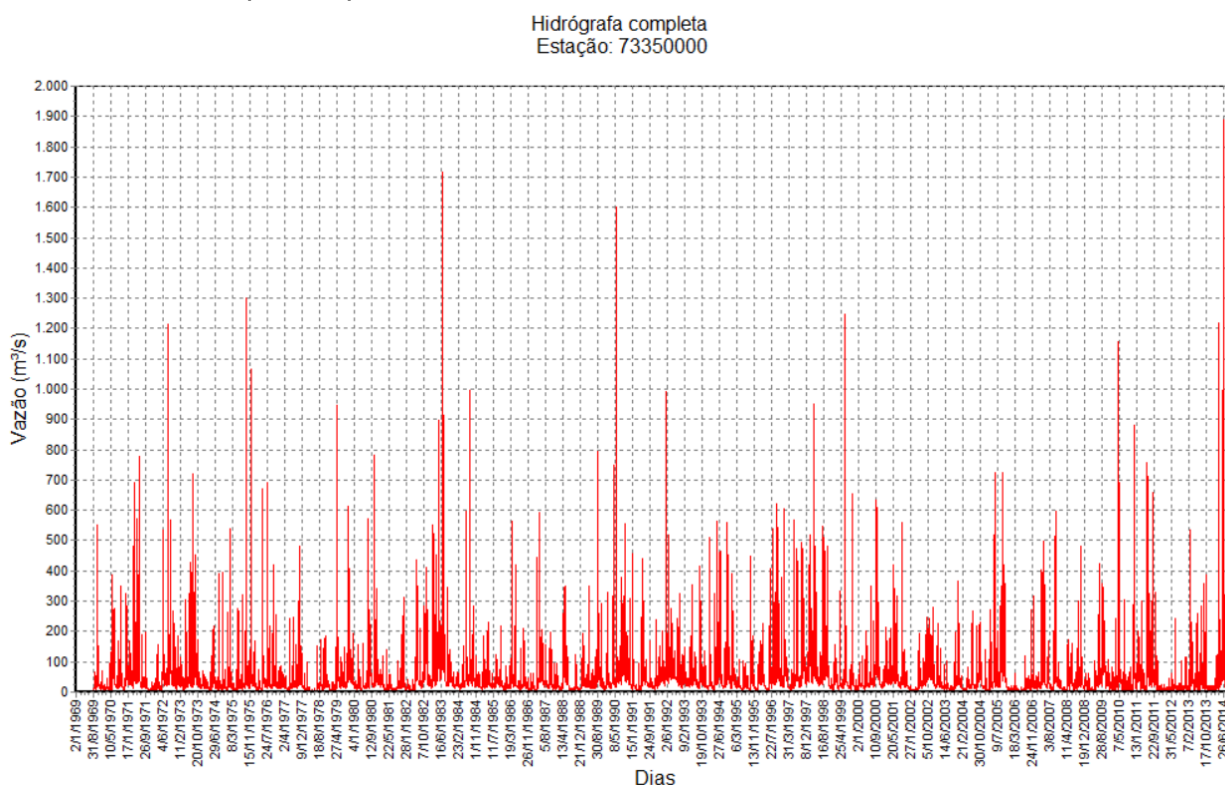
Ano	% de Dados Preenchidos
1969	29
1970	100
1971	100
1972	100
1973	100

Ano	% de Dados Preenchidos
1974	100
1975	100
1976	100
1977	100
1978	100
1979	100
1980	100
1981	100
1982	100
1983	100
1984	100
1985	100
1986	100
1987	100
1988	100
1989	100
1990	100
1991	100
1992	100
1993	100
1994	100
1995	100
1996	100
1997	100
1998	100
1999	100
2000	100
2001	100
2002	100
2003	100
2004	100
2005	100
2006	100
2007	95
2008	100
2009	100
2010	100
2011	100
2012	97
2013	95
2014	95

Fonte: Autor.

Na hidrógrafa mostrada na Figura 34 é apresentado todos os dados de vazão média diária para o período amostral analisado. A Hidrógrafa resultante mostra a variação da vazão ao longo do período analisado, permitindo identificar períodos de estiagem, cheias e picos de vazão.

Figura 34: Hidrógrafa completa da estação Barca Irani, contendo todos os dados diários de vazão para o período analisado.



Fonte: Autor.

4.5.2 Vazão de Permanência – Q_{98}

A partir dos dados de vazão média diária, disponibilizados na estação fluviométrica Barca Irani, código 73350000 da Agência Nacional de Águas - ANA, foram processados os referidos valores de vazão (Tabela 3). Em destaque temos a vazão Q_{98} , que representa que em 98% do tempo a vazão do rio onde localiza-se a estação é igual ou superior a 4,321 m³/s. Este valor diverge do apresentado na Avaliação Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Irani SIRHESC (2020), $Q_{98} = 6,79$

m³/s, para o ponto PCH Aldeia, próximo ao da estação fluviométrica Barca Irani, ambos os pontos de controle apresentam área de drenagem semelhante. Esta divergência ocorre pois no estudo apresentado pelo SIRHESC, é analisado as vazões médias mensais, enquanto neste estudo é analisado as vazões médias diárias, desta forma sendo mais restritiva. No entanto quando comparado a Q95 diária com o valor da Q98 mensal do estudo de SIRHESC, as vazões de permanência apresentam valores muito próximos.

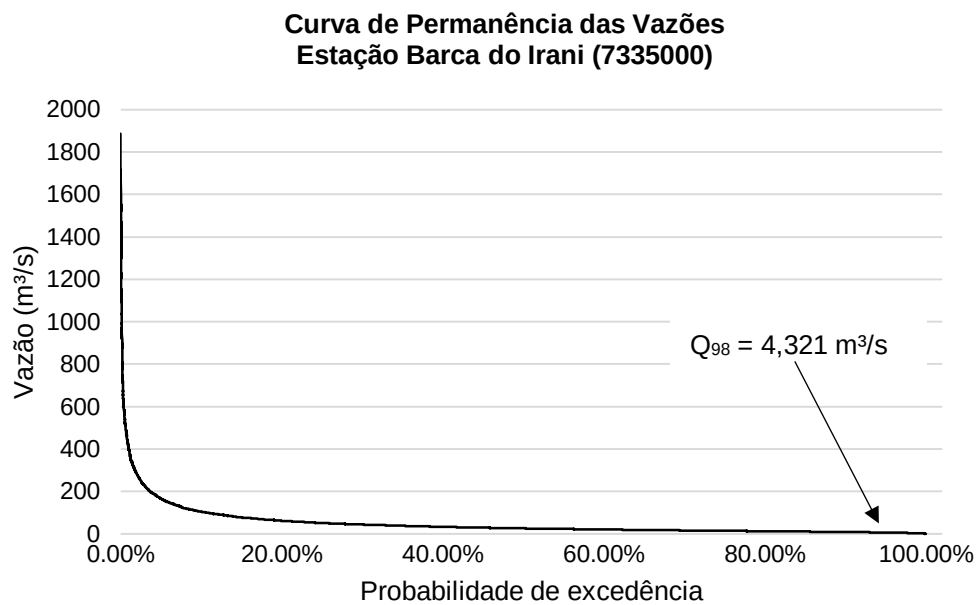
Tabela 22: Vazões de permanência média diária da Estação Fluviométrica Barca Irani, código: 7335000.

Permanência (%)	Vazão (m ³ /s)
98	4,321
95	6,329
90	9,035
85	11,094
80	12,993
75	14,749
70	16,601
65	18,548
60	20,589
55	23,270
50	26,083

Fonte: Autor.

Na figura a seguir está representado o comportamento das vazões da estação fluviométrica Barca Irani, através da curva de permanência de vazões. Este gráfico informa a probabilidade de um determinado valor de vazão seja igualado ou superado ao longo do tempo (Figura 35).

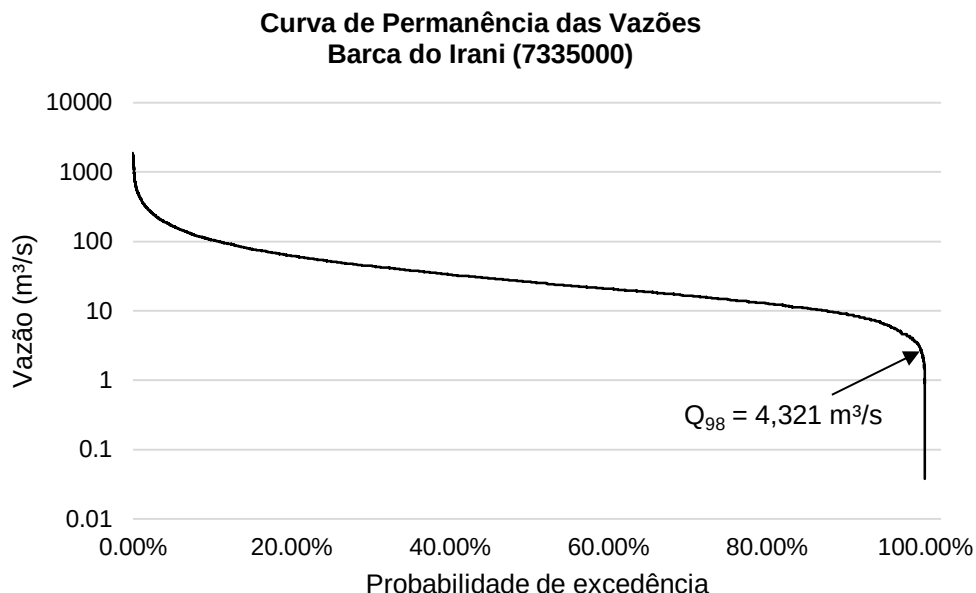
Figura 35: Curva de Permanência de Vazões médias diárias da Estação Fluviométrica Barca Irani, Código 7335000. Dados de 1969 a 2014.



Fonte: Autor.

Para facilitar a visualização dos dados na Figura 36 é apresentado a curva de permanência em escala logarítmica.

Figura 36: Curva de Permanência de Vazões médias diárias em escala logarítmica da Estação Fluviométrica Barca Irani, Código 7335000. Dados de 1969 a 2014.



Fonte: Autor.

Conforme artigo 2º da Portaria SDS Nº 043, de 13 de agosto de 2010, para análise de disponibilidade hídrica de captações em cursos d'água no Estado de Santa Catarina, quando consideradas as vazões naturais afluentes, é adotado como vazão de referência a Q_{98} , vazão de permanência por 98% do tempo. Sendo que a vazão outorgável é 50% da vazão de referência, em todas as seções de controle de uma bacia hidrográfica, baseada na inexistência de conflitos.

No parágrafo terceiro é definido que o volume máximo individual para usos consuntivos, é fixado em 20% da vazão outorgável, em cada seção fluvial, podendo ser excedido até o limite de 80% quando a finalidade do uso for para consumo humano, desde que seu uso seja considerado racional". (Portaria SDS 043/2010, de 13.08.2010).

Como a portaria não especifica se a vazão de permanência – Q_{98} deve ser calculada através de dados de vazão média diária ou mensal, nos casos em que há conflitos de uso, recomenda-se a utilização da Q_{95} calculada através das vazões

médias diárias, o que na maioria dos casos ainda é mais restritiva do que a vazão Q_{98} calculada através das vazões médias mensais.

As populações e atividades econômicas utilizam os recursos hídricos superficiais e subterrâneos para diversos fins, alguns dos quais resultam em perdas de água entre o volume captado e o volume que retorna ao curso d'água, denominados usos consuntivos, enquanto outros não apresentam tais perdas, denominados usos não consuntivos. Entre os usos consuntivos, encontram-se o abastecimento doméstico, o abastecimento industrial, a irrigação, a dessedentação animal. Já entre os usos não consuntivos, destacam-se a geração de energia hidrelétrica, a navegação, a recreação e a pesca. (HELLER; PÁDUA, 2006).

4.5.3 Vazão de Mínima – $Q_{7,10}$

A seguir é apresentado os valores da vazão mínima $Q_{7,10}$ calculado por diferentes distribuições (Tabela 23). A distribuição Log de Pearson 3 foi a que apresentou o melhor resultado estatístico, com um intervalo de confiança superior a 95%, assume-se que a vazão mínima de 7 dias consecutivos e com um período de retorno de 10 anos - $Q_{7,10}$ foi de 3,405 m³/s na estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000. O valor da $Q_{7,10}$ calculada neste estudo foi maior que a calculada pelo SIRHESC (2020), $Q_{7,10} = 2,35$ m³/s para a PCH Aldeia, está divergência se dá, devido estarem utilizando os dados da Estação Fluviométrica Bonito (código 73300000) e regionalizando para o ponto de interesse.

Tabela 23: Cálculo da vazão $Q_{7,10}$ por diferentes distribuições e resultados estatísticos, para a estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.

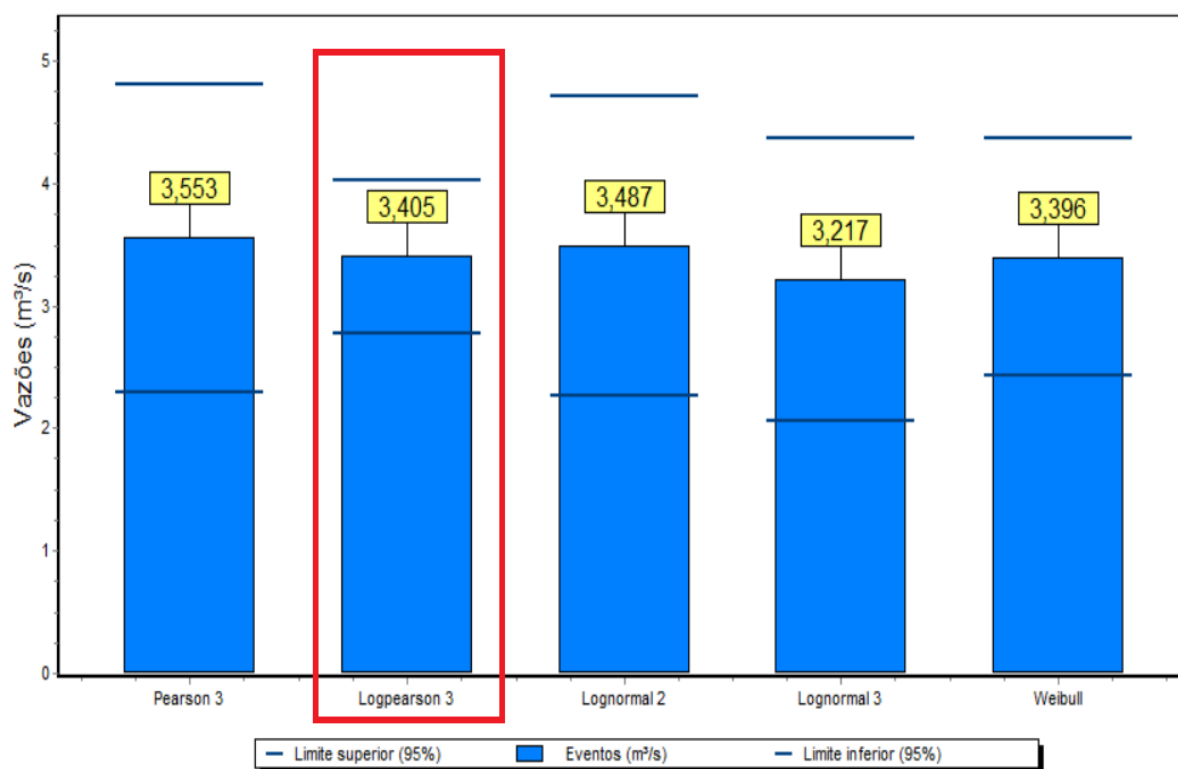
Distribuição	Interv. conf. sup. (95%)	Evento (m³/s)	Interv. conf. inf. (95%)	Erro padrão	Média	Variância	Assimetria	Nº de eventos	Desvio padrão	Período de retorno	Duração	Amplitude do Intervalo de confiança
Weibull	4,366	3,396	2,426	0,495	7,366	14,392	1,316	46	3,794	10	7	1,940
Pearson 3	4,810	3,553	2,296	0,641	7,366	14,712	1,613	46	3,836	10	7	2,514
Logpearson 3	4,029	3,405	2,780	0,319	1,870	0,265	0,238	46	0,514	10	7	1,250
Lognormal 2	4,707	3,487	2,267	0,623	7,366	14,712	1,274	46	3,836	10	7	2,440

Distribuição	Interv. conf. sup. (95%)	Evento (m³/s)	Interv. conf. inf. (95%)	Erro padrão	Média	Variância	Assimetria	Nº de eventos	Desvio padrão	Período de retorno	Duração	Amplitude do Intervalo de confiança
Lognormal 3	4,369	3,217	2,065	0,588	7,366	14,712	1,274	46	3,836	10	7	2,304

Fonte: Autor.

Na Figura 37 é apresentado graficamente as vazões $Q_{7,10}$ calculada por diferentes distribuições e seus intervalos de confiança. Em destaque está a distribuição Log de Pearson 3, que apresentou melhores resultados estatísticos.

Figura 37: Vazões mínimas $Q_{7,10}$ calculada por diferentes distribuições da estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.

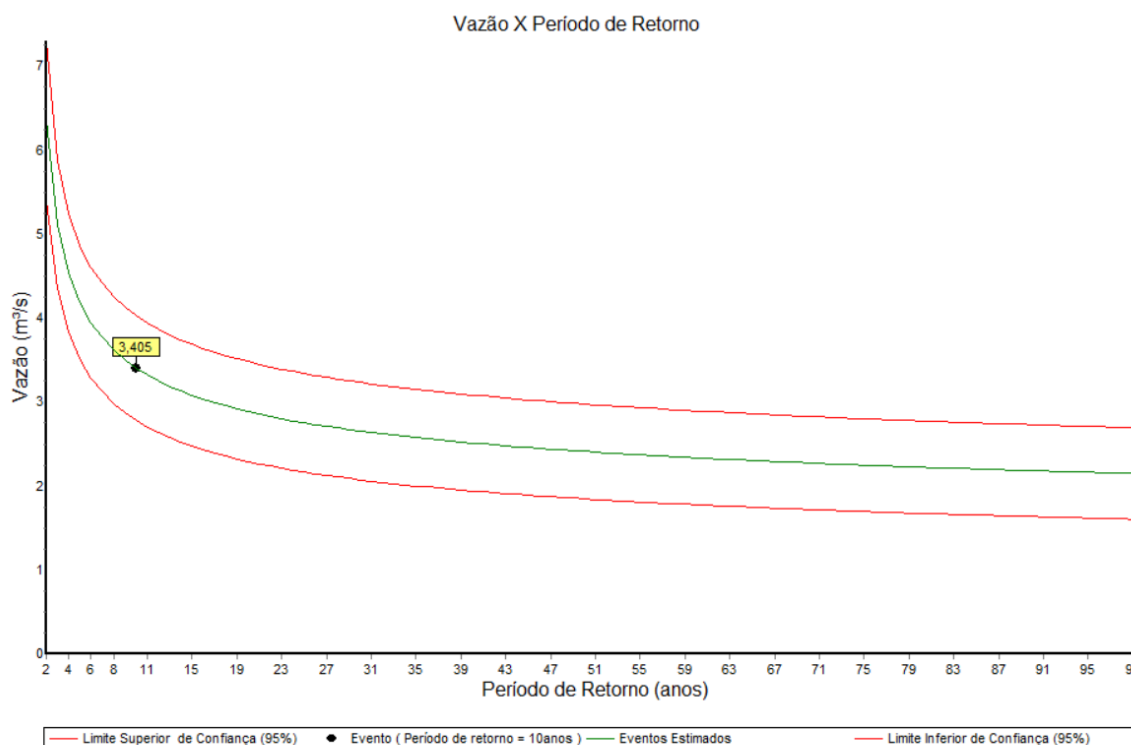


Fonte: Autor.

A seguir é mostrado o gráfico de vazão em função do período de retorno para a distribuição Log de Pearson 3, o menor evento de vazão calculado para 7 dias para um período de retorno de 10 anos. Nesta representação gráfica também é possível

observar a menor vazão de 7 dias consecutivos para até 100 anos como período de retorno (Figura 38).

Figura 38 - Vazão mínima $Q_{7,10}$ em função do período de retorno, para a distribuição Log de Pearson 3.



Fonte: Autor.

No Estado de Santa Catarina o Instituto do Meio Ambiente – IMA exige através da Instrução Normativa Nº 05 - Sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários, que na modelagem de autodepuração de efluentes seja utilizado a vazão mínima $Q_{7,10}$. Desta forma a vazão mínima – $Q_{7,10}$ é utilizada para analisar a qualidade dos corpos receptores de efluentes.

4.5.4 Vazão Média de Longo Termo ou Duração – Q_{MLT}

A Vazão Média de Longo Termo ou duração foi obtida a partir das vazões médias mensais de todo o período analisado. Em relação as vazões médias mensais de longa duração o mês de outubro foi o que apresentou o maior valor $Q_{med} = 70,840 \text{ m}^3/\text{s}$ e março o menor valor $Q_{med} = 30,021 \text{ m}^3/\text{s}$. Para a estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000, a vazão média de longo termo é de $Q_{MLT} = 50,329 \text{ m}^3/\text{s}$. Os dados das vazões médias mensais de longa duração estão apresentados na Tabela 24. A Q_{MLT} calculada apresenta valor aproximado ao disposto no estudo do SIRHESC (2020), $Q_{MLT} = 48,03 \text{ m}^3/\text{s}$, para a PCH Aldeia.

Tabela 24: Vazões médias mensais de longa duração e vazão média de longo termo da estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.

Mês	Vazão Média Mensal de longa duração (m^3/s)	Nº de meses considerados
Janeiro	33,790	44
Fevereiro	39,141	45
Março	30,021	45
Abril	40,982	45
Maio	54,565	45
Junho	64,947	44
Julho	62,245	45
Agosto	53,914	45
Setembro	60,925	44
Outubro	70,840	45
Novembro	53,319	45
Dezembro	39,146	45
Q_{MLT}	50,329	-

Fonte: Autor.

A vazão média de longo termo permite estimar a disponibilidade média de água na região analisada, considerando as variações sazonais e anuais. Sua aplicabilidade se encontra principalmente em projetos de construção de barragens e usinas

hidrelétricas, todavia pode-se utilizar para definir a capacidade de captação com fins industriais e de irrigação.

4.5.5 Vazão Máxima – $Q_{MAX,10}$

A Tabela 25 apresenta os valores da vazão máxima - $Q_{MAX,10}$ obtidos por meio de diferentes distribuições. Os resultados indicam que a distribuição Log Normal 3 obteve o melhor desempenho estatístico, apresentando um intervalo de confiança superior a 98%. Com base nessas informações, verifica-se que a vazão máxima para um período de retorno de 10 anos na estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000, foi de 1203,094 m³/s.

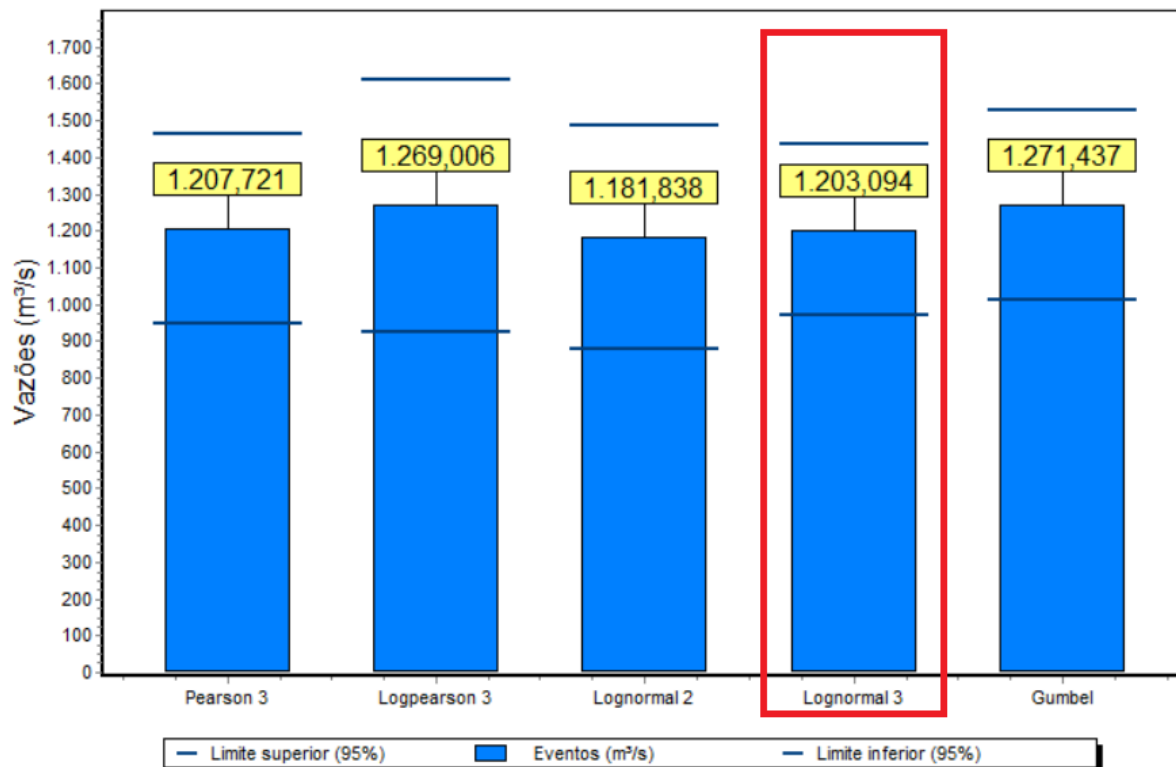
Tabela 25: Cálculo da vazão máxima Q_{MAX} por diferentes distribuições e resultados estatísticos, para a estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.

Distribuição	Interv. conf. sup. (95%)	Evento (m ³ /s)	Interv. conf. inf. (95%)	Erro padrão	Média	Variância	Assimetria	Nº de eventos	Desvio padrão	Período de retorno	Duração	Amplitude do intervalo de confiança
Gumbel	1529,758	1271,437	1013,116	131,796	685,880	157259,179	1,248	46	396,559	10	7	516,642
Pearson 3	1466,035	1207,721	949,406	131,793	685,880	157259,179	1,580	46	396,559	10	7	516,629
Logpearson 3	1611,085	1269,006	926,928	174,530	685,368	0,350	0,388	46	0,591	10	7	684,157
Lognormal 2	1485,746	1181,838	877,931	155,055	685,880	157259,179	1,248	46	396,559	10	7	607,815
Lognormal 3	1436,660	1203,094	969,528	119,166	685,880	157259,179	1,248	46	396,559	10	7	467,131

Fonte: Autor.

A Figura 39 apresenta de forma gráfica as vazões Q_{MAX} obtidas por diferentes distribuições, bem como seus respectivos intervalos de confiança. É possível destacar a distribuição Log Normal 3, que obteve melhores resultados estatísticos em relação às outras distribuições avaliadas.

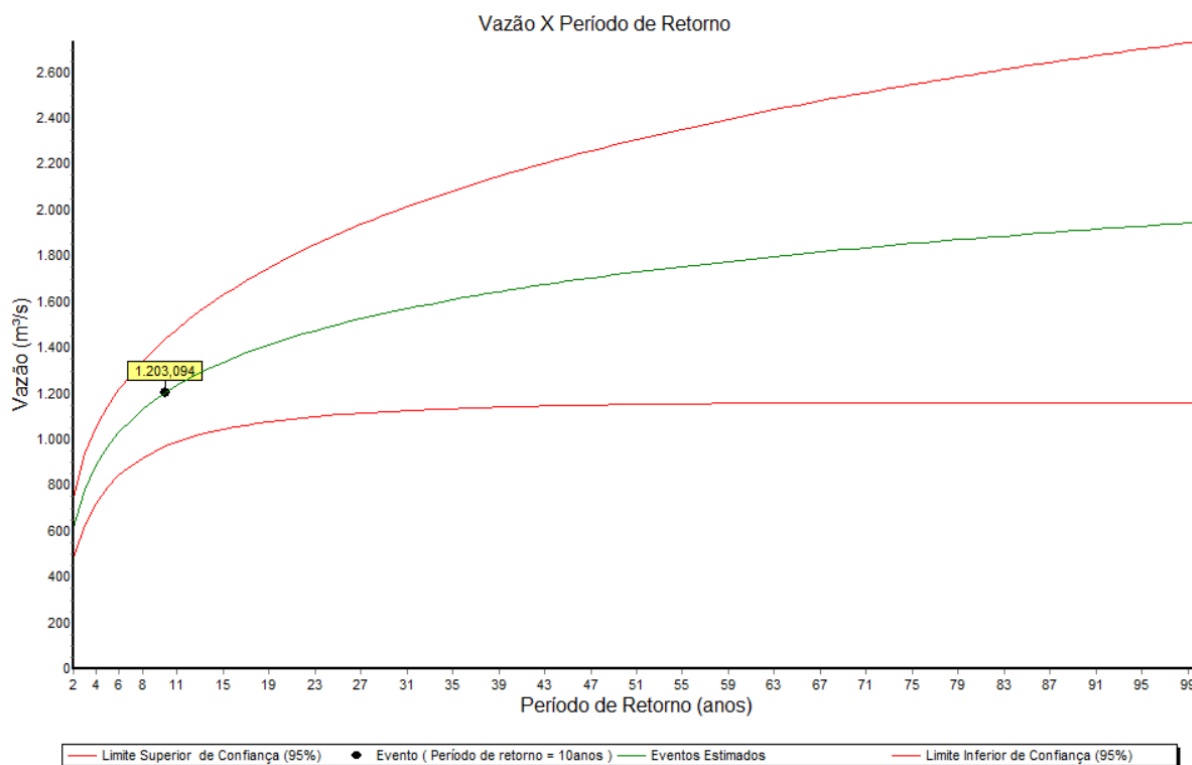
Figura 39: Vazões máximas - $Q_{MAX,10}$ calculada por diferentes distribuições da estação fluviométrica Barca Irani, código: 7335000.



Fonte: Autor.

O gráfico abaixo representa a vazão máxima em função do período de retorno para a distribuição Log Normal 3, considerando o maior evento de vazão calculado o período de retorno de 10 anos. Além disso, é possível visualizar a vazão máxima para períodos de retorno de até 100 anos (Figura 40).

Figura 40: Vazão máxima $Q_{MAX,10}$ em função do período de retorno, para a distribuição Log Normal 3.



Fonte: Autor.

4.5.6 Descarga Específica Constante da Estação Fluviométrica Barca Irani

O conceito de descarga específica, expresso em unidades de $L/s.km^2$, foi definido por Von Sperling em 1996. Esse conceito pode ser utilizado para a regionalização de vazões em áreas que possuam estações fluviométricas. Para aplicá-lo, é necessário multiplicar a área de drenagem de cada ponto de controle pela sua respectiva descarga específica, obtendo assim a vazão do curso d'água em cada trecho. No entanto, é importante salientar que a aplicação desse conceito pressupõe a existência de características similares na bacia hidrográfica em questão (VON SPERLING, 1996). A fórmula para o cálculo da descarga específica é apresentada na Equação a seguir.

$$D_e \left[\frac{L}{s} \cdot km^2 \right] = \frac{Q_{98} \left[\frac{L}{s} \right]}{Área [km^2]} D_e \left[\frac{L}{s} \cdot km^2 \right] = \frac{Q_n \left[\frac{L}{s} \right]}{A [km^2]} \quad (10)$$

Onde:

- De = descarga específica constante;
- Qn = vazão que se quer utilizar;
- A = área da bacia hidrográfica.

Assim, quando requerido, a sociedade civil, os órgãos públicos gestores e os comitês de bacia hidrográfica podem fazer uso das descargas específicas constantes para aplicá-las em uma área de drenagem específica dentro de uma seção de um rio pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Irani, ou em bacias hidrográficas próximas que apresentem características homogêneas semelhantes, com o objetivo de se determinar o valor da vazão a ser conhecida nesta seção. Na Tabela 26 consta os valores de descarga específica constante para a estação fluviométrica Barca Irani, localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Irani.

Tabela 26: Descarga específica constante para as vazões calculadas da estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.

Tipo de Vazão	Est. Fluv. Barca Irani - Cód. 7335000 (m³/s)	Est. Fluv. Barca Irani - Cód. 7335000 (L/s)	Área de Drenagem (Km²)	Desc. Esp. Const. (L/s.km²)
Permanência Q90	9,035	9.035	1.500,92	6,020
Permanência Q95	6,329	6.329	1.500,92	4,217
Permanência Q98	4,321	4.321	1.500,92	2,879
Mínima - Q7,10	3,405	3.405	1.500,92	2,269
Média de Longo Termo - QMLT	50,329	50.329	1.500,92	33,532
Máxima - Qmax,10	1.203,094	1.203.094	1.500,92	801,571

Fonte: Autor.

A fim de se obter a vazão desejada em qualquer seção da bacia hidrográfica do Rio Irani, ou em bacias próximas que apresentem as mesmas características

homogêneas, basta multiplicar a descarga específica constante pela área de drenagem da seção em questão, conforme equação a seguir.

$$Vazão \left[\frac{L}{s} \right] = De \left[\frac{L}{s} \cdot km^2 \right] * A [km^2] \quad (11)$$

Onde:

- De = descarga específica constante;
- A = área da bacia hidrográfica.

5 PRODUTOS DESENVOLVIDOS

Nesta dissertação de mestrado, foram desenvolvidos cinco produtos, são eles:

- Sistema de Detecção de Jatos de Baixos Níveis em Diferentes Níveis de Pressão
- Atlas da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC;
- Manual para obtenção de vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC;
- Mapas com análises ambientais e climáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC.
- Resultados estatísticos e Mapas diários com identificação dos JBN para o período analisado e para a área de estudo.

Sistema de Detecção de Jatos de Baixos Níveis em Diferentes Níveis de Pressão

O Sistema de Detecção de Jatos de Baixos Níveis em Diferentes Níveis de Pressão identifica os ventos que são classificados como JBN pelo critério de Bonner (1969). Este sistema pode ser usado para qualquer lugar onde há dados de reanálise, bastando mudar as coordenadas no script. O script está disponível no apêndice dessa dissertação e deve ser utilizado no software Grid Analysis and Display System (GrADS).

Atlas da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC

O objetivo deste atlas foi fornecer uma ferramenta abrangente e de fácil acesso que reúne informações essenciais sobre essa importante bacia hidrográfica do Estado de Santa Catarina. O atlas é o resultado de um estudo aprofundado que envolveu a coleta, análise e síntese de dados relevantes, abrangendo diferentes aspectos geográficos, hidrológicos, ambientais e socioeconômicos da região, e está disponibilizado nos apêndices desta dissertação.

Manual para obtenção de vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC

Para obtenção da vazão em um ponto de controle da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC, basta aplicar o conceito de descarga específica, expresso em unidades de L/s.km². Esse conceito pode ser utilizado para a regionalização de vazões em áreas que possuam estações fluviométricas. Para aplicá-lo, é necessário multiplicar a área de drenagem de cada ponto de controle pela sua respectiva descarga específica, obtendo assim a vazão do curso d'água em cada trecho. No entanto, é importante salientar que a aplicação desse conceito pressupõe a existência de características similares na bacia hidrográfica em questão (VON SPERLING, 1996). A fórmula para o cálculo da descarga específica é apresentada na Equação a seguir.

$$D_e \left[\frac{L}{s} \cdot km^2 \right] = \frac{Q_{98} \left[\frac{L}{s} \right]}{Área [km^2]} D_e \left[\frac{L}{s} \cdot km^2 \right] = \frac{Q_n \left[\frac{L}{s} \right]}{A [km^2]}$$

Onde:

- De = descarga específica constante;
- Qn = vazão que se quer utilizar;
- A = área da bacia hidrográfica.

Assim, quando requerido, a sociedade civil, os órgãos públicos gestores e os comitês de bacia hidrográfica podem fazer uso das descargas específicas constantes para aplicá-las em uma área de drenagem específica dentro de uma seção de um rio pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Irani, ou em bacias hidrográficas próximas que apresentem características homogêneas semelhantes, com o objetivo de se determinar o valor da vazão a ser conhecida nesta seção. Na tabela a seguir consta os valores de descarga específica constante para a estação fluviométrica Barca Irani, localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Irani.

Tabela: Descarga específica constante para as vazões calculadas da estação fluviométrica Barca Irani, código 7335000.

Tipo de Vazão	Est. Fluv. Barca Irani - Cód. 7335000 (m³/s)	Est. Fluv. Barca Irani - Cód. 7335000 (L/s)	Área de Drenagem (Km²)	Desc. Esp. Const. (L/s.km²)
Permanência Q90	9,035	9.035	1.500,92	6,020

Permanência Q95	6,329	6.329	1.500,92	4,217
Permanência Q98	4,321	4.321	1.500,92	2,879
Mínima - Q7,10	3,405	3.405	1.500,92	2,269
Média de Longo Termo - QMLT	50,329	50.329	1.500,92	33,532
Máxima - Qmax,10	1.203,094	1.203.094	1.500,92	801,571

A fim de se obter a vazão desejada em qualquer seção da bacia hidrográfica do Rio Irani, ou em bacias próximas que apresentem as mesmas características homogêneas, basta multiplicar a descarga específica constante pela área de drenagem da seção em questão, conforme equação a seguir.

$$Vazão \left[\frac{L}{s} \right] = De \left[\frac{L}{s} \cdot km^2 \right] * A [km^2]$$

Onde:

- De = descarga específica constante;
- A = área da bacia hidrográfica.

Mapas com análises ambientais e climáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC

Os mapas em formato de prancha com dados e informações ambientais e climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Irani – SC, estão disponibilizados no Apêndice desta dissertação.

Resultados Estatísticos e Mapas diários com identificação dos JBN para o período analisado e para a área de estudo

Os mapas diários e as estatísticas resultantes para o período analisado e para a área de estudo estão disponíveis através do Link: < https://drive.google.com/drive/folders/1GQiuRVZVWycBFBrs3VHY414dufKYHu9V?usp=drive_link>.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destaca a importância da compreensão da relação entre a evapotranspiração na região amazônica, a precipitação na Bacia do Rio Irani e a vazão na estação fluviométrica Barca do Irani. Foi observado que o Jato de Baixos Níveis (JBN) desempenham um papel fundamental no transporte de umidade da Amazônia para outras áreas do Brasil, sendo um mecanismo de transporte de umidade para a região estudada, nesse estudo explorado através da análise de correlações.

A análise das correlações entre as variáveis revelou associações significativas. A precipitação na Bacia do Rio Irani apresentou correlação positiva com a evapotranspiração da Amazônia, indicando que a umidade proveniente da Amazônia contribui para a ocorrência de precipitação nessa região, nos períodos de NZCAS e de ocorrência de JBN.

Além disso, a vazão na estação fluviométrica Barca do Irani também mostrou correlação positiva com a evapotranspiração da Amazônia, durante estes eventos, o que sugere que a quantidade de água disponível na bacia hidrográfica é influenciada pela evapotranspiração na região amazônica.

Esses resultados são relevantes para a compreensão dos processos atmosféricos e hidrológicos na região, fornecendo informações valiosas para o manejo sustentável dos recursos hídricos e o planejamento de atividades agrícolas e de gestão de bacias hidrográficas. Além disso, a identificação dos padrões de ocorrência do JBN, especialmente sua maior recorrência às 06h UTC em determinados meses, contribui para a compreensão dos mecanismos que influenciam a variabilidade climática regional.

No entanto, é importante destacar que este estudo foi realizado sem o uso de filtros de identificação dos JBN e do percentil de 90% nos dados de JBN. Portanto, recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a análise considerando esses filtros, a fim de obter uma visão mais precisa e abrangente dos efeitos do JBN na distribuição espacial e temporal da precipitação e vazão na região estudada.

Além das correlações entre as variáveis de evapotranspiração, precipitação e vazão, este estudo também realizou uma análise detalhada das vazões na Bacia do Rio Irani. Através dessa análise, foi possível obter informações sobre os padrões e comportamentos das vazões ao longo do tempo. Essa análise é fundamental para compreender a disponibilidade de água na bacia hidrográfica e suas variações sazonais e pode ser útil a sociedade civil.

Outro aspecto importante deste estudo foi o desenvolvimento de um sistema de detecção dos Jatos de Baixos Níveis - JBN. Esse sistema, permitiu identificar e mapear a ocorrência dos JBN em diferentes níveis de pressão atmosférica para a área de estudo, podendo ser aplicada a outras áreas. Essa informação foi fundamental para compreender a dinâmica dos JBN e seu papel no transporte de umidade da região amazônica para a Bacia do Rio Irani.

Também foram produzidos mapas que caracterizam a Bacia do Rio Irani. Esses mapas forneceram informações sobre a topografia, hidrografia e demais características físicas da bacia, contribuindo para uma melhor compreensão do ambiente em estudo. Esses mapas foram úteis para identificar áreas de maior relevância hidrológica e subsidiar a análise dos dados de vazão e correlações com as demais variáveis estudadas.

Em conjunto, a análise de vazões, o sistema de detecção dos JBN e os mapas da Bacia do Rio Irani permitiram uma abordagem abrangente e integrada do sistema hidrológico da região. Essa abordagem contribui para uma melhor compreensão dos processos hidrológicos e climáticos que ocorrem na bacia, auxiliando no planejamento e na gestão dos recursos hídricos, bem como na tomada de decisões relacionadas ao uso sustentável dos recursos naturais.

7 RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao delinear possíveis direções para futuras pesquisas sobre Jatos de Baixos Níveis - JBN na América do Sul, é recomendado um enfoque abrangente nos parâmetros de entrada do algoritmo. Sugere-se a utilização do critério modificado de Bonner (1969) proposto por Oliveira, *et al.* (2018) para a identificação de JBNs, incorporando as seguintes modificações:

- A identificação do JBN requer que os ventos atinjam uma velocidade máxima local nos 3.000 metros acima do nível do solo, sendo essa velocidade igual ou superior a 12 m/s.
- A velocidade do vento deve diminuir em pelo menos 6 m/s da velocidade máxima até o primeiro mínimo encontrado em altitudes superiores ou até a velocidade a 4.000 metros, o que ocorrer primeiro.

Recomenda-se validar os resultados do algoritmo por meio da comparação com algoritmos já existentes, gerar uma climatologia dos ventos dos JBN na América do Sul e comparar com estudos anteriores, como os de Oliveira, *et al.* (2018) e Montini, *et al.* (2019). Uma alternativa para a aquisição de dados de entrada é a utilização da reanálise do ERA-5, que apresenta uma resolução espacial horizontal e vertical menor em comparação com as reanálises do CSFR e CFSv2.

Em relação à precipitação, sugere-se ampliar a área de análise para abranger uma região mais extensa do Meio Oeste catarinense. Quanto ao estudo de vazões, recomenda-se avaliar outras estações fluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Irani e nas proximidades, propondo, assim, uma regionalização das vazões. Essas abordagens ampliadas e refinadas contribuirão para uma compreensão mais completa dos JBN e de seus impactos na região.

REFERÊNCIAS

- ACEITUNO, P. 1980. Relation entre la posicion del anticiclón subtropical y la precipitación en Chile. **Relatório do Projeto nº E.551.791 do Departamento de Geofísica da Universidade do Chile**. 14 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, HIDROWEB, www.ana.gov.br, acessado em setembro de 2021.
- AGUAS/SC. **Regiões hidrográficas de Santa Catarina**. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1906&Itemid=246&jsmallfib=1&dir=JSROOT/DHRI/Mapeamentos/divisao_hidrografica_estadual. Acesso em: 06 jul. 2023.
- ARRAUT, J. M.; NOBRE, C., BARBOSA, H. M. J., OBREGÓN, G. MARENGO, J. Aerial rivers and lakes: looking at large-scale moisture transport and its relation to Amazonia and to subtropical rainfall in South America. **Journal of Climate**, v. 25, n. 2, p. 543-556, 2012.
- BACELLAR, L. A. P. **O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas**. Geo. br, v. 1, p. 1-39, 2005.
- BAPTISTA, Gabrielly Cristhine Zwang; SEVERO, Dirceu Luis. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação de Santa Catarina**. Geosul, v. 33, n. 68, p. 184-200, 2018.
- Bonner W. **Climatology of the low level jet**. **Monthly Weather Review**, vol. 9, 1968.
- CARPENEDO, Camila Bertoletti; AMBRIZZI, Tércio. Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul Associado ao Modo Anular Sul e Impactos Climáticos no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 605-613, 2020.
- CARVALHO, L. M. V; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, p. 88–108, 2004.
- Cavalcanti, I. F. A., Ferreira, N. J., Dias, M. A. F. S., Silva Dias, P. L., & Alves, J. (2012). **Tempo e Clima no Brasil**. Oficina de Textos.

- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2^a ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CLAUDINO, C.; HERDIES, L.; QUADRO, M. F. L.; SALES FILHO, P. C. Validação da reanálise do MERRA-2 com dados observados: Estudo de caso de Itajaí-Santa Catarina. **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 106-111, 2021.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Aspectos Climatológicos das Linhas de Instabilidade na Amazônia. **CLIMANÁLISE - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 4, p. 34-40, 1989.
- CRUZ, G.; MINUZZI, R. B. Influência do fenômeno La Niña na precipitação pluvial na região Oeste de Santa Catarina. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 22, p. 85-87, 2009.
- DA SILVA FAGGIANI, A. P., QUADRO, M. F. L., GONÇALVES, L. G. G., HERDIES, D. L. **Estudo das componentes do balanço hidrológico durante episódios de ZCAS**. *Ciência e Natura*, Santa Maria v.42, ed. esp.: meteorologia, e14, 2020.
- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE. **Divisão do território brasileiro em Sub-bacias Hidrográficas**. 1972.
- ELLISON, D.; MORRIS, C. E.; LOCATELLI, B.; et al. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. **Global Environmental Change**, v. 43, p. 51-61, 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- ESTEVES, **Francisco de Assis**. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.
- FAO**. Global Forest Resources Assessment 2015: How Are the World's Forests Changing. 2^a edição. FAO: Rome, 2016.
- FEARNSIDE, P.M. 2004. **A água de São Paulo e a floresta amazônica**. *Ciência Hoje* 34(203): p. 63-65, 2004.

GRID ANALYSIS AND DISPLAY SYSTEM (GRADS). GrADS Documentation Index.

Disponível em: <<http://cola.gmu.edu/grads/gadoc/gadoc.php>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Ufmg, 2006.

HERDIES, D. L.; SILVA, A.; DIAS, M. A.F.S; FERREIRA, R. N. Moisture budget of the bimodal pattern of the summer circulation over South America. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 107, n. D20, p. LBA 42-1-LBA 42-10, 2002.

HERRMANN, M. L. de P.; ALVES, D. B. 4. As principais consequências negativas provocadas pelas adversidades atmosféricas no estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M. L. de P. (org.). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010.** 2º edição atualizada e revisada. Florianópolis, SC: Instituto Histórico e Geográfico de Santa Catarina, Cadernos Geográfico, 2014. p. 83-116.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology in Bulletin of the Geological Society of America, Colorado**, v. 56, pp. 275-370. Março de 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Banco de Informações Ambientais – BDIA: Vegetação. Disponível em:<<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>. Acesso em: 08 Mai. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Banco de Informações Ambientais – BDIA: Geologia. Disponível em:<<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>. Acesso em: 08 Mai. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Banco de Informações Ambientais – BDIA: Geomorfologia. Disponível em:<<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>. Acesso em: 08 Mai. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Banco de Informações Ambientais – BDI: Pedologia. Disponível em:<<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>. Acesso em: 08 Mai. 2023.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.** Manual Técnico da Vegetação: Sistema fitogeográfico Inventário das formações florestais e campestres Técnicas e manejo de coleções botânicas Procedimentos para mapeamentos. ISBN 978-85-240-4110-5. Rio de Janeiro: 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.** Manual Técnico de Geomorfologia. 2ª ed. ISBN 978-85-240-4272-0. Rio de Janeiro: 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE.** Manual Técnico da Vegetação: Sistema fitogeográfico Inventário das formações florestais e campestres Técnicas e manejo de coleções botânicas Procedimentos para mapeamentos. ISBN 978-85-240-4110-5. Rio de Janeiro: 2009.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE – IMA.** **Instrução Normativa Nº05 – Sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários.** Florianópolis, 2004.
- KELLEY, C.P.; MOHTADI, S.; CANE, M.A.; et al. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. **Proceedings of the national Academy of Sciences**, v. 112, n. 11, p. 3241-3246, 2015.
- KUNKEL, K. E., KARL, T. R., BROOKS, H., KOSSIN, J., LAWREMORE, J. H., ARNDT, D., BOSART, L., Changnon, D., Cutter, S. L., Doesken, N., Emanuel, K., Groisman, P. Y., Katz, R. W., KNUTSON, T., O'BRIEN, J., PACIOREK, C. J., PETERSON, T. C., REDMOND, K., ROBINSON, D., TRAPP, J., VOSE, R., WEAVER, S., WEHNER, M., WOLTER, K., & WUEBBLES, D. Monitoring and Understanding Trends in Extreme Storms: State of Knowledge: . **Bulletin of the American Meteorological Society**, 94(4), 499-514, 2013.
- KODAMA, Y.-M. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ), Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 70, p. 813–835, 1992.
- KOUSKY, E.V. 1980. Diurnal rainfall variation in northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, 108:488-498.
- LIEBMANN, B.; KILADS, G. N.; MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; GLICK, J. D. Submonthly convective variability over South America and South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, v. 12, p. 1877-1891, 1999.

- MONTINI TL, JONES C & CARVALHO LMV. The South American low-level jet: A new climatology, variability, and changes. **J Geophys Res-Atmos** 124: 1200-1218, 2019.
- MAKARIEVA, A. M.; GORSHKOV, V. G. Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. 2007. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, European Geosciences Union, p. 1013-1033, 2007.
- MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha et al. **Bacias hidrográficas e regiões hidrográficas do Brasil: cálculo de áreas, diferenças e considerações**. XXII Símposio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, 2017
- MARENGO, J. A. Estudos. Episódios de Jatos de Baixos Níveis ao Leste dos Andes durante 13-19 de abril de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 35-52, 2002..
- MARENGO, J. A. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 1-19, 2006.
- MARENGO, J. A., & Espinoza, J. C. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **International Journal of Climatology**, 36(3), 1033-1050. <https://doi.org/10.1002/joc.4420>
- MARENGO, J. A.; et al. Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP–NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability. **Journal of climate**, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004.
- MARENGO, Jose Antonio. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 1-19, 2006.
- MINITAB. **Interpretar todas as estatísticas e gráficos para correlação**. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/20/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/correlation/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/>. Acesso em 12 de jul. 2023.
- NEWELL, R. E. et al. Tropospheric rivers? - a pilot study. **Geophysical Research Letters**, v. 19, p. 2401–2404, 1992.

- NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia: relatório de avaliação científica**. São José dos Campos, SP: ARA: CCST-INPE: INPA. 2014.
- NODARI, E. S.; ESPÍNDOLA, M. A. **Relações complexas: as estiagens no Oeste de Santa Catarina**. Migrações e natureza. São Leopoldo: Oikos, 2013.
- OLIVEIRA, Maurício I.; NASCIMENTO, Ernani L.; KANNENBERG, Carolina. A New Look at the Identification of Low-Level Jets in South America. **Revista American Meteorological Society**, v. 146, n. 7, p. 2315–2334, 01 jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-17-0237.1>.
- PASSOS, R. B. **Identificação de jatos de baixos níveis na região do reservatório de Furnas/MG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá: Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2022.
- PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE SANTA CATARINA – PRH/SC. CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DE SANTA CATARINA, 2009.**
- Projeto MapBiomas – Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**, acessado em 30 de mai. 2023 através do link: [<https://mapbiomas.org/download>].
- QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. Dissertação de Mestrado: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, p. 124,1994.
- QUADRO, M. F. L. **Estudo de vortices ciclônicos de mesoescala associados a zona de convergência do Atlântico Sul**. Tese de Doutorado: Universidade de São Paulo, 2012.
- QUADRO, M. L.; BERBERY, E. H.; DIAS, M. A. F.; HERDIES, D. L.; GONÇALVES, L. G. G. The atmospheric water cycle over South America as seen in the new generation of global reanalyses. In: AIP Conference Proceedings. **American Institute of Physics**, 2013. p. 732-735.
- REBOITA, M. S.; MARRAFON, V. H. Ciclones extratropicais: o que são, climatologia e impactos no Brasil. **TERRÆ DIDÁTICA**, Campinas, SP, v. 17, n. 00, p. e021032, 2021. DOI: 10.20396/td.v17i00.8666028. Disponível em:

- <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8666028>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- REBOITA, Michelle Simões et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.
- REBOITA, Michelle Simões; KRUSCHE, Nisia; AMBRIZZI, Tércio; ROCHA, Rosmeri Porfírio da. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. UFRG: **TERRÆ DIDATICA**, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.
- RODRIGUES, Maria Laura Guimarães; FRANCO, Davide; SUGAHARA, Shigetoshi. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, p. 135-151, 2004.
- Rosa, E. B.; Pezzi, L. P.; Quadro, M. F. L. D.; Brunsell, N. Automated Detection Algorithm for SACZ, Oceanic SACZ and their Climatological Features. **Frontiers in Environmental Science**, 2020.
- ROZANTE, J.R.; MOREIRA, D.S.; GONÇALVES, L.G.G.; VILA, D.A. **Combinando TRMM e Observações de Precipitação de Superfície: Técnica e Validação na América do Sul. Wea. Previsão**, v. 25, p. 885-894, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/2010WAF2222325.1>. CPTEC/ INPE, São Paulo, 2010.
- SAULO, A. C.; NICOLINI, M.; CHOU, Sin Chan. Model characterization of the South American low-level flow during the 1997–1998 spring–summer season. **Climate Dynamics**, v. 16, p. 867-881, 2000.
- Saha, S., Moorthi, S., Pan, H.-L., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., ... Behringer, D. (2010). The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(8), 1015-1058. doi: 10.1175/2010BAMS3001.1.
- SAHA, Suranjana et al. **The NCEP climate forecast system version 2. Journal of climate**, v. 27, n. 6, p. 2185-2208, 2014. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/27/6/jcli-d-12-00823.1.xml#bib22>>. Acesso em 20 nov. 2021. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00823.1>
- SALES FILHO, P. C., VITOR, A., MUZA, M. N., CLAUDINO, C. Relação entre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Irani, localizada no oeste de

- Santa Catarina, região Sul do Brasil e a cobertura vegetal dos biomas Amazônia, Pantanal e Mata Atlântica. **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 112-118, 2021.
- SÁNCHEZ, M. P. **Investigação dos Jatos de Baixos Níveis na Região Metropolitana de São Paulo**. 2022. 186 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.
- SANTA CATARINA. **LEI Nº 10.949, DE 09 DE NOVEMBRO DE 1998**. Dispõe sobre a caracterização do Estado em dez Regiões Hidrográficas. Publicada no D.O.E. Florianópolis, 1998.
- SANTA CATARINA. **PORTARIA SDS Nº043, DE 13 DE AGOSTO DE 2010**. Estabelece critérios adicionais de natureza técnica para outorga de direito de uso de recursos hídricos para captação de água superficial destinada ao abastecimento da população urbana das cidades com população acima de 100.000 habitantes, em rios de domínio do Estado de Santa Catarina, e dá outras providências. Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Sustentável. Publicado no D.O.E nº18.935, de 21/09/2010.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS DE SANTA CATARINA – SIRHESC. **Avaliação Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Irani**. 2020
- SILVA, Maria do Socorro Rocha da. **Bacia hidrográfica do Rio Amazonas: contribuição para o enquadramento e preservação**. 2013. 199 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.
- SILVA, Luis Felipe de Sales Dorneles da. **Formação Serra Geral (Cretáceo, Bacia do Paraná): um modelo análogo para reservatórios não convencionais fraturados**. 2015.
- SIVIERO, Amanda Cristina; RHODEN, Anderson Clayton. DESENVOLVIMENTO REGIONAL E CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MEIO OESTE CATARINENSE. **Anais de Agronomia**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 47 - 72, dec. 2020. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/agronomia/article/view/328>>. Acesso em: 12 apr. 2023.

- SOARES, L.C. Hidrografia In: Geografia do Brasil – Região Norte. **Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Diretoria de Geociências. 1991. v. 3, p.70-92.
- SOUSA, HEBER TORMENTINO DE SOUSA. SisCAH 1.0: **Sistema computacional para análises hidrológicas**. ANA; Viçosa, MG: UFV, 2009.
- STENSRUD D. J. **Importance of low-level jets to climate**: A review, 1996.
- STRAHLER, A.N. **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks**. In: Chow VT (ed) Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill, New York, 1964, pp. 439-476.
- TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2012.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. e ROCHA, O. **Ecosistemas de Águas Interiores**. In: **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras: São Paulo, 1999. p.717.
- UNESCO, UN-Water. **United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change**. Paris: UNESCO. 2020. 219 p. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372985.locale=en>>. Acesso em 27 de março de 2020.
- VAN DER ENT, Rudi J. et al. Origin and fate of atmospheric moisture over continents. **Water Resources Research**, v. 46, n. 9, 2010.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil Ltda., 1980.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.
- WHITEMAN, C. David; BIAN, Xindi; ZHONG, Shiyuan. Low-level jet climatology from enhanced rawinsonde observations at a site in the southern Great Plains. **Journal of Applied Meteorology**, v. 36, n. 10, p. 1363-1376, 1997.

APÊNDICE A – SCRIPT DO SISTEMA DE DETECÇÃO DOS JATOS DE BAIXOS NÍVEIS EM DIFERENTES NÍVEIS DE PRESSÃO

```

function geral(args)
'reinit'
#
#####
#####
### Script Automático executar o script para detecção do Jato de ###
### Baixos Niveis (JBN) ###
### Utiliza o as reanálises do CFSR (1979 a 2010) e CFSv2 (2011 a ###
### 2021). ###
### ###
### IMPORTANTE: Esse script roda somente as 06Z. ###
### Elaborado por: Pedro Cardoso, Adriano Vitor e Mario Quadro ###
### ###
### Para rodar : ###
### "run detecta_jbn.gs YYYYMMDD(i) YYYYMMDD(f)" ###
### Adaptado em: 05/11/2021 ###
### ###
#####
#####
#
#
#*****
# Define Parâmetros e Critério para Definir o JBN
#*****
#
# zdef 16 levels 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
# zdef 16 levels 1000 975 950 925 900 875 850 825 800 775 750 700

```

```

#
# UNDCO -> Contagem de valores indefinidos na grade
# VALCO -> Contagem de valores válidos na grade
# WINMIN -> Valor mínimo do vento na grade
# WINMAX -> Valor máximo do vento na grade
# WINAVE -> Valor médio do vento na grade
# WINSIG -> Desvio Padrão do vento na grade
#
# LEVMIN -> Nível de Pressão mínimo na grade
# LEVMAX -> Nível de Pressão máximo na grade
# WINAVE -> Nível de Pressão médio na grade
# LEVSIG -> Desvio Padrão do Nível de Pressão na grade
#
#-----
# Área do JBN
#-----
# Area Total
  _lati=-30.0 ;# Define Latitude Sul
  _latf=-10.0 ;# Define Latitude mais ao Norte
  _loni=-68.0 ;# Define Longitude Oeste
  _lonf=-52.0 ;# Define Longitude Leste
# Quadrante NW
  _latinw=( _lati+_latf)/2 ;# Define Latitude Sul do Quadrante NW
  _latfnw=_latf ;# Define Latitude mais ao Norte do Quadrante NW
  _loninw=_loni ;# Define Longitude Oeste do Quadrante NW
  _lonfnw=( _loni+_lonf)/2 ;# Define Longitude Leste do Quadrante NW
# Quadrante NE
  _latine=( _lati+_latf)/2 ;# Define Latitude Sul do Quadrante NE
  _latfne=_latf ;# Define Latitude mais ao Norte do Quadrante NE
  _lonine=( _loni+_lonf)/2 ;# Define Longitude Oeste do Quadrante NE
  _lonfne=_lonf ;# Define Longitude Leste do Quadrante NE

```

Quadrante SW

```
_latisw=_lati      ;# Define Latitude Sul do Quadrante SW
_latfsw=(_lati+_latf)/2 ;# Define Latitude mais ao Norte do Quadrante SW
_lonisw=_loni      ;# Define Longitude Oeste do Quadrante SW
_lonfsw=(_loni+_lonf)/2 ;# Define Longitude Leste do Quadrante SW
```

Quadrante SE

```
_latise=_lati      ;# Define Latitude Sul do Quadrante SE
_latfse=(_lati+_latf)/2 ;# Define Latitude mais ao Norte do Quadrante SE
_lonise=(_loni+_lonf)/2 ;# Define Longitude Oeste do Quadrante SE
_lonfse=_lonf      ;# Define Longitude Leste do Quadrante SE
```

#

#

```
# (latf,loni)                                (latf,lonf)
```

```
# |-----|-----|
```

```
# |           |           |
```

```
# |           |           |
```

```
# |           |           |
```

```
# |  Quadrante  |  Quadrante  |
```

```
# |    NW    |    NE    |
```

```
# |           |           |
```

```
# |           |           |
```

```
# |           |           |
```

```
# |-----|-----|
```

```
# |           |           |
```

```
# |           |           |
```

```
# |           |           |
```

```
# |  Quadrante  |  Quadrante  |
```

```
# |    SW    |    SE    |
```

```
# |           |           |
```

```
# |           |           |
```

```
# |           |           |
```

```

#          |-----|-----|
#   (lati,loni)                      (lati,lonf)
#
#-----
# Niveis de Pressão Inferior e Superior
#-----
#
#_pinf=1000 ;# Define Nivel de Pressão Inferior
#_psup=700  ;# Define Nivel de Pressão Superior
#
#-----
# Limiar de Vento Máximo e cizalhamento
#-----
#
#_limw=12   ;# Define Limiar do Vento Máximo
#_licz=6    ;# Define Limiar do Cizalamneto até 700 hpa (~ 3000m)
#
#####
#####
###          Pegando Parametros de Entrada          ###
#####
#####
#
#_datai=subwrd(args,1)
#_anoi=substr(_datai,1,4)
#_mesi=substr(_datai,5,2)
#_diai=substr(_datai,7,2)
#_hori=06
#
#_dataf=subwrd(args,2)
#_anof=substr(_dataf,1,4)

```

```

_mesf=substr(_dataf,5,2)
_diaf=substr(_dataf,7,2)
_horf=06
#
#-----#
# Cria variável com data em forma de strg #
#      usando função      #
#-----#
ret=arruma_mes(_mesi)
_msi=_mes_string
ret=arruma_mes(_mesf)
_msf=_mes_string
#
_nmes=((_anof-_anoi)*12)-_mesi+_mesf+1
#
say 'Data Inicial -> ' _anoi%_mesi%_diai' , '_msi
say 'Data Final   -> ' _anof%_mesf%_diaf' , '_msf
say 'No de Meses  -> ' _nmes
#_nanos=_anof-_anoi+1#
#pull c

#quit'

#
#####
#####
###          Define PAts e Abre Arquivo Descritor          ###
#####
#####
#
_path_scr='/home/sifapsc/scripts/pedro'

```

```

_path_png=_path_scr'/images'
_path_txt=_path_scr'/outfiles'
_path_dat='/media/hd2tb/dados/pesquisa/cfsr'
_path_lib='/usr/share/grads'
#
'!mkdir -p '_path_png
'!mkdir -p '_path_txt
#
'open '_path_dat'/cdas1.wind.1990-2021.ctl'
say 'Arquivo Aberto -> '_path_dat'/cdas1.wind.1990-2021.ctl'
#
'set mpdset brmap_hires'
'run '_path_lib'/define_colors.gs'
#
#####
#Define ultimo DATA DO ARQUIVO
#####
#
'set time '_hori'Z'_diai%_msi%_anoi
'q dims'
_tinic=sublin(result,5)
_tinic=subwrd(_tinic,9)
#
'set time '_horf'Z'_diaf%_msf%_anof
'q dims'
_tlast=sublin(result,5)
_tlast=subwrd(_tlast,9)
#
say 'Tempo Inicial, Tempo Final -> '_hori'Z'_diai%_msi%_anoi' (t='_tinic') a
'_horf'Z'_diaf%_msf%_anof' (t='_tlast')'

```

```

#pull c
#'quit'

_t=_tinic
#
while (_t <= _tlast)
#
#
#####
# Define Tempo
#####
#
'set t ' _t
'q time'
_anl = subwrd(result,3)
_hh = substr(_anl,1,2)
_dd = substr(_anl,4,2)
_mmm = substr(_anl,6,3)
_yy = substr(_anl,9,4)
say 'Tempo -> ' _anl
ret=month()
if (_mm <= 3 )
_y1 = _yy - 1
_y2 = _yy
else
_y1 = _yy
_y2 = _yy + 1
endif
#
#####
# Faz o Mapa em 850 hPa somente para os Meses NOV, DEZ, JAN e FEV

```

```
#####
#
if (_mm=1 | _mm=2 | _mm=3 | _mm=11 | _mm=12 )
'c'
'set map 15 1 6'
'set lev 850'
'set gxout shaded'
'set lat -45 0'
'set lon -80 -35'
'set grads off'
'set clevs 12 15 18 21 24 27 33'
'set ccols 0 72 73 74 76 77 78 79'
'd mag(ugrdprs,vgrdprs)'
'run '_path_lib'/cbarn.gs'
'set gxout stream'
'set grads off'
'set strmden 4'
'd ugrdprs;vgrdprs'
#
'q w2xy '_loni' '_lati'
xlo=subwrd(result,3)
ylo=subwrd(result,6)
'q w2xy '_lonf' '_latf'
xhi=subwrd(result,3)
yhi=subwrd(result,6)
say xlo' 'ylo' 'xhi' 'yhi'
'set line 2'
'draw rec 'xlo' 'ylo' 'xhi' 'yhi'
#
'draw title Analise de Vento (m/s) em 850 hPa \ para '_hh'Z de '_dd'/'_mm'/'_yy'
'set strsiz 0.12 0.12'
```

```

'draw string 0.70 0.3 PCAM/IFSC'
'printim '_path_png'/anl_lcor_850_'_yy%_mm%_dd%_hh'.png white'
say 'Arquivo Gerado -> '_path_png'/anl_lcor_850_'_yy%_mm%_dd%_hh'.png'
# pull c
#
#####
# Inicia o Script de deteccao JBN
# Faz o Loop para gerar as estatísticas da área total e os 4 quadrantes
#####
#

_c=1
while (_c <= 5)

    if(_c=1);_area=tot;_lat1=_lati;_lat2=_latf;_lon1=_loni;_lon2=_lonf;endif

if(_c=2);_area=nw;_lat1=_latinw;_lat2=_latfnw;_lon1=_loninw;_lon2=_lonfnw;endif

if(_c=3);_area=ne;_lat1=_latine;_lat2=_latfne;_lon1=_lonine;_lon2=_lonfne;endif

if(_c=4);_area=sw;_lat1=_latisw;_lat2=_latfsw;_lon1=_lonisw;_lon2=_lonfsw;endif

if(_c=5);_area=se;_lat1=_latise;_lat2=_latfse;_lon1=_lonise;_lon2=_lonfse;endif
#
'set lat '_lat1' '_lat2
'set lon '_lon1' '_lon2
ret=dimensoes_area() ;# Funcao para Calcular a dimensão x,y da área de
estudo
#
#-----
# CRITERIO A:

```

```

0) # - Seleciona regiões com vento Norte (atribui valor 1) e Vento Sul (atribui valor
#-----
#
'set gxout grid'
'set lev '_pinf' '_psup'
'define crita=abs(((abs(vgrdprs)-vgrdprs)/2)*(-1)/vgrdprs)'
# ret=teste_crita() ;# Funcao Teste para verificar se o Criterio a funcionou
#
#-----
# CRITERIO B:
# - Define Valor (wmax) e o nível (wloc) máximo do Vento entre os
# níveis de pressao inferior e superior;
# - Seleciona Regiões com limiar de wmax acima do definido (atribui valor 1)
# e abaixo do definido (atribui valor 0)
#
# IMPORTANTE: Para definir a matrix com valores de wmax provisório
(wmaxp),
# deve-se considerar o critério A pois a verificação
# do vento norte deve ser aplicado para todos os níveis de pressão,
# considerando os limiares inferior e superior definido no inicio
# do script
#-----
#
'set z 1'
'define wmaxp=max(mag(UGRDprs,VGRDprs)*crita,lev='_pinf',lev='_psup')'
'define wlocp=maxloc(mag(UGRDprs,VGRDprs)*crita,lev='_pinf',lev='_psup')'
#
#
#-----
# CRITERIO C:

```

```

# - Define Regiões de wmax com cisalhamento verticas (wciz)
# maior que o limiar definido entre níveis de pressao inferior e superior;
#-----
#
'define wxli=wmaxp-'_limw
'define critb=abs(((abs(wxli)+(wxli))/2)/wxli)'
#
'define wminp=min(mag(UGRDprs,VGRDprs)*crita,lev='_pinf',lev='_psup')
'define wcizp=wmaxp-wminp'
#
'define wcli=wcizp-'_licz
'define critc=abs(((abs(wcli)+(wcli))/2)/wcli)'
#
#-----
# RESULTADO:
# - Defieo valor final de wmax e wloc, considerando os critérios
# B (critb) e C (critc);
#-----

'define wmax=wmaxp/(critb*critc)'
'define wloc=wlocp/(critb*critc)'

# ret=print_testes() ;# Funcao para gerar alguns mapas de testes

# ret=cizjbn_new() ;# Funcao para novo criterio de cisalhamento

#
#####
# Gera Estatísticas e Matrizes de Wmax e Wloc
#####
#

```

```

    _var='wind'
#
    'set gxout stat'

    'd wloc'
#    say result
    lin=sublin(result,8)
    _lvmi=subwrd(lin,4)    ;# Min Value of Level Pressure
    _lvma=subwrd(lin,5)    ;# Max value of Level Pressure
    lin=sublin(result,11)
    _lave=subwrd(lin,2)    ;# Average Value (/n) of Level Pressure
    lin=sublin(result,13)
    _lsig=subwrd(lin,2)    ;# Standard deviation (/n) of Level Pressure

    'd wmax'
#    say result
    lin=sublin(result,5)
    _npx=subwrd(lin,3)    ;# x diretion number of points (LONG)
    _npy=subwrd(lin,4)    ;# y diretion number of points (LAT)
    lin=sublin(result,7)
    _uco=subwrd(lin,4)    ;# Undef count
    _vco=subwrd(lin,8)    ;# Valid count
    lin=sublin(result,8)
    _wvmi=subwrd(lin,4)    ;# Min Value of Wind
    _wvma=subwrd(lin,5)    ;# Max value of Wind
    lin=sublin(result,11)
    _wave=subwrd(lin,2)    ;# Average Value (/n) of Wind
    lin=sublin(result,13)
    _wsig=subwrd(lin,2)    ;# Standard deviation (/n) of Wind
#    pull c

```

```
# 'quit'
if (_vco=0) ;# Nao encontrou JBN
    _wvmi=0 ; _lvmi=0
    _wvma=0 ; _lvma=0
    _wave=0 ; _lave=0
    _wsig=0 ; _lsig=0
endif

_file_out=_path_scr'/stat_txt/'_y1-'_y2'/stat_'_var'_'_y1-'_y2'_'_area'.txt'
_fcsv_out=_path_scr'/stat_csv/'_y1-'_y2'/stat_'_var'_'_y1-'_y2'_'_area'.csv'
#
'mkdir -p '_path_scr'/stat_txt/'_y1-'_y2
'mkdir -p '_path_scr'/stat_csv/'_y1-'_y2
'mkdir -p '_path_txt/'_yy
#
if (_t=_tinic | _dd = "01" & _mm = 11)
    say 'Gerando Estatisticas para '_var' em '_dd%_mm%_yy
#   _file_out=_path_scr'/stat_txt/'_yy'/stat_'_var'_'_yy'_'_area'.txt'
#   _fcsv_out=_path_scr'/stat_csv/'_yy'/stat_'_var'_'_yy'_'_area'.csv'
    say 'File out -> '_file_out
    _outcab='DATA UNDCO VALCO WINMIN WINMAX WINAVE WINSIG
LEVMIN LEVMAX LEVAVE LEVSIG'
    '!echo NPX='_npx' NPY='_npv' LONI='_loni' LONF='_lonf' LATI='_lati'
LATF='_latf' > '_file_out
    '!printf "%10s %5s %5s %6s %6s %6s %6s %6s %6s %6s %6s\n"' '_outcab'
>> '_file_out
endif
#
_outwri=_yy%_mm%_dd%_hh'_uco' '_vco' '_wvmi' '_wvma' '_wave' '_wsig'
' lvmi' ' lvma' ' lave' ' lsig'
```

```

say 'outwri -> '_outwri
'!printf "%10s%6s%6s%7.1f%7.1f%7.1f%7.1f%7.1f%7.1f%7.1f %s\n"
'_outwri' >> '_file_out

```

```

say 'Arquivo Gerado -> '_file_out

```

```

wmaxfile =_path_txt/'_yy'/wmax_'_area'_'_yy%_mm%_dd%_hh'.txt'
'!rm -rf 'wmaxfile
'set gxout print'
'set prnopts %7.1f 8 1'
'd wmax'
rc=write(wmaxfile,result)
say 'Arquivo Gerado -> 'wmaxfile
rc=close(wmaxfile)

```

```

wlocfile =_path_txt/'_yy'/wloc_'_area'_'_yy%_mm%_dd%_hh'.txt'
'!rm -rf 'wlocfile
'set gxout print'
'set prnopts %7.1f 8 1'
'd wloc'
rc=write(wlocfile,result)
say 'Arquivo Gerado -> 'wlocfile
rc=close(wlocfile)

```

```

# pull c
_c=_c+1
endwhile

```

```

endif ;# Fim do if dos meses

```

```

#

```

```

_t=_t+4
endwhile

'quit'

return 'ok'

#
#####
function dimensoes_area()
#####
#

'q dims'
lin=sublin(result,2)
res=subwrd(lin,11) ; _xini=math_int(res)
res=subwrd(lin,13) ; _xfin=math_int(res)
lin=sublin(result,3)
res=subwrd(lin,11) ; _yini=math_int(res)
res=subwrd(lin,13) ; _yfin=math_int(res)
_nlon=1+(_xfin-_xini)
_nlat=1+(_yfin-_yini)
#
say 'xini ; xfin -> '_xini' ; '_xfin
say 'yini ; yfin -> '_yini' ; '_yfin
say 'nlon ; nlat -> '_nlon' ; '_nlat
say 'Longitude -> '_loni' to '_lonf
say 'Latitude -> '_lati' to '_latf

return

```

```

#
#####
function month()
#####
#
if (_mmm='JAN') ;_mm=01; endif
if (_mmm='FEB') ;_mm=02; endif
if (_mmm='MAR') ;_mm=03; endif
if (_mmm='APR') ;_mm=04; endif
if (_mmm='MAY') ;_mm=05; endif
if (_mmm='JUN') ;_mm=06; endif
if (_mmm='JUL') ;_mm=07; endif
if (_mmm='AUG') ;_mm=08; endif
if (_mmm='SEP') ;_mm=09; endif
if (_mmm='OCT') ;_mm=10;endif
if (_mmm='NOV') ;_mm=11;endif
if (_mmm='DEC') ;_mm=12;endif

return

#
#####
# Ajustando data de decimal para string  #
#####
#
function arruma_mes(mes)
_mes_decimal=subwrd(mes,1)
if (_mes_decimal = 01 ); _mes_string='JAN' ; endif
if (_mes_decimal = 02 ); _mes_string='FEB' ; endif
if (_mes_decimal = 03 ); _mes_string='MAR' ; endif
if (_mes_decimal = 04 ); _mes_string='APR' ; endif

```

```

if (_mes_decimal = 05 ); _mes_string='MAY' ; endif
if (_mes_decimal = 06 ); _mes_string='JUN' ; endif
if (_mes_decimal = 07 ); _mes_string='JUL' ; endif
if (_mes_decimal = 08 ); _mes_string='AUG' ; endif
if (_mes_decimal = 09 ); _mes_string='SEP' ; endif
if (_mes_decimal = 10 ); _mes_string='OCT' ; endif
if (_mes_decimal = 11 ); _mes_string='NOV' ; endif
if (_mes_decimal = 12 ); _mes_string='DEC' ; endif

```

```

return geral

```

```

#
#####
# Funcao Teste para verifica se o Critério a
# funcionou
#####
#
function teste_crita()
'c'
'set gxout grid'
# 'set gxout print'
'set lev 850'
'd crita'
'set cmax 0'
'set gxout contour'
'd vgrdprs'
'set gxout vector'
'd UGRDprs;VGRDprs'
'draw title Vento Meridional em 850 hPa'
pull c
'c'

```

```

'set gxout grid'
'set lev 700'
'd crita'
'set cmax 0'
'set gxout contour'
'd vgrdprs'
'set gxout vector'
'd UGRDprs;VGRDprs'
'draw title Vento Meridional em 700 hPa'
pull c

return

#
#####
# Funcao Teste para verifica se o Critério a
# funcionou
#####
#
function print_testes()

#
#'set cmin 12'
'c'
'set gxout grid'
'd wlocp'
'draw title Valor de Vento Maximo Provisorio'
pull c
'c'
'set gxout grid'
'd critb'

```

```

'draw title Regioes com Criterio B ( $W_{max} > Limiar$ ) definidas'
pull c
'c'
'set gxout grid'
'd critb'
'draw title Regioes com Criterio C ( $W_{ciz} > Limiar$ ) definidas'
pull c
#run /usr/share/grads/cbarn.gs'
#'set gxout contour'
#'set cmax 0'
#'set gxout stream'
#'d UGRDprs(lev=850);VGRDprs(lev=850)'
'c'
'set gxout shaded'
'set clevs 12 15 18 21 24 27 30'
'set ccols 0 72 73 74 76 77 78 79'
'd wmax'
'set gxout grid'
'd wloc'
'run '_path_lib'/cbarn.gs'
'draw title Regioes com Wloc (grid) \ e Wmax (shades) selecionados'
'printim '_path_png'/result.png white'

pull c
'set gxout vector'
'set lev 700'
'd UGRDprs;VGRDprs'

pull c
'c'
'set lat -16'

```

```

'set lon -64'
'set z 1 16'
'd mag(UGRDprs,VGRDprs)'
pull c

#'d mag(UGRDprs(lev=850),VGRDprs(lev=850))'

return

```

```

#####
# Funcao para Define Valor mínimo (wmin) desde 3 níveis abaixo a
# 3 níveis acima do Nívek de venton máximo
#####
#
function cizjbn_new()

_i=_xini
while (_i <= _xfin)

_j=_yini
while (_j <= _yfin)

'set x '_j
'set y '_j

'set gxout stat'
'd wloc'

lin=sublin(result,8)

```

```

_val=subwrd(lin,4)
say 'i ; j ; Valor Nivel Vento Máximo -> ' _i' ; ' _j' ; ' _val
pull c

```

```

'set gxout contour'
'set z ' _val-4' ' _val+1
'set lev 1000 700'
'd mag(UGRDprs,VGRDprs)'
'set z 1'
'd min(mag(UGRDprs,VGRDprs),z=' _val-4',z=' _val+1')'
say result

```

```

_j=_j+1
endwhile

```

```

_i=_i+1
endwhile

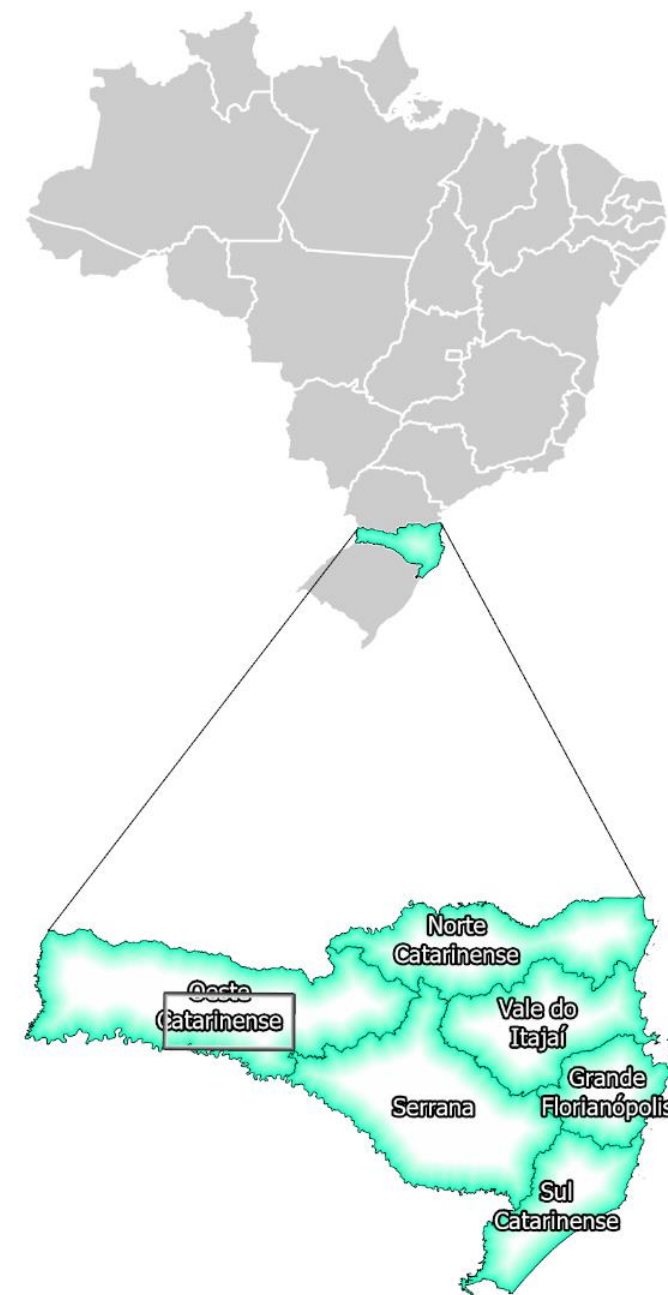
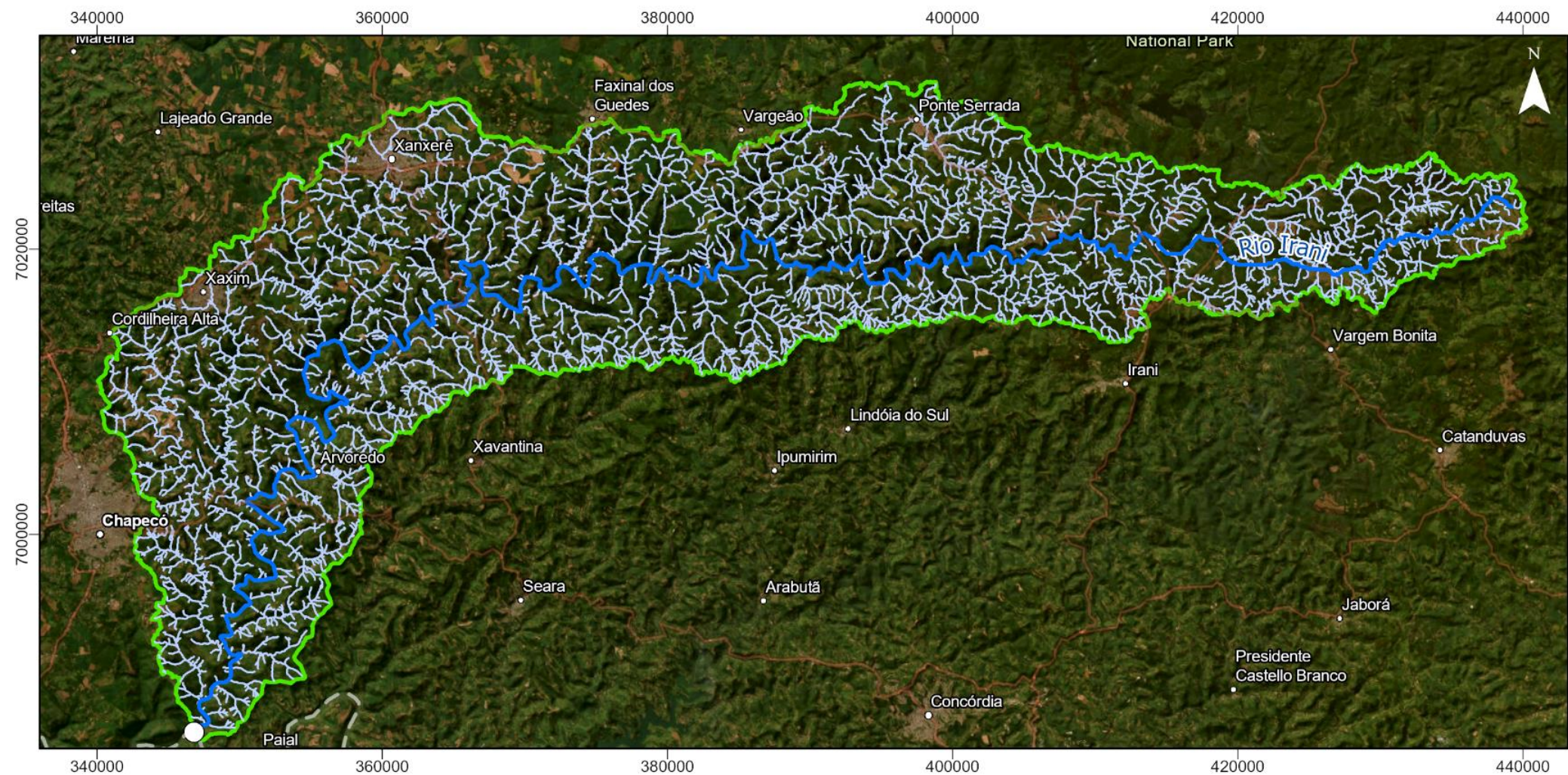
```

.

APÊNDICE B – ATLAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI - SC

[Ver arquivo PDF.](#)

APÊNDICE C – MAPAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI



Perfil longitudinal do Rio Irani

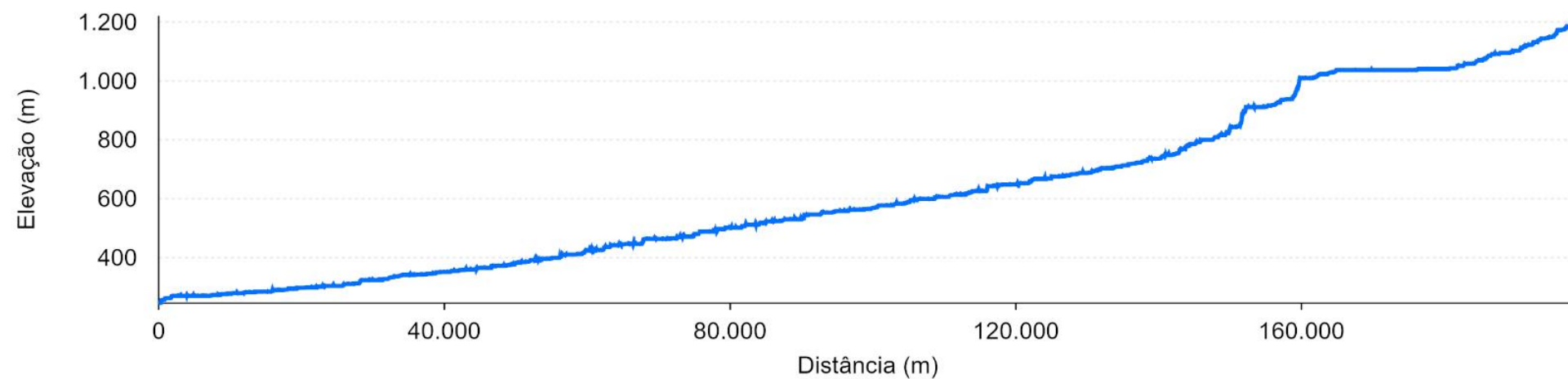


Tabela: Dados da morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC.

Bacia	Área (m²)	Perímetro (m)	Área (km²)	Perímetro (km)	Largura média da bacia (km)	Cota montante (m)	Cota Jusante (m)	Declividade (m/m)	Extensão do Rio Principal (m)	Extensão do Rio Principal (km)	Σ Extensão dos rios (m)	Nº Rios de 1ª Ordem	Coefficiente de Compacidade - Kc	Fator de Forma - Kf	Densidade de Rios - Dr	Densidade de Drenagem - Dd (km/km²)
Rio Irani	1.599.884.686,70	341.116,97	1.599,88	341,12	8,07	1.221,00	245,00	0,005	198.347,14	198,35	2.836.807,20	683	2,39	0,04	0,43	1,77

Legenda

- Exutório
- Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²
- Rio Irani - 198.347,14 m
- Afluentes

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo

PEFIL LONGITUDINAL DO RIO IRANI E DADOS DA BACIA HIDROGRÁFICA

Base Cartográfica

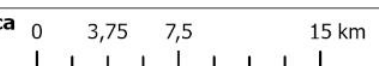
Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).
Mapa base Esri Imagery Hybrid (2022).

Elaboração

Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental



Escala Gráfica

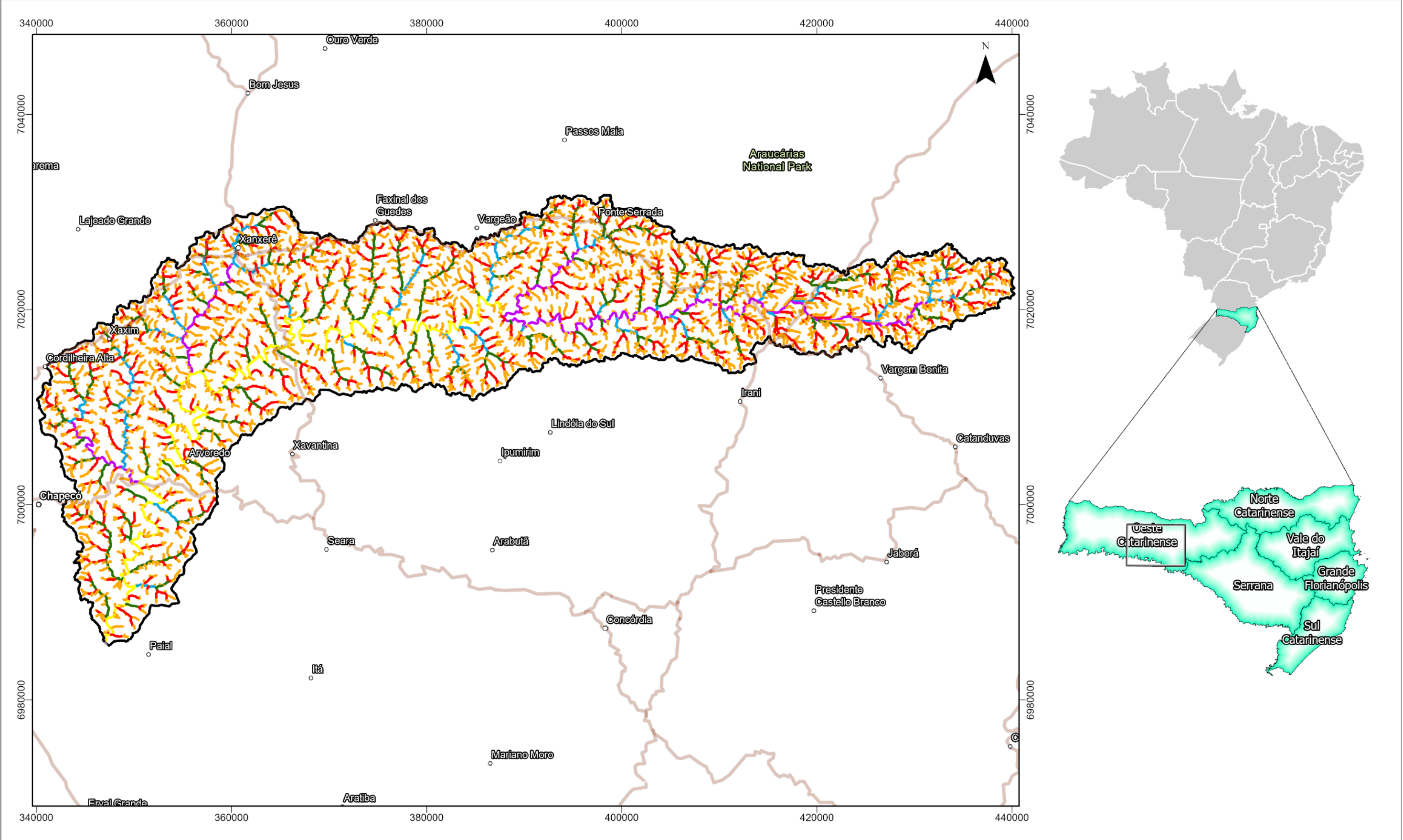


Escala Numérica

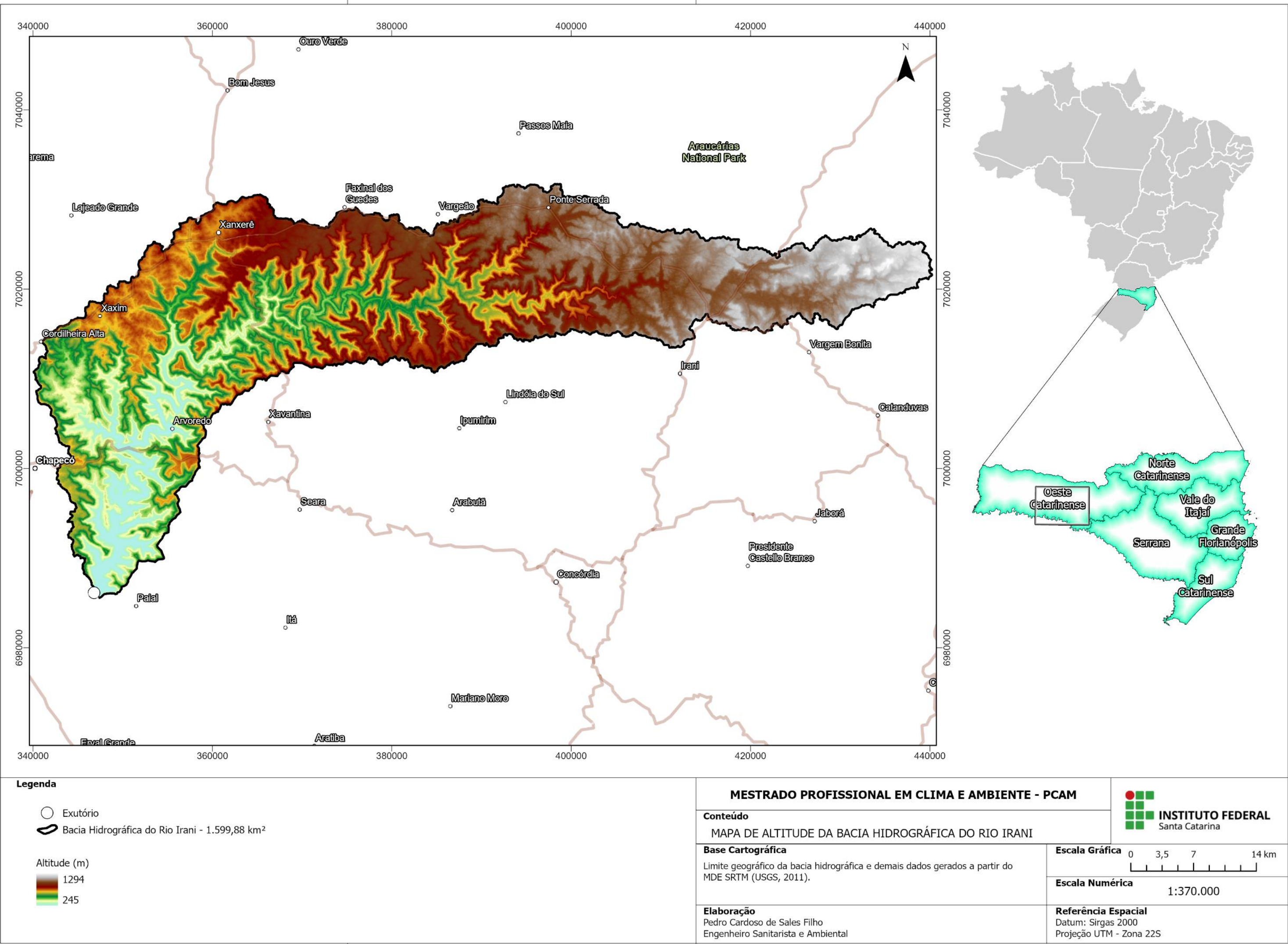
1:400.000

Referência Espacial

Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S



Legenda Hierarquização dos rios 1ª Ordem 2ª Ordem 3ª Ordem 4ª Ordem 5ª Ordem 6ª Ordem Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²		MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM	
		Conteúdo HIERARQUIA FLUVIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI Base Cartográfica Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011). Elaboração Pedro Cardoso de Sales Filho Engenheiro Sanitarista e Ambiental	 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Escala Gráfica 0 3,5 7 14 km Escala Numérica 1:370.000 Referência Espacial Datum: Sirgas 2000 Projeção UTM - Zona 22S



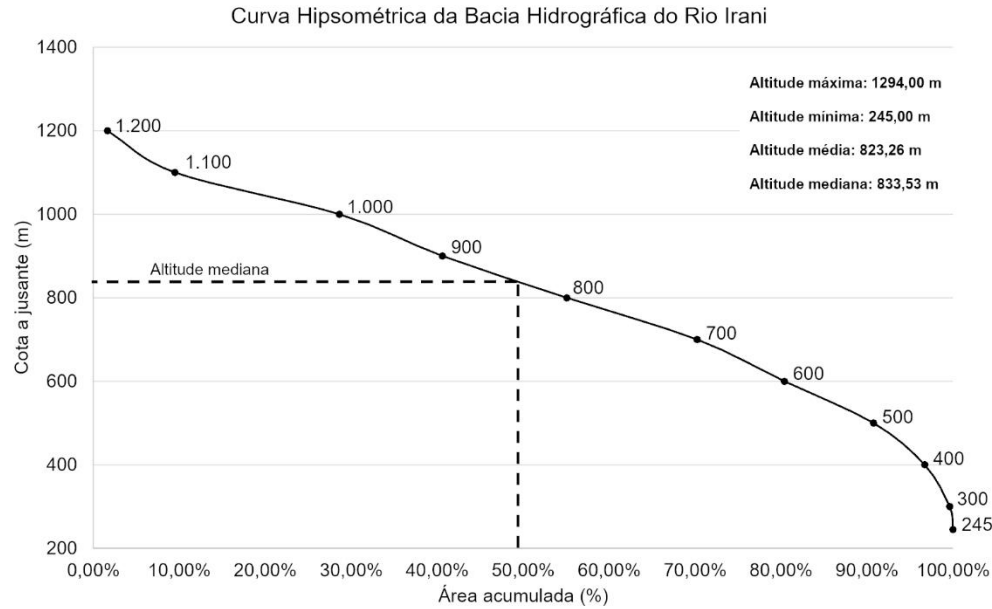
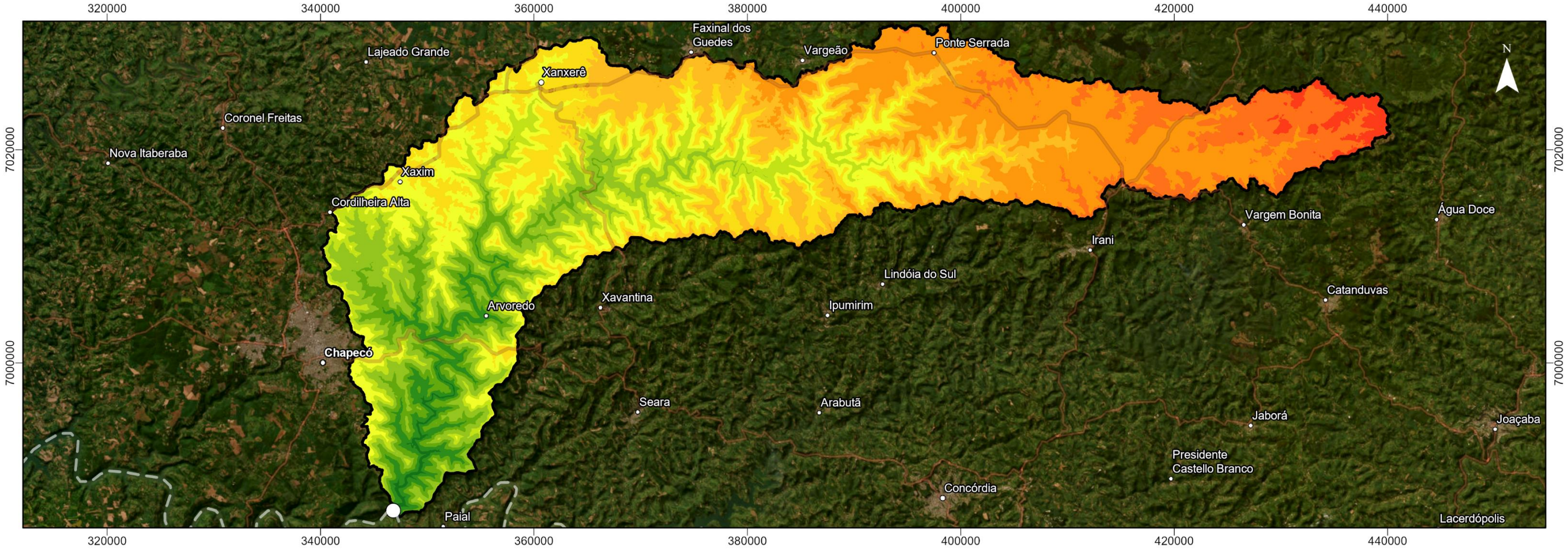


Figura: Gráfico da curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, relação percentual entre a área acumulada e a cota em metros.

Classes de Altitude (m)	Cota a montante (m)	Cota a jusante (m)	Elevação média (m)	Elevação Relativa (m)	Área da Superfície (km²)	Área Acumulada (km²)	Área Relativa (%)
(1200 - 1294)	1294	1200	1247	1,00	26,47	26,47	1,65%
(1100 - 1200)	1200	1100	1150	0,92	125,41	151,88	9,49%
(1000 - 1100)	1100	1000	1050	0,84	306,01	457,89	28,62%
(900 - 1000)	1000	900	950	0,76	191,93	649,82	40,62%
(800 - 900)	900	800	850	0,68	231,45	881,28	55,08%
(700 - 800)	800	700	750	0,60	242,60	1123,88	70,25%
(600 - 700)	700	600	650	0,52	162,42	1286,30	80,40%
(500 - 600)	600	500	550	0,44	165,98	1452,29	90,77%
(400 - 500)	500	400	450	0,36	94,97	1547,25	96,71%
(300 - 400)	400	300	350	0,28	46,67	1593,92	99,63%
(245 - 300)	300	245	272,5	0,22	5,96	1599,88	100,00%

Tabela: Dados da curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Irani - SC.

Legenda

- Hipsometria (m)
- (245 - 300)
 - (300 - 400)
 - (400 - 500)
 - (500 - 600)
 - (600 - 700)
 - (700 - 800)
 - (800 - 900)
 - (900 - 1000)
 - (1000 - 1100)
 - (1100 - 1200)
 - (1200 - 1294)

○ Exutório

Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo
MAPA HIPSONÉTRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

Base Cartográfica
Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

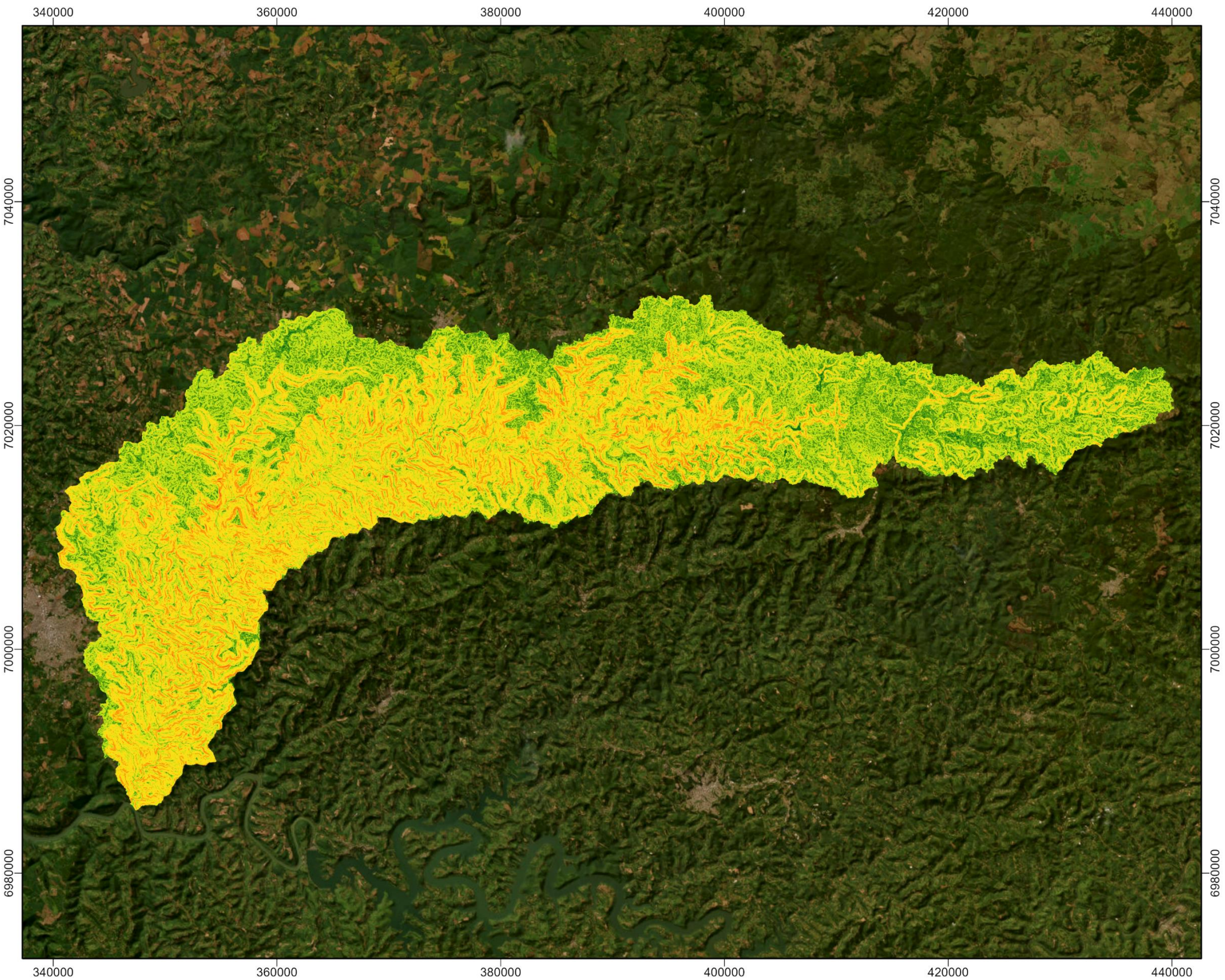
Elaboração
Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental

Escala Gráfica
0 3,75 7,5 15 km

Escala Numérica
1:390.000

Referência Espacial
Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S





Relevo	Classe de Declividade (%)	Área (km²)	Área (%)
Plano	0 - 3%	49,93	3,12%
Suave-ondulado	3 - 8%	268,63	16,79%
Ondulado	8 - 20%	539,34	33,71%
Forte-ondulado	20 - 45%	605,35	37,84%
Montanhoso	45 - 75%	133,55	8,35%
Escarpado	> 75%	3,09	0,19%
Total		1.599,88	100,00%

Fonte: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

Legenda

Classe de Declividade (Embrapa, 1979)

- 0 - 3%
- 3 - 8%
- 8 - 20%
- 20 - 45%
- 45 - 75%
- > 75%

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo

MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

Base Cartográfica

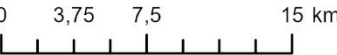
Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

Elaboração

Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental



Escala Gráfica

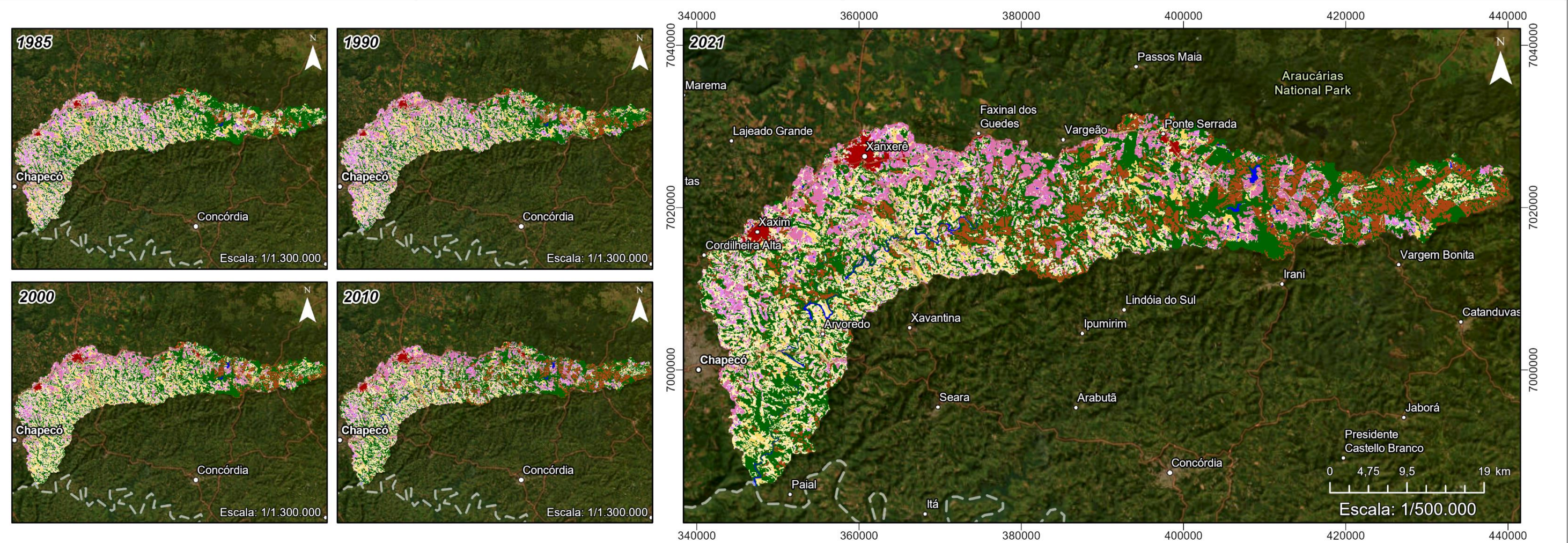


Escala Numérica

1:390.000

Referência Espacial

Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S



Uso do Solo na Bacia do Rio Irani

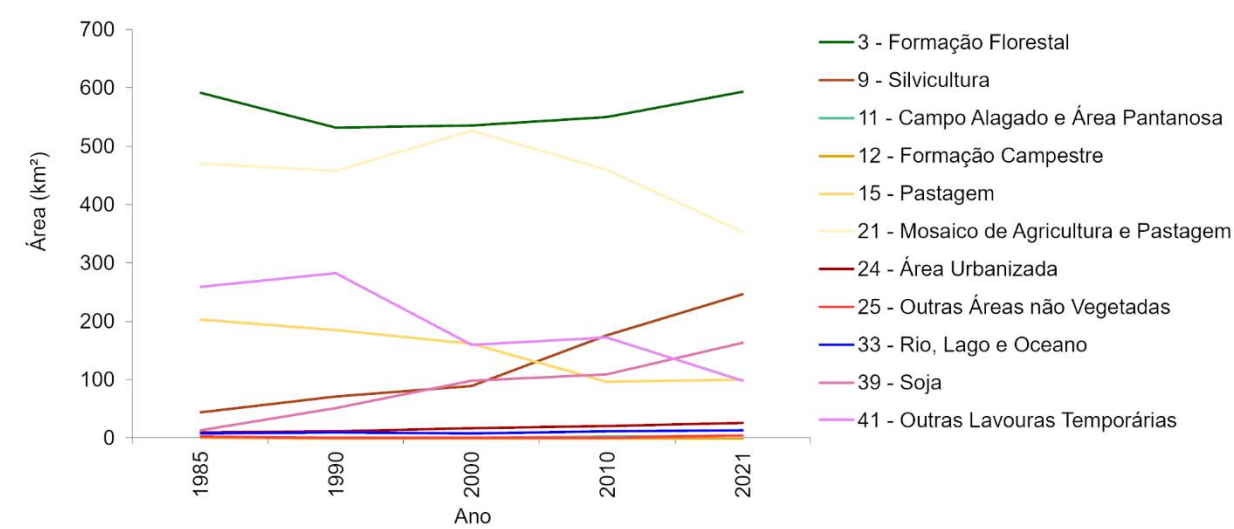


Figura: Variação da área do uso e ocupação do solo durante os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2021 na Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados da coleção 7.1 do Projeto MapBiomias.

Uso do Solo	1985	1990	2000	2010	2021
3 - Formação Florestal	36,93%	33,25%	33,52%	34,40%	37,10%
9 - Silvicultura	2,72%	4,41%	5,60%	11,04%	15,39%
11 - Campo Alagado e Área Pantanosa	0,07%	0,00%	0,07%	0,19%	0,28%
12 - Formação Campestre	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15 - Pastagem	12,68%	11,57%	10,10%	5,97%	6,23%
21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem	29,42%	28,64%	32,89%	28,76%	22,03%
24 - Área Urbanizada	0,55%	0,75%	1,07%	1,29%	1,66%
25 - Outras Áreas não Vegetadas	0,14%	0,05%	0,07%	0,07%	0,23%
33 - Rio, Lago e Oceano	0,48%	0,57%	0,53%	0,75%	0,79%
39 - Soja	0,82%	3,15%	6,19%	6,77%	10,17%
41 - Outras Lavouras Temporárias	16,20%	17,61%	9,97%	10,75%	6,10%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela: Variação percentual do uso e ocupação do solo durante os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2021 na Bacia Hidrográfica do Rio Irani - SC, dados da coleção 7.1 do Projeto MapBiomias.

Legenda

- 3 - Formação Florestal

9 - Silvicultura

11 - Campo Alagado e Área Pantanosa

12 - Formação Campestre

15 - Pastagem

21 - Mosaico de Agricultura e Pastagem
- 24 - Área Urbanizada

25 - Outras Áreas não Vegetadas

33 - Rio, Lago e Oceano

39 - Soja

41 - Outras Lavouras Temporárias

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

Base Cartográfica

Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).
Projeto MapBiomias – Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil

Elaboração

Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental

Escala Gráfica

Indicada

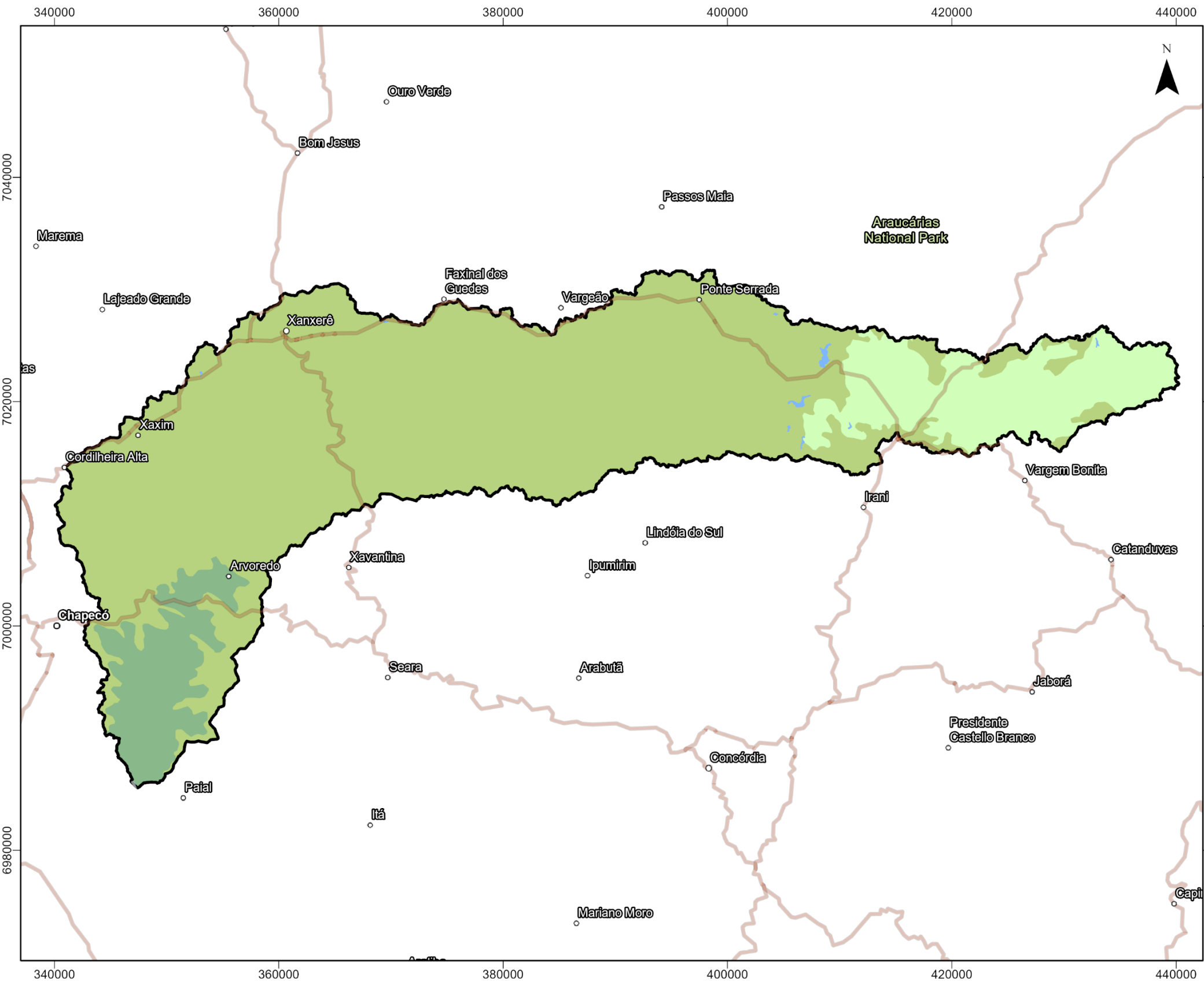
Escala Numérica

Indicada

Referência Espacial

Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S





Classificação da Vegetação	Área (km²)	Área (%)
Floresta Estacional Decidual	123,11	7,69%
Floresta Ombrófila Mista	1.265,60	79,11%
Contato (Ecótono e Enclave)	208,51	13,03%
Corpo d'água continental	2,66	0,17%
Total	1.599,88	100,00%

Fonte do Dado: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de Informações Ambientais - BDIA: Vegetação**. Disponível em:< <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home> >. Acesso em: 08 Mai. 2023.

Legenda

 Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²

Classificação da Vegetação

 Floresta Estacional Decidual

 Floresta Ombrófila Mista

 Contato (Ecótono e Enclave)

 Corpo d'água continental

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo

MAPA DE VEGETAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

Base Cartográfica

Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

Banco de Informações Ambientais - BDIA IBGE

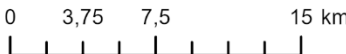
Elaboração

Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental



INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Escala Gráfica

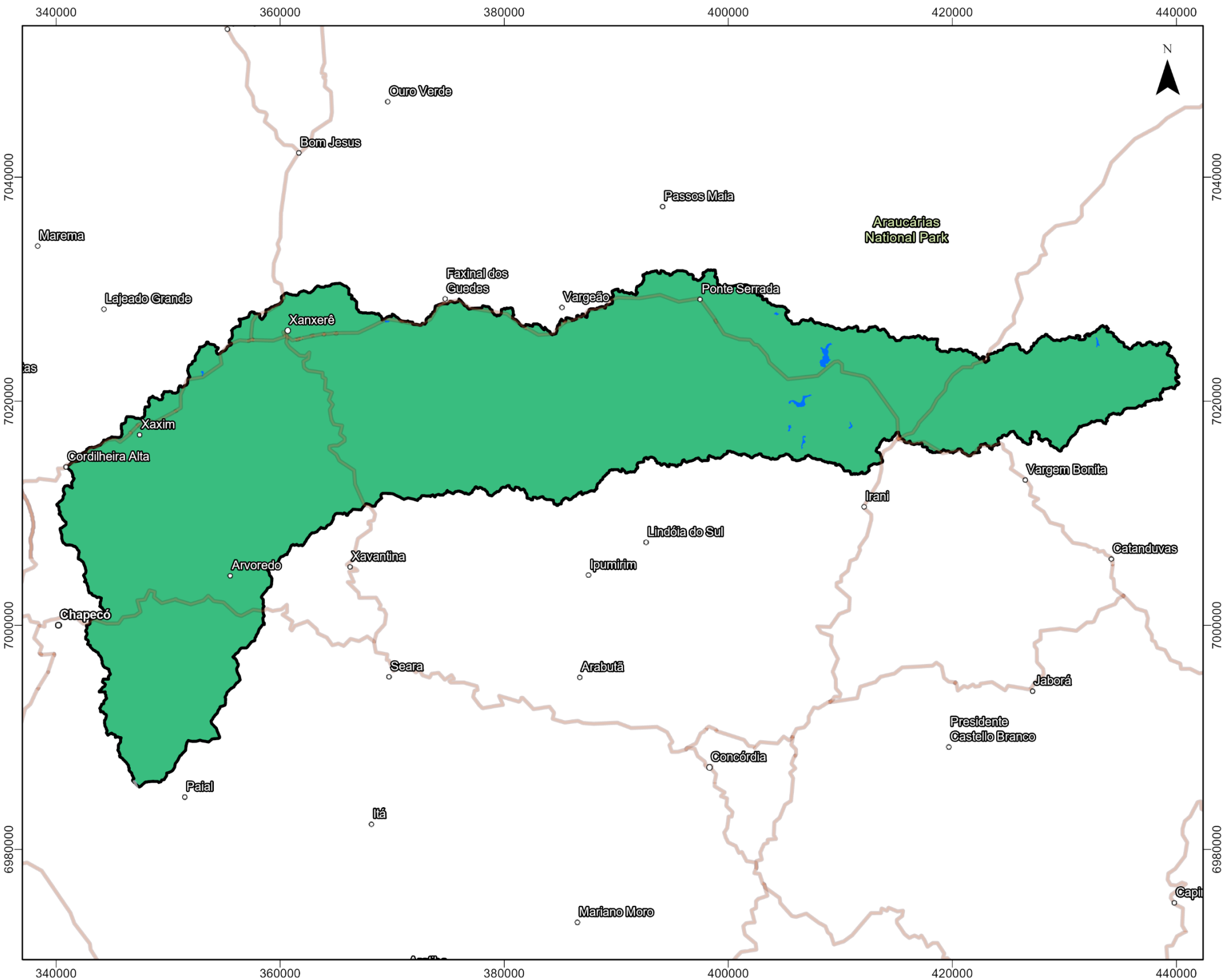


Escala Numérica

1:390.000

Referência Espacial

Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S



Subprovíncias Estruturais	Área (km²)	Área (%)
Corpo d'água continental	2,66	0,17%
Serra Geral	1.597,22	99,83%
Total	1.599,88	100,00%

Fonte do Dado: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de Informações Ambientais - BDIA: Geologia.** Disponível em:< <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home> >. Acesso em: 08 Mai. 2023.

Legenda

- Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²
- Subprovíncias Estruturais
 - Serra Geral
 - Corpo d'água continental

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo
SUBPROVÍNCIAS ESTRUTURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

Base Cartográfica
Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

Banco de Informações Ambientais - BDIA IBGE

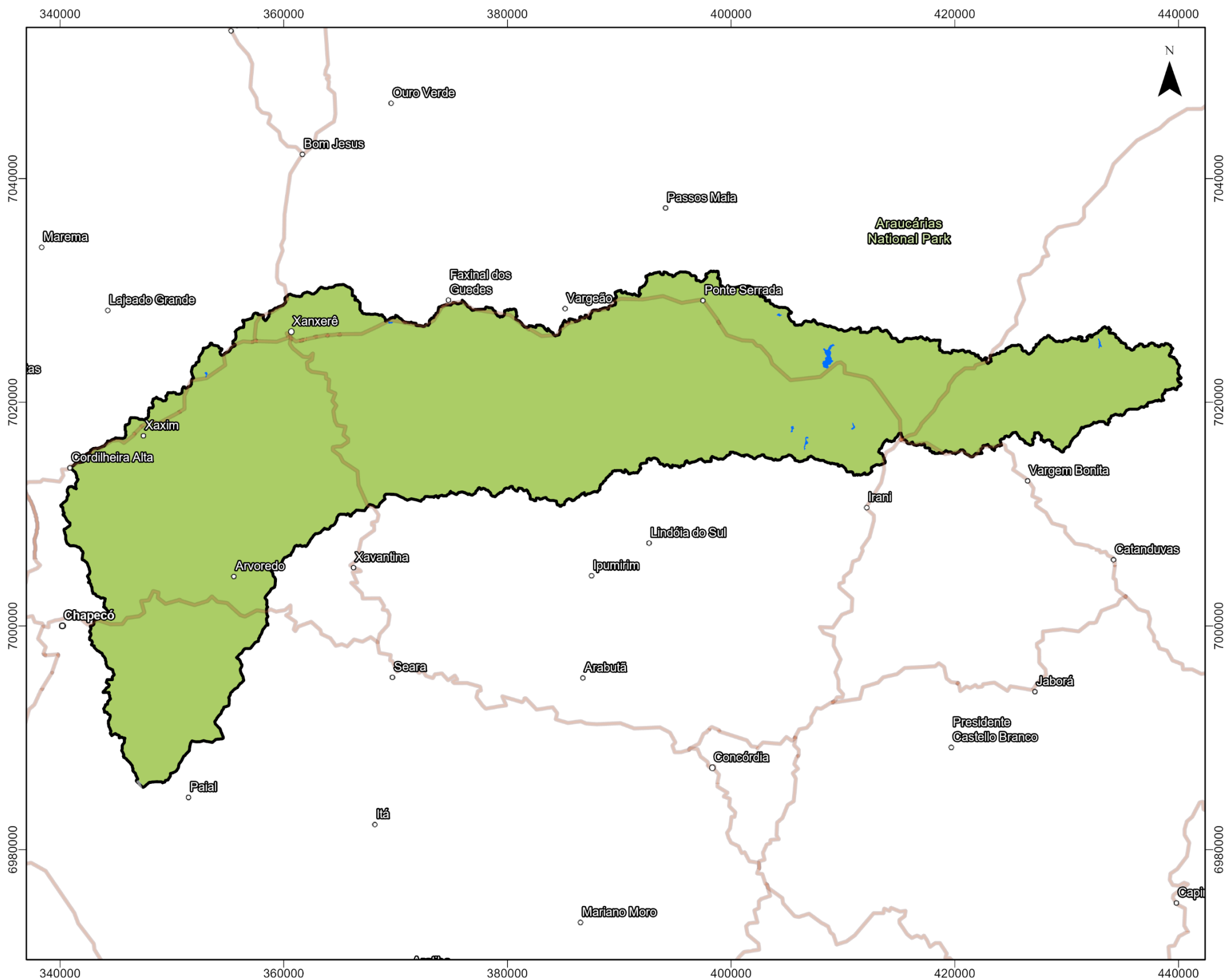
Elaboração
Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental



Escala Gráfica 0 3,75 7,5 15 km

Escala Numérica 1:390.000

Referência Espacial
Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S



Geomorfologia (domínio)	Área (km²)	Área (%)
Corpo d'água continental	2,66	0,17%
Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas	1.597,22	99,83%
Total	1.599,88	100,00%

Fonte do Dado: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de Informações Ambientais - BDIA: Geomorfologia.** Disponível em:< <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home> >. Acesso em: 08 Mai. 2023.

Legenda

- Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²
- Geomorfologia (domínio)
- Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas
- Corpo d'água continental

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo
DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

Base Cartográfica
Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

Banco de Informações Ambientais - BDIA IBGE

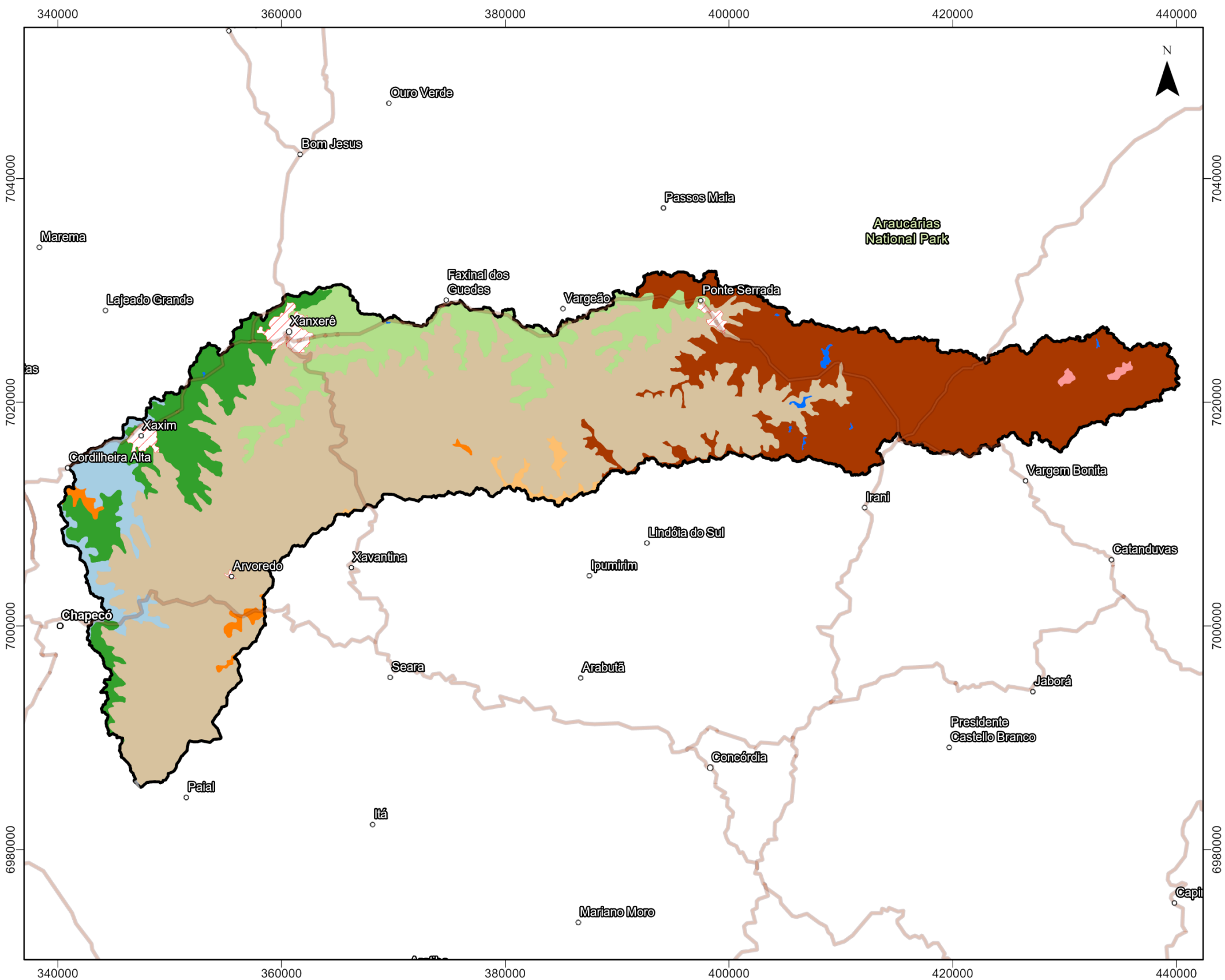
Elaboração
Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental

Escala Gráfica 0 3,75 7,5 15 km

Escala Numérica
1:390.000

Referência Espacial
Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S





Pedologia	Área (km²)	Área (%)
Área Urbana	20,01	1,25%
Corpo d'água continental	2,66	0,17%
CXvef - Cambissolo Háplico Ta Eutroférico	49,29	3,08%
LBa - Latossolo Bruno Alumínico	135,98	8,50%
LVaf - Latossolo Vermelho Aluminoférico	115,22	7,20%
NBaf - Nitossolo Bruno Aluminoférico	3,08	0,19%
NBd - Nitossolo Bruno Distrófico	383,75	23,99%
NVdf - Nitossolo Vermelho Distrófico	10,65	0,67%
NVef - Nitossolo Vermelho Eutroférico	10,02	0,63%
RLd - Neossolo Litólico Distrófico	0,00	0,00%
RLm - Neossolo Litólico Chernossólico	869,21	54,33%
Total	1.599,88	100,00%

Fonte do Dado: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Banco de Informações Ambientais - BDIA: Pedologia. Disponível em:< <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>. Acesso em: 08 Mai. 2023.

Legenda

- Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²
- Pedologia
- Área Urbana
- Corpo d'água continental
- CXvef - Cambissolo Háplico Ta Eutroférico
- LBa - Latossolo Bruno Alumínico
- LVaf - Latossolo Vermelho Aluminoférico

- NBaf - Nitossolo Bruno Aluminoférico
- NBd - Nitossolo Bruno Distrófico
- NVdf - Nitossolo Vermelho Distrófico
- NVef - Nitossolo Vermelho Eutroférico
- RLd - Neossolo Litólico Distrófico
- RLm - Neossolo Litólico Chernossólico

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo

MAPA DE PEDOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRANI

Base Cartográfica

Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

Banco de Informações Ambientais - BDIA IBGE

Elaboração

Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental



Escala Gráfica 0 3,75 7,5 15 km

Escala Numérica 1:390.000

Referência Espacial

Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S

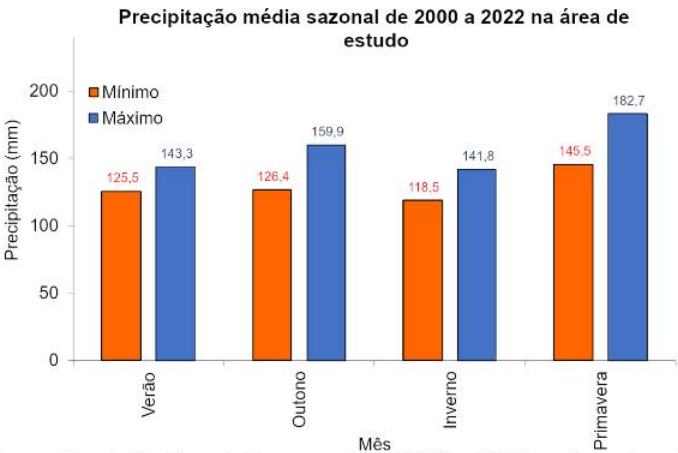
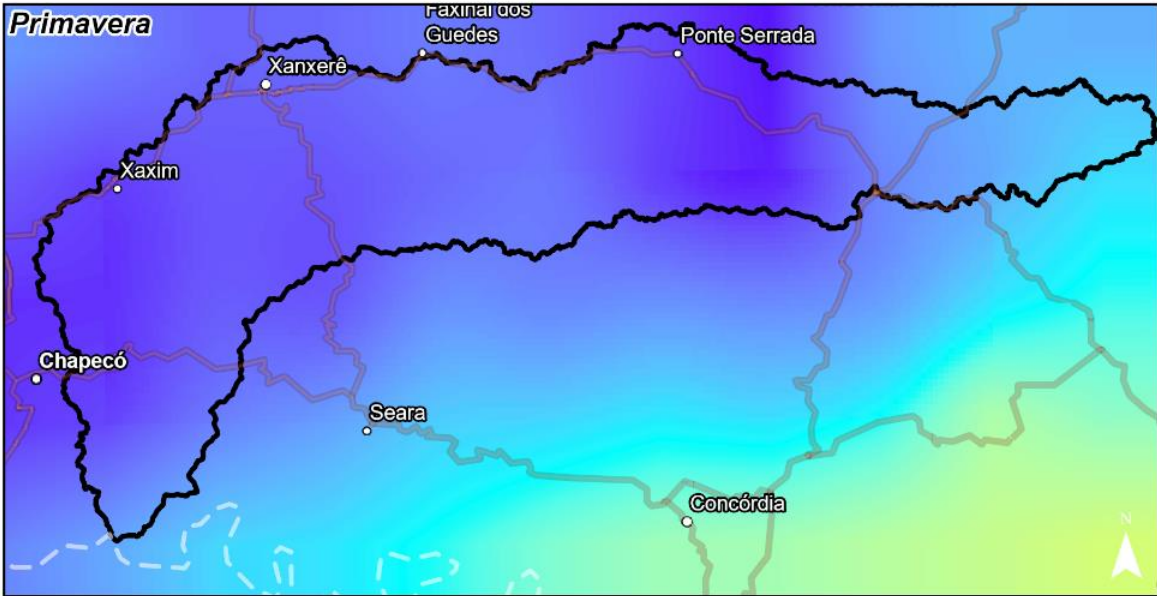
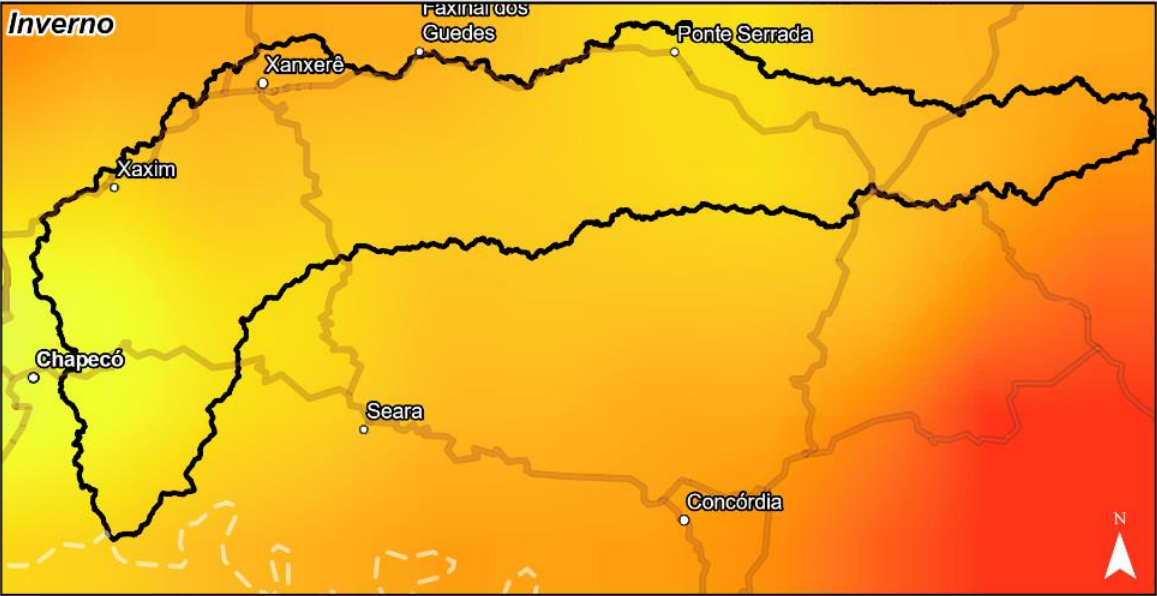
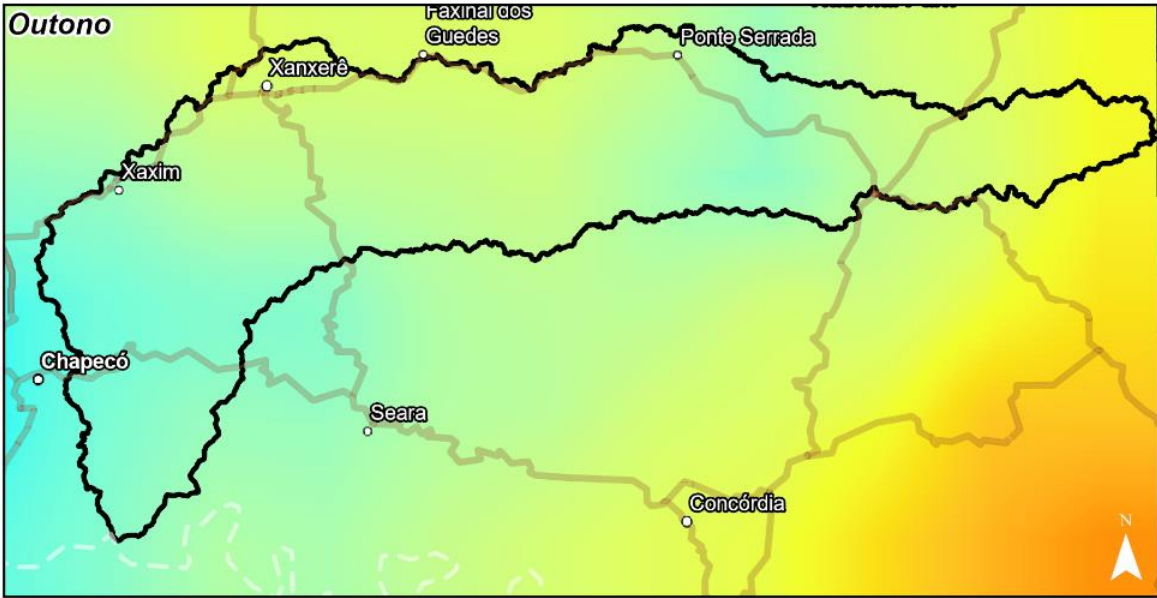
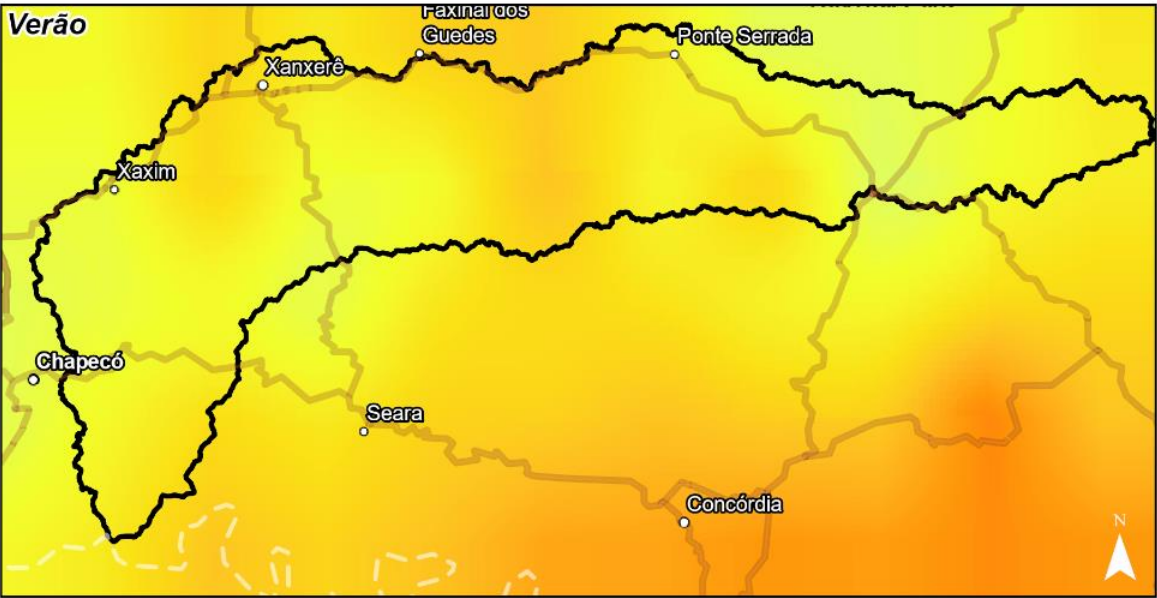


Figura: Precipitação média sazonal de 2000 a 2022 na área de estudo. Informações geradas a partir do produto MERGE - CPTEC/INPE.



Legenda



Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²

Precipitação (mm)



183

118

MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo

PRECIPITAÇÃO MÉDIA SAZONAL DE 2000 a 2022 - B.H. RIO IRANI / SC

Base Cartográfica

Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

Elaboração
Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental

Escala Gráfica



Escala Numérica

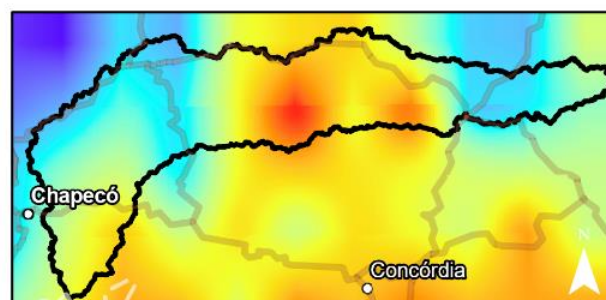
1:675.000

Referência Espacial

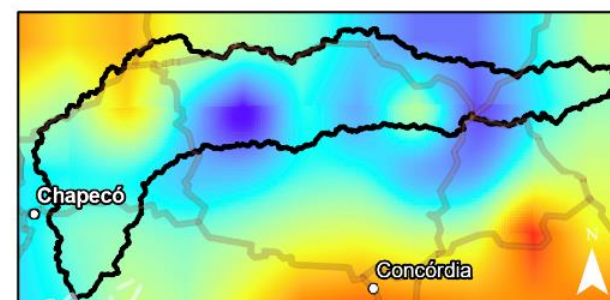
Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S



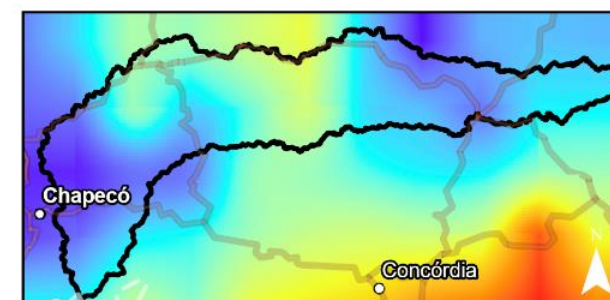
INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina



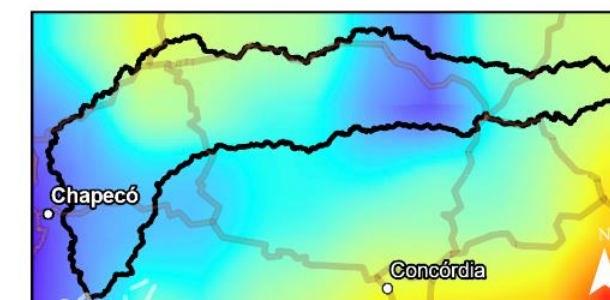
Janeiro
Precipitação (mm)
164,051
143,256



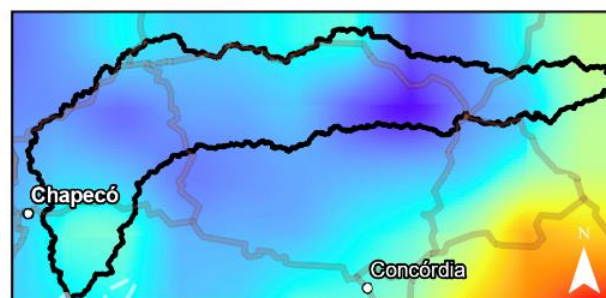
Fevereiro
Precipitação (mm)
135,534
112,403



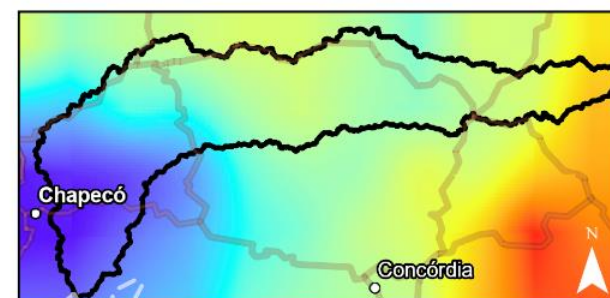
Março
Precipitação (mm)
141,523
116,358



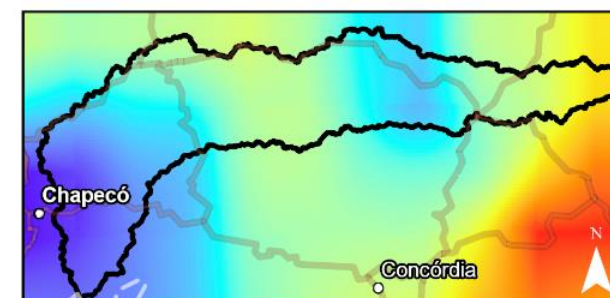
Abril
Precipitação (mm)
150,27
113,855



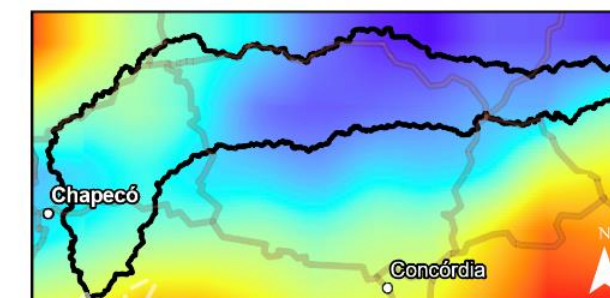
Maio
Precipitação (mm)
164,327
135,656



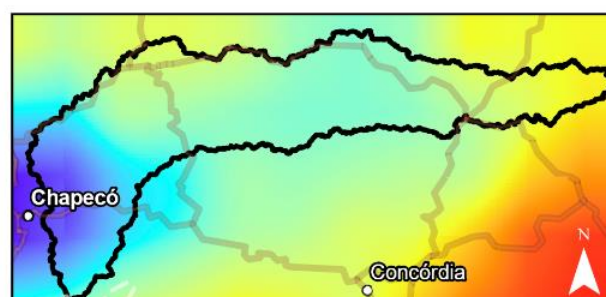
Junho
Precipitação (mm)
171,791
127,274



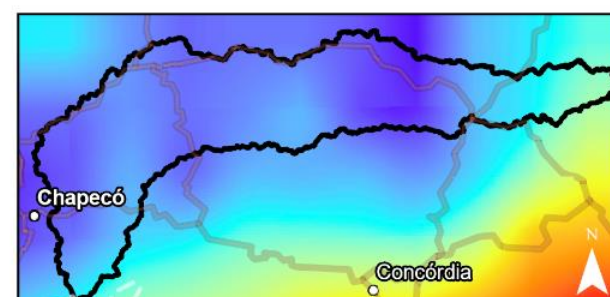
Julho
Precipitação (mm)
134,095
107,948



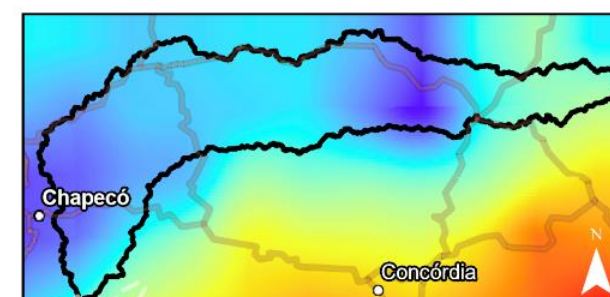
Agosto
Precipitação (mm)
119,318
101,046



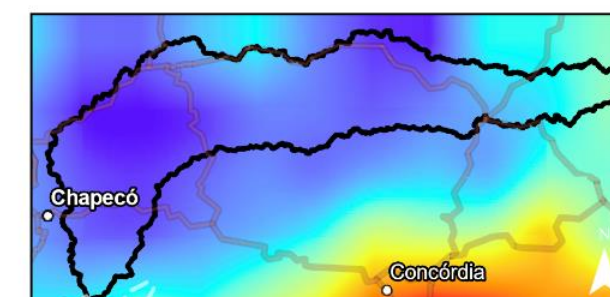
Setembro
Precipitação (mm)
176,198
143,522



Outubro
Precipitação (mm)
230,848
182,997



Novembro
Precipitação (mm)
159,28
118,723



Dezembro
Precipitação (mm)
161,916
130,226

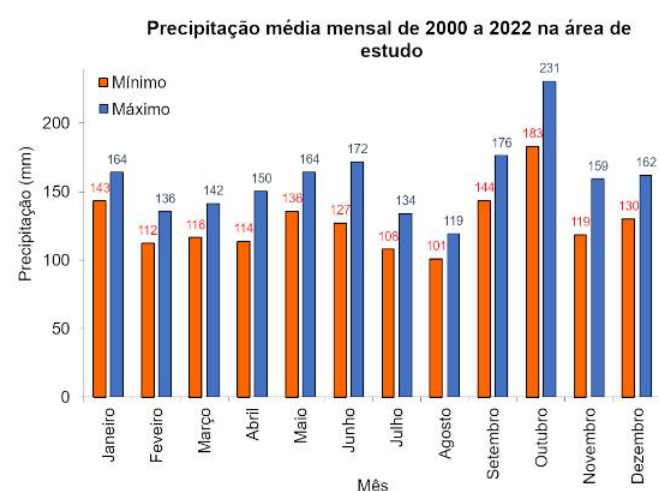


Figura: Precipitação média mensal de 2000 a 2020 na área de estudo.
Informações geradas a partir do produto MERGE - CPTEC/INPE.



MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo

MAPAS DE PRECIP. MÉDIA MENSAL DE 2000 a 2020 - B.H. RIO IRANI / SC

Base Cartográfica

Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

Informações de precipitação geradas a partir do produto MERGE - CPTEC/INPE.

Elaboração

Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental



Escala Gráfica 0 12,5 25 50 km

Escala Numérica 1:1.295.000

Referência Espacial

Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S

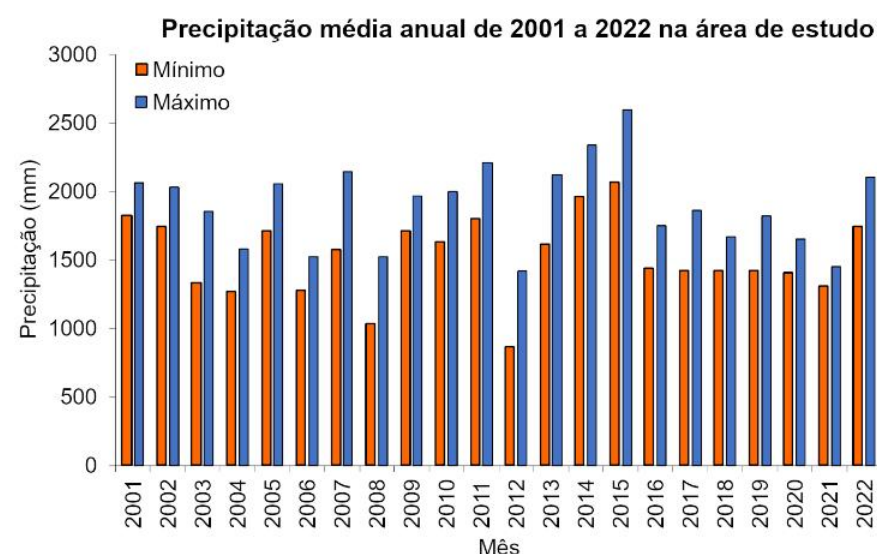
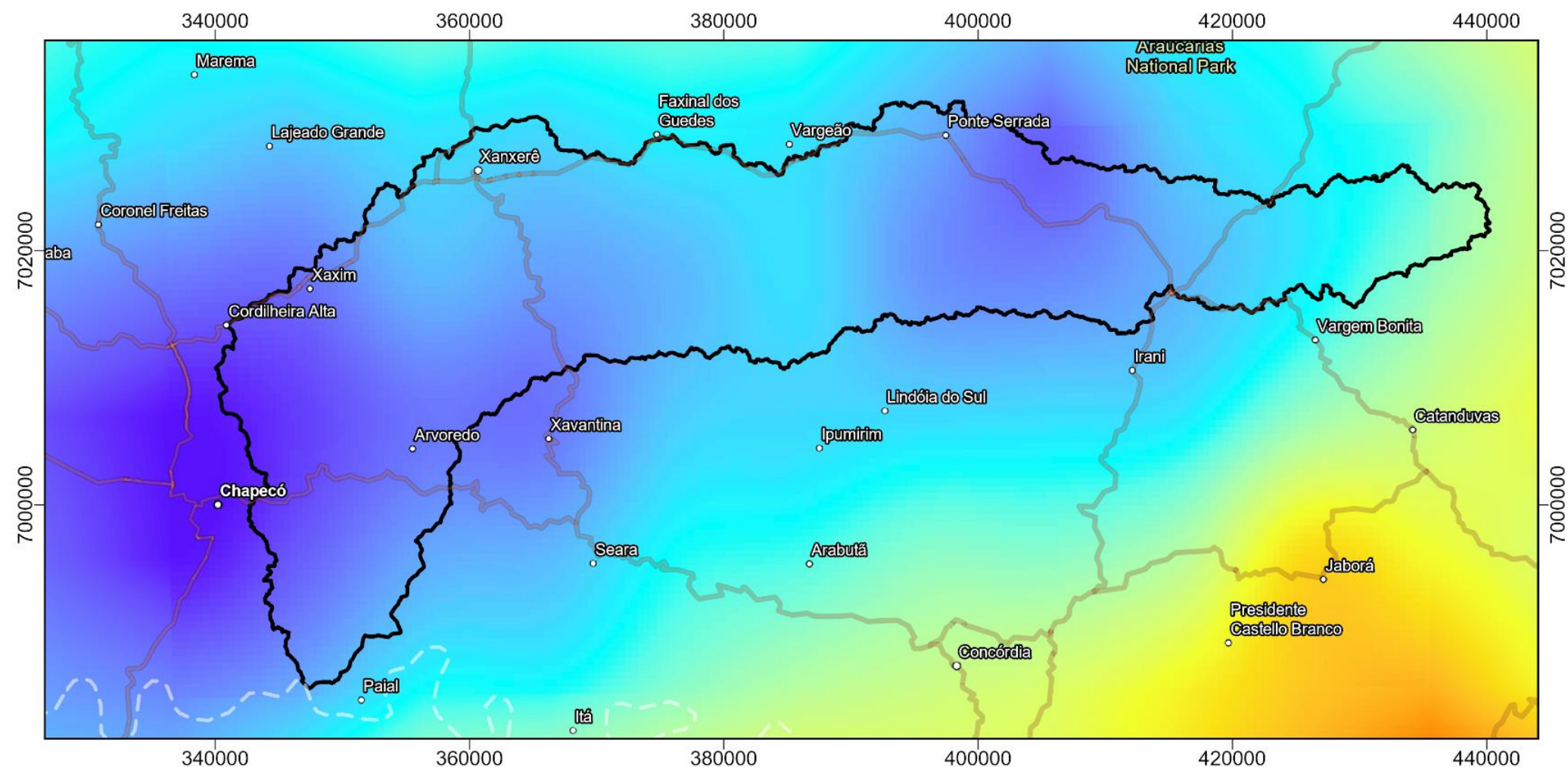


Figura: Precipitação média anual de 2001 a 2022 na área de estudo.
Informações geradas a partir do produto MERGE - CPTEC/INPE.



Legenda

 Bacia Hidrográfica do Rio Irani - 1.599,88 km²

Precipitação (mm)



MESTRADO PROFISSIONAL EM CLIMA E AMBIENTE - PCAM

Conteúdo

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DE 2001 a 2022 - B.H. RIO IRANI / SC

Base Cartográfica

Limite geográfico da bacia hidrográfica e demais dados gerados a partir do MDE SRTM (USGS, 2011).

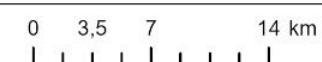
Informações de precipitação geradas a partir do produto MERGE - CPTEC/INPE.

Elaboração

Pedro Cardoso de Sales Filho
Engenheiro Sanitarista e Ambiental



Escala Gráfica



Escala Numérica

1:450.000

Referência Espacial

Datum: Sirgas 2000
Projeção UTM - Zona 22S

ANEXO A – PERÍODOS DE ZCAS (ROSA et al, 2020)

Count	Initial day	Final day	Episode length	Mean OLR (W/m ²)	Mean OLR over ocean (W/m ²)	Area (x10 ⁶ km ²)	Area over ocean (x10 ⁶ km ²)
1	04JAN1986	12JAN1986	9	197.6086	203.6955	88.935	21.1347
2	18JAN1986	23JAN1986	6	200.4029	206.1297	94.5615	24.9663
3	02FEB1986	05FEB1986	4	199.3949	205.6131	97.284	23.7765
4	17FEB1986	20FEB1986	4	192.4855	205.1059	103.7575	15.3368
5	18OCT1986	22OCT1986	5	206.7866	210.1555	75.4072	25.3616
6	11NOV1986	14NOV1986	4	202.949	201.3701	69.6355	24.7445
7	17DEC1986	20DEC1986	4	199.6668	205.9636	89.6005	22.385
8	22DEC1986	29DEC1986	8	195.4178	199.4754	108.7034	31.8684
9	11JAN1987	14JAN1987	4	200.6393	206.5627	105.4818	29.3727
10	24JAN1987	30JAN1987	7	194.6725	200.527	89.4709	21.3997
11	01FEB1987	04FEB1987	4	202.492	211.3947	80.4347	21.5078
12	07MAR1987	13MAR1987	7	193.5865	199.51	101.6054	33.2404
13	16NOV1987	20NOV1987	5	197.8723	200.1928	94.501	36.2758
14	26NOV1987	29NOV1987	4	196.2678	197.8277	98.8872	36.0883
15	21DEC1987	24DEC1987	4	196.8861	187.0447	92.1718	39.1435
16	29DEC1987	03JAN1988	6	198.1017	202.2208	104.4835	32.912
17	06JAN1988	12JAN1988	7	195.3979	197.7923	92.323	25.7039
18	05FEB1988	10FEB1988	6	199.1837	202.9806	96.1345	26.7612
19	16FEB1988	20FEB1988	5	195.101	200.1107	95.6142	25.652
20	12OCT1988	15OCT1988	4	200.8677	203.3011	87.0897	41.8357
21	31OCT1988	10NOV1988	11	198.6701	201.4515	75.152	24.376
22	20DEC1988	08JAN1989	20	196.3004	203.687	99.6677	22.627
23	12JAN1989	16JAN1989	5	199.6267	201.8848	101.4222	24.9744
24	08FEB1989	13FEB1989	6	195.2908	201.3031	95.3682	21.3565
25	07MAR1989	16MAR1989	10	193.3317	200.266	104.5077	26.741
26	27NOV1989	30NOV1989	4	199.7968	206.3585	90.4475	22.627
27	02DEC1989	05DEC1989	4	189.3967	190.184	104.2415	40.1115
28	30DEC1989	03JAN1990	5	196.7249	197.3749	107.8594	34.6544
29	05JAN1990	12JAN1990	8	198.2574	204.6699	91.2491	21.0843
30	14JAN1990	17JAN1990	4	209.0207	215.0031	76.472	17.908
31	13FEB1990	17FEB1990	5	192.0884	194.4378	108.416	33.9284
32	14OCT1990	19OCT1990	6	202.2249	208.3445	84.6597	22.2438
33	28DEC1990	31DEC1990	4	199.7711	204.1947	107.8715	31.3995
34	04JAN1991	07JAN1991	4	193.8831	197.532	104.9373	30.0987

35	14JAN1991	18JAN1991	5	194.1834	198.1632	100.4784	28.7012
36	25JAN1991	28JAN1991	4	197.2272	196.6921	109.142	37.4192
37	25MAR1991	30MAR1991	6	195.4716	198.475	90.508	29.2618
38	13NOV1991	16NOV1991	4	198.5655	204.7805	116.765	47.2807
39	18NOV1991	21NOV1991	4	199.3521	196.614	98.494	33.7893
40	12JAN1992	15JAN1992	4	187.1077	194.6124	120.153	35.3017
41	24FEB1992	04MAR1992	10	199.8404	203.3676	83.0423	22.2761
42	29NOV1992	02DEC1992	4	198.3833	203.8935	100.8233	31.097
43	10DEC1992	15DEC1992	6	197.3593	199.386	98.6957	33.8397
44	17DEC1992	21DEC1992	5	202.1745	206.6683	80.7312	25.7246
45	19JAN1993	23JAN1993	5	201.3014	200.0311	102.0756	27.2008
46	15FEB1993	18FEB1993	4	197.1646	201.6202	78.3173	18.392
47	20FEB1993	27FEB1993	8	198.7688	200.4316	81.9926	22.8388
48	19MAR1993	28MAR1993	10	201.8916	206.7239	88.7898	19.4689
49	25NOV1993	28NOV1993	4	196.1737	197.163	108.537	33.6985
50	18DEC1993	24DEC1993	7	195.057	204.2047	86.394	19.2563
51	29DEC1993	06JAN1994	9	198.2711	199.2317	90.4004	23.1513
52	09JAN1994	14JAN1994	6	192.9293	198.5011	88.7333	23.1917
53	26JAN1994	29JAN1994	4	197.2146	204.1535	92.0205	18.4222
54	22FEB1994	25FEB1994	4	199.6844	200.4486	109.9285	35.7858
55	02MAR1994	10MAR1994	9	197.0775	197.107	86.8108	24.3076
56	17NOV1994	25NOV1994	9	194.529	203.0633	88.8947	24.2538
57	28NOV1994	01DEC1994	4	199.7402	207.5981	92.2322	25.9847
58	17DEC1994	20DEC1994	4	199.405	196.8609	109.989	37.9637
59	29DEC1994	01JAN1995	4	195.1155	203.93	95.953	22.627
60	28JAN1995	01FEB1995	5	197.5299	200.2003	95.8804	23.8854
61	03FEB1995	08FEB1995	6	190.0867	201.973	104.907	30.4517
62	15FEB1995	21FEB1995	7	201.1126	212.3073	85.184	13.7594
63	13OCT1995	16OCT1995	4	195.78	197.7262	71.874	33.5775
64	28OCT1995	04NOV1995	8	202.0728	202.7637	64.3266	23.7311
65	12DEC1995	19DEC1995	8	196.6865	208.275	75.0956	20.2221
66	25DEC1995	03JAN1996	10	198.294	197.6325	104.3262	31.1212
67	06JAN1996	10JAN1996	5	202.1154	209.5806	90.0966	22.264
68	16FEB1996	22FEB1996	7	198.5494	198.6922	85.9619	22.4023
69	01MAR1996	05MAR1996	5	196.5951	205.2992	108.8274	27.225
70	21NOV1996	26NOV1996	6	195.7614	196.0667	87.846	31.4802

71	20DEC1996	25DEC1996	6	199.7201	202.9096	103.3945	27.6283
72	02JAN1997	05JAN1997	4	190.2091	192.7955	96.8605	30.1593
73	20JAN1997	26JAN1997	7	193.8192	201.8713	101.4153	21.6244
74	15FEB1997	18FEB1997	4	199.036	201.925	90.8105	21.2052
75	27FEB1997	04MAR1997	6	192.8454	192.0733	108.9807	35.0497
76	13NOV1997	18NOV1997	6	200.4724	206.922	95.5093	26.5393
77	07JAN1998	10JAN1998	4	201.4374	203.9465	107.811	34.485
78	09FEB1998	16FEB1998	8	200.3811	202.2336	82.401	22.5362
79	09NOV1998	14NOV1998	6	198.1553	194.4483	99.1998	35.4732
80	19NOV1998	23NOV1998	5	196.4388	200.4094	87.4588	25.3616
81	25NOV1998	28NOV1998	4	196.1899	204.0035	95.106	28.193
82	01DEC1998	09DEC1998	9	196.7982	199.1893	88.0073	25.3024
83	16DEC1998	19DEC1998	4	201.4864	202.4761	101.3678	39.2343
84	22DEC1998	26DEC1998	5	199.5967	207.9812	71.0996	14.5926
85	01JAN1999	08JAN1999	8	193.275	200.5242	108.779	29.8416
86	03MAR1999	06MAR1999	4	193.5092	191.222	107.1455	23.6857
87	12NOV1999	16NOV1999	5	201.1949	202.0897	62.0246	24.926
88	23NOV1999	28NOV1999	6	199.997	201.7536	96.0337	43.0558
89	03DEC1999	10DEC1999	8	200.7012	209.4975	89.3434	23.8521
90	12DEC1999	15DEC1999	4	195.5792	201.0342	107.3875	34.364
91	30DEC1999	07JAN2000	9	193.9961	200.7666	102.8366	27.2519
92	25JAN2000	29JAN2000	5	199.4103	202.4391	96.1224	24.0548
93	15FEB2000	19FEB2000	5	200.7705	199.1058	100.2364	25.047
94	14NOV2000	18NOV2000	5	195.7354	206.1961	70.2526	22.9174
95	04DEC2000	07DEC2000	4	196.8856	198.8472	110.11	39.7788
96	18FEB2001	21FEB2001	4	198.6517	201.7117	103.455	21.417
97	01NOV2001	05NOV2001	5	196.6425	196.1418	98.3488	39.9058
98	15NOV2001	19NOV2001	5	198.7646	203.0109	89.5158	31.6294
99	28NOV2001	01DEC2001	5	199.3477	205.4064	110.1584	37.5584
100	05DEC2001	20DEC2001	16	198.0019	201.2315	88.9577	28.798
101	22DEC2001	28DEC2001	7	198.1945	204.4977	79.255	15.9029
102	07JAN2002	12JAN2002	6	194.3705	202.4665	90.6693	28.4753
103	02FEB2002	05FEB2002	4	196.1198	193.9542	89.3888	25.1378
104	16FEB2002	25FEB2002	10	199.2893	201.4247	97.9132	30.0201
105	24DEC2002	27DEC2002	4	198.4811	203.7779	85.4865	24.321
106	04JAN2003	08JAN2003	5	201.3786	199.8923	77.7062	28.556

107	11JAN2003	19JAN2003	9	196.1007	200.7477	96.2757	27.1578
108	24JAN2003	02FEB2003	10	199.3443	202.0867	85.0509	20.2675
109	11OCT2003	15OCT2003	5	203.7129	204.7186	65.6546	24.6598
110	02NOV2003	05NOV2003	4	197.3226	203.2194	67.1248	22.4455
111	18NOV2003	21NOV2003	4	201.1627	206.3137	87.0595	29.9172
112	24NOV2003	28NOV2003	5	198.5601	201.764	87.0958	26.2328
113	31DEC2003	04JAN2004	5	198.1968	196.8484	90.2176	21.8768
114	11JAN2004	18JAN2004	8	187.3062	192.7682	120.0471	41.3064
115	05FEB2004	11FEB2004	7	198.7286	196.838	98.5286	28.9363
116	15FEB2004	24FEB2004	10	192.862	199.3598	93.0248	22.8085
117	14MAR2004	24MAR2004	11	197.8565	195.2376	97.702	32.857
118	16NOV2004	20NOV2004	5	197.4618	198.0276	99.825	41.9144
119	07DEC2004	13DEC2004	7	200.8882	201.2877	92.7897	32.186
120	21DEC2004	25DEC2004	5	196.7028	202.9476	97.4292	33.638
121	03JAN2005	07JAN2005	5	199.517	204.9998	83.248	28.6044
122	16JAN2005	21JAN2005	6	192.2986	199.7557	94.501	27.3863
123	25JAN2005	28JAN2005	4	198.7689	211.8531	89.5097	19.2087
124	13FEB2005	17FEB2005	5	195.6451	196.374	106.9398	37.873
125	26FEB2005	05MAR2005	8	195.6744	198.7281	89.9181	23.8672
126	16OCT2005	19OCT2005	4	206.3813	209.727	85.6377	33.7893
127	11DEC2005	15DEC2005	5	195.0444	195.9799	90.3386	27.1282
128	17DEC2005	21DEC2005	5	203.1179	204.0207	100.8656	32.5974
129	24DEC2005	29DEC2005	6	195.5481	200.5198	92.3028	20.8322
130	22JAN2006	02FEB2006	12	202.1614	204.4134	87.0595	22.4556
131	16FEB2006	19FEB2006	4	196.9216	199.8321	81.1607	23.8975
132	07MAR2006	11MAR2006	5	198.6933	201.8755	92.4924	26.2328
133	15MAR2006	18MAR2006	4	194.237	208.0436	83.369	9.317
134	27NOV2006	01DEC2006	5	196.9878	200.0464	101.6642	29.645
135	06DEC2006	12DEC2006	7	195.2642	198.0075	96.8864	26.6719
136	12JAN2007	18JAN2007	7	200.5952	200.2007	105.6676	27.4324
137	11FEB2007	15FEB2007	5	192.1594	187.2909	103.3098	34.5092
138	02NOV2007	07NOV2007	6	200.8732	207.0107	81.554	27.5275
139	27NOV2007	02DEC2007	6	194.9722	197.3904	104.1205	37.1672
140	06DEC2007	09DEC2007	4	196.6445	205.4828	91.7785	20.812
141	20DEC2007	23DEC2007	4	200.4643	201.2646	78.8012	27.6788
142	11JAN2008	14JAN2008	4	199.6073	212.2492	94.5918	16.577

143	03FEB2008	06FEB2008	4	196.6608	208.305	73.1142	13.0075
144	10FEB2008	13FEB2008	4	204.6879	212.2928	81.2212	18.513
145	22FEB2008	29FEB2008	8	194.7158	194.0756	121.4991	32.8515
146	05MAR2008	08MAR2008	4	193.6588	212.867	78.9525	3.4787
147	13MAR2008	17MAR2008	5	195.2739	200.2833	97.3324	28.4592
148	17NOV2008	23NOV2008	7	198.4389	200.236	74.8126	26.0496
149	03DEC2008	07DEC2008	5	200.447	206.7129	74.052	22.0462
150	11DEC2008	21DEC2008	11	194.7379	201.1854	95.249	26.73
151	24DEC2008	28DEC2008	5	194.2893	194.2536	100.8414	29.04
152	31DEC2008	08JAN2009	9	199.0753	205.767	96.3832	29.0266
153	17JAN2009	21JAN2009	5	195.0054	204.3126	114.829	32.307
154	23JAN2009	30JAN2009	8	193.0491	204.7801	87.7553	14.1116
155	12FEB2009	17FEB2009	6	193.3172	201.7428	98.736	19.5617
156	12MAR2009	16MAR2009	5	196.957	198.33	92.8796	26.2086
157	20MAR2009	27MAR2009	8	196.2536	199.7944	101.7005	24.2151
158	17JAN2010	24JAN2010	8	200.6958	200.5266	74.0823	16.2745
159	25NOV2010	06DEC2010	12	197.9318	203.0292	92.1919	30.9155
160	13DEC2010	17DEC2010	5	191.6352	204.3342	95.4206	25.2648
161	22DEC2010	25DEC2010	4	204.3367	202.4815	92.1718	22.0523
162	27DEC2010	07JAN2011	12	195.923	198.1248	95.9732	24.9865
163	11JAN2011	16JAN2011	6	194.8987	197.2942	99.4217	26.3175
164	01MAR2011	11MAR2011	11	193.1949	197.4501	98.076	22.143
165	26NOV2011	29NOV2011	4	197.2991	202.4298	64.856	19.0877
166	01DEC2011	04DEC2011	4	200.5696	201.0749	78.892	32.0348
167	08DEC2011	12DEC2011	5	197.7637	195.9285	103.1888	43.9472
168	14DEC2011	21DEC2011	8	196.9629	199.9206	94.5766	35.4228
169	28DEC2011	09JAN2012	13	199.1728	198.9362	92.2988	23.9096
170	13JAN2012	18JAN2012	6	197.2255	201.9363	85.5268	18.2105
171	26JAN2012	29JAN2012	4	198.6451	202.3672	88.0275	19.1785
172	15MAR2012	19MAR2012	5	201.3706	197.0865	80.3198	22.3608
173	03NOV2012	06NOV2012	4	197.3651	196.3945	86.1822	23.2018
174	13NOV2012	19NOV2012	7	197.1188	199.7879	89.782	27.3633
175	25NOV2012	28NOV2012	4	200.4104	208.4313	81.6448	24.8352
176	28DEC2012	31DEC2012	4	202.4975	202.73	90.992	20.9028
177	06JAN2013	19JAN2013	14	196.6634	197.0473	91.9081	25.5137
178	26JAN2013	29JAN2013	4	192.7054	212.0655	79.0735	17.303

179	04FEB2013	13FEB2013	10	192.8453	203.2196	93.0853	20.7273
180	26FEB2013	01MAR2013	4	202.5954	202.8459	81.1003	17.6055
181	15MAR2013	19MAR2013	5	193.8379	212.9142	99.583	21.9978
182	25MAR2013	28MAR2013	4	198.91	201.4204	94.38	39.7485
183	04NOV2013	07NOV2013	4	200.2362	206.8987	80.949	26.62
184	10DEC2013	26DEC2013	17	194.358	197.1717	94.0842	28.5426
185	12JAN2014	20JAN2014	9	199.9125	202.8262	89.6879	19.239
186	05MAR2014	09MAR2014	5	193.9214	197.9447	93.7024	24.2968
187	20MAR2014	24MAR2014	5	195.083	198.288	88.2574	22.6028
188	08NOV2014	11NOV2014	4	194.8061	197.6976	85.6983	30.6432
189	14NOV2014	18NOV2014	5	198.3352	197.6483	87.3862	36.905
190	09DEC2014	13DEC2014	5	200.096	204.4512	94.6462	23.1352
191	06FEB2015	09FEB2015	4	191.5129	199.9841	98.5242	26.862
192	13FEB2015	17FEB2015	5	196.5512	198.6043	100.0428	24.1758
193	16MAR2015	20MAR2015	5	195.3174	206.0198	95.981	17.8652
194	08OCT2015	11OCT2015	4	197.8346	192.5467	99.7343	44.2255
195	08DEC2015	11DEC2015	4	204.5441	207.381	61.7705	20.691
196	14JAN2016	23JAN2016	10	195.6915	198.496	92.7344	28.3866
197	28FEB2016	03MAR2016	5	196.4708	200.5676	90.3386	26.378
198	29DEC2016	01JAN2017	4	200.1817	206.0365	94.1683	14.2175
199	17JAN2017	21JAN2017	5	194.1479	201.8453	89.2012	19.7956
200	25JAN2017	29JAN2017	5	197.8133	204.6823	91.0888	21.2234
201	05FEB2017	08FEB2017	4	201.0372	213.8658	84.6093	11.3438
202	10NOV2017	14NOV2017	5	192.7146	195.5595	94.6220	33.5412
203	24DEC2017	30DEC2017	7	198.4281	204.5517	94.5183	19.3427
204	16JAN2018	20JAN2018	5	203.4031	210.2230	83.7562	15.0524
205	29JAN2018	06FEB2018	9	191.1402	192.4193	107.5018	33.5170
206	21FEB2018	25FEB2018	5	191.8584	204.6700	85.4260	14.5200
207	06MAR2018	13MAR2018	8	193.4572	204.6957	87.8611	16.3048
208	18NOV2018	21NOV2018	4	196.1402	197.2082	87.6948	29.1308
209	29NOV2018	03DEC2018	5	191.5526	194.0669	114.0304	41.0916
210	06DEC2018	10DEC2018	5	200.2897	207.4112	67.9052	10.7206
211	26FEB2019	03MAR2019	6	199.3957	201.7355	103.9995	31.5810
212	20MAR2019	25MAR2019	6	194.6857	192.1402	89.9030	17.9080
213	14NOV2019	20NOV2019	7	195.8547	198.5389	82.3146	25.5483
214	05DEC2019	10DEC2019	6	197.3811	200.3635	84.8613	21.6187

215	15DEC2019	18DEC2019	4	195.7856	198.3142	84.2463	22.5665
216	01JAN2020	06JAN2020	6	196.8385	202.5785	103.9188	32.1457
217	20JAN2020	25JAN2020	6	194.0850	193.9641	113.9820	39.1838
218	22FEB2020	27FEB2020	6	194.6951	203.6906	91.9197	22.5665
219	29FEB2020	06FEB2020	7	201.0655	201.3854	82.0726	24.4074
220	30OCT2020	06OCT2020	8	197.5697	200.0270	76.6838	31.2331
221	04DEC2020	07DEC2020	4	199.1783	206.0046	88.9350	17.7870
222	09DEC2020	12DEC2020	4	199.7343	206.1748	78.3778	22.1733
223	26DEC2020	30DEC2020	5	195.6313	202.7765	94.7188	23.0626
Mean			6.0224	197.4497	201.5762	92.4692	26.4543
STD			2.5102	3.3793	4.8243	11.2588	7.1657