
Clima e hidrografia do Rio Grande do Sul

2.1. Clima e os eventos extremos no Rio Grande do Sul

A Região do Sul do Brasil costuma ser palco de episódios intensos de precipitação, trazendo prejuízos às populações residentes, tanto no meio urbano quanto no meio rural. Este capítulo apresenta, de forma resumida, as condições de tempo que resultam eventos hidrometeorológicos, que geram perdas e danos econômicos e sociais. As características climáticas Rio Grande do Sul são condicionadas por distintas massas de ar, que, dependendo do período/estação do ano, têm destaque na produção de condições médias de temperatura e precipitação. A oscilação nas condições das massas de ar influencia eventos extremos.

2.1.1. Caracterização climática

Em termos climáticos, seguindo a proposta de classificação elaborada por Rossato (2011), o Rio Grande do Sul é dividido em quatro tipos, com base em um conjunto anual de precipitações, temperaturas médias, mínimas e máximas: Subtropical I: pouco úmido; Subtropical II: medianamente úmido com variações longitudinais das temperaturas médias; Subtropical III: úmido com variação longitudinal das temperaturas médias; e Subtropical IV: muito úmido (FIGURA 2.1).

A tipologia classificada como Subtropical I subdivide-se em dois, sendo Subtropical Ia, com sua gênese associada a sistemas polares e pela corrente fria das Malvinas, além de condições impostas pelo relevo (Escudo Sul-riograndense e Planície Costeira). A precipitação anual é de 1200 – 1500 mm, temperatura média anual entre 17-20°C, o mês mais frio apresenta médias de 11-14°C e o mês mais quente tem entre 20 e 26°C. O Subtropical Ib é influenciado por sistemas polares, mas também com participação de sistemas tropicais continentais, associados a efeitos de continentalidade. As precipitações

anuais estão entre 1400-1700 mm, temperatura média anual entre 20 – 23°C, com médias para o mês mais frio de 11 – 14°C e mais quente, com média de 23 – 26°C. (ROSSATO, 2011).

O Subtropical II é influenciado por sistemas polares e tropicais continentais, com crescente interferência de sistemas tropicais marítimos, com influências do relevo (Depressão Central). As médias anuais de precipitação oscilam entre 1500 – 1700 mm, as temperaturas médias anuais encontram-se na casa dos 17 – 20°C, com média para o mês mais frio e mais quente de 11 – 14°C e 23 – 26°C, respectivamente.

O Subtropical III é influenciado por sistemas polares e atuação dos sistemas tropicais conjugados com as características do relevo do rebordo do planalto (escarpas e vales). As chuvas têm médias anuais que estão por volta dos 1700 – 1800 mm, em termos de temperaturas médias anuais, no mês mais frio e no mês mais quente, tem-se 17-20°C, 11 – 14°C e 23 – 26°C, respectivamente.

O Subtropical IV subdivide-se em Subtropical IVa, com influência de massas polares e sistemas tropicais marítimos e continentais, associados a efeitos do relevo característico do Planalto Basáltico e do vale do Rio Uruguai. Possui precipitação média anual na casa dos 1700 – 1900 mm, com temperaturas médias de anuais variando entre 20 - 23°C, média do mês mais frio entre 14 – 17°C e médias do mês mais quente oscilando entre 23 – 29°C. No Subtropical IVb, tem-se as mesmas condições no que se refere aos sistemas de massas de ar, porém a influência dada pelo relevo-altitude está vinculada ao Planalto Basáltico nas porções que apresentam as maiores altitudes no Rio Grande do Sul. O Subtropical IVb é considerado o mais úmido, com médias anuais na casa dos 1700 – 2000 mm, as médias de temperatura anual, no mês mais frio e no mês mais quente, são, respectivamente, 14 – 17°C, 8 – 14°C e 17 – 23°C, constituindo as médias mais baixas para todas as tipologias analisadas.

Essas características climáticas da região do Sul do Brasil estão marcadas por encontrar-se numa zona climaticamente de transição (SARTORI, 2003). As distribuições térmica e pluviométrica são comandadas pela dinâmica das massas de ar. Nimer (1989) indica que o Brasil meridional é campo de ação de quatro massas de ar: a Massa Tropical Atlântica (Ta), a Massa Polar Atlântica

(Pa), a Massa Equatorial Continental (Ec) e a Massa tropical Continental (Tc) (FIGURA 2.2).

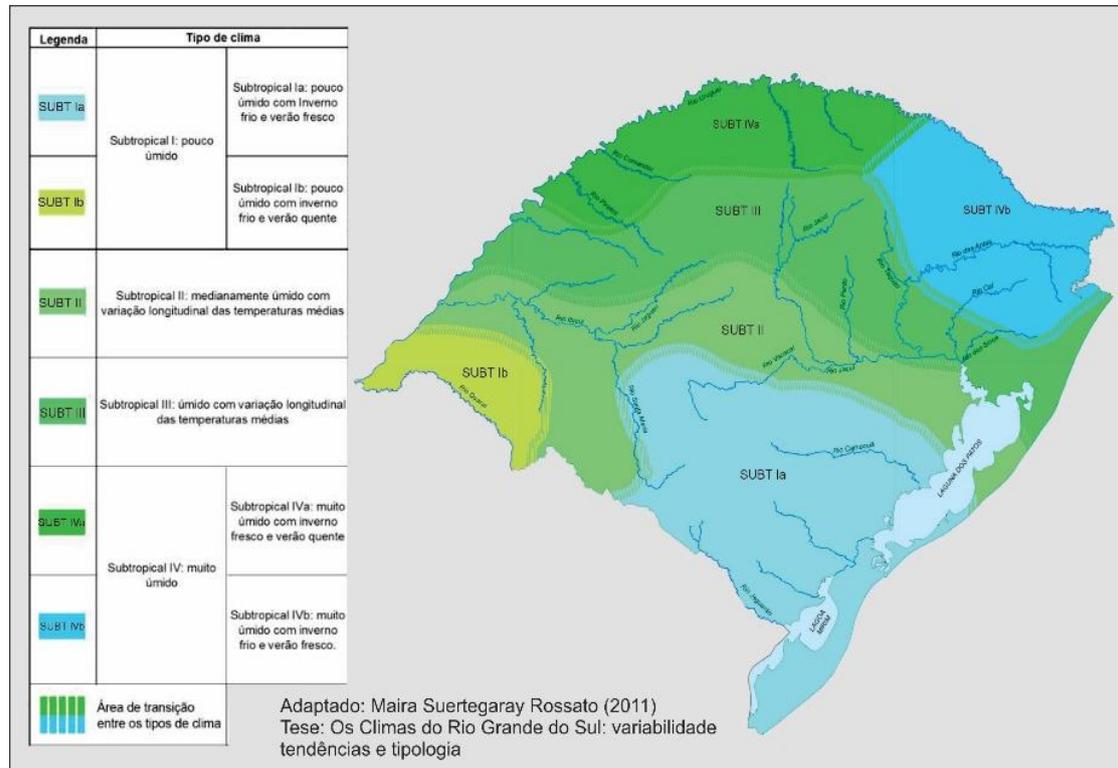


Figura 2.1. Classificação Climática do Rio Grande do Sul. (Fonte: autores)

A Massa Polar Atlântica (Pa), formada de ar polar marítimo sobre o oceano Austral ao norte de 65°S, é mais pronunciada no inverno, mas com forte atuação durante todo o ano.

A Massa Tropical Atlântica (Ta), formada no Atlântico Sul, é uma massa de ar quente, úmida e com tendência à estabilidade pela subsidência superior da Alta Subtropical do Atlântico Sul.

A Massa Equatorial Continental (Ec), formada na planície Amazônica sobre o continente aquecido, é quente e úmida e afeta a Região Sul durante o verão.

A Massa Tropical Continental (Tc), que se associa a Baixa do Chaco, é caracterizada por baixa umidade aliada à forte subsidência da Alta da Bolívia (circulação superior), o que dificulta a formação de nuvens.

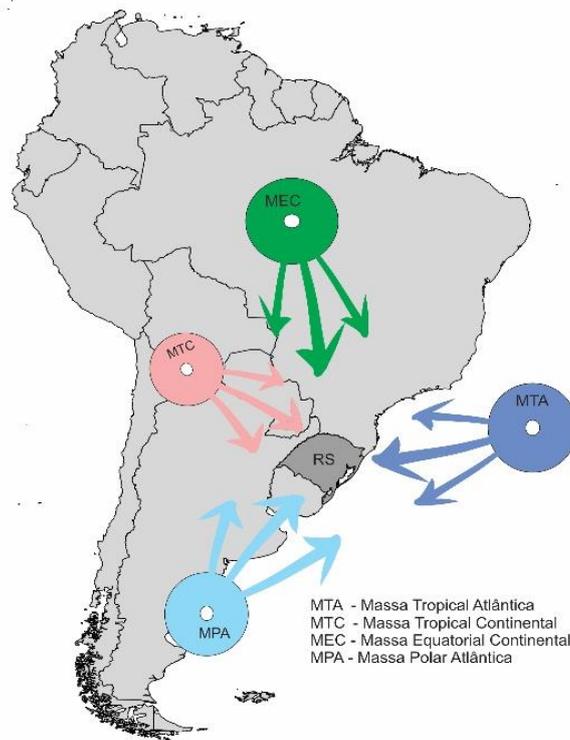


Figura 2.2. Dinâmica das massas de ar que afetam o Rio Grande do Sul. (Fonte: NIMER, 1989)

2.1.2. Caracterização dos tipos de tempo geradores de eventos de precipitação

Fernandes (2017) indica que os principais sistemas meteorológicos que contribuem para a ocorrência de precipitação são a passagem de sistemas frontais sobre o continente e o desenvolvimento de sistemas de baixa pressão em superfície no interior do Sul do Brasil, denominados Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs).

Os sistemas frontais em latitudes médias geram ondas baroclínicas nos ventos de oeste em ar superior (GRIMM et al, 1998) e esse processo resulta na ciclogênese. Em outras palavras, a pressão atmosférica, que é a força exercida pelo ar na atmosfera, diminui com a altura, em contrapartida, a pressão atmosférica afeta a temperatura. Tudo isso forma as tempestades ou ciclones devido a uma área com diferentes pressões atmosféricas. Os Jatos de Baixos Níveis (JBN) são deslocados para o sudeste por meio da cordilheira dos Andes, que funciona como uma barreira orográfica. Dessa maneira, é comum que o RS tenha formação de ciclones (TEIXEIRA e PRIETO, 2020).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são aglomerados de nuvens do tipo Cumulonimbus (Cb) que se unem a nuvens do tipo Cirrus formando esse sistema convectivo. Esses complexos são caracterizados por um curto período de duração, de seis a doze horas, e precipitações intensas, causando danos materiais e perdas humanas (VALENTE,2018; TEIXEIRA e PRIETO, 2020).

Outro sistema associado à chuva (mas menos frequente que os CCMs e os sistemas frontais) é o chamado Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) ou cutoff lows, caracterizado uma área, em que os ventos nos níveis mais altos da atmosfera giram no sentido horário, fazendo com que o ar seco desses níveis mais altos desça para a superfície. Dessa forma, o VCAN funciona como uma massa de ar seco para as áreas que estão mais próximas ao seu centro. Já nas bordas desse sistema, ocorre formação de nuvens, geralmente Cumulonimbus (REBOITA et al., 2010a). Nesses casos, a trajetória sinótica dos sistemas é do continente em direção ao oceano (oeste para leste nos CCMs e VCANS, e sudoeste para nordeste nos sistemas frontais). A precipitação ainda pode ocorrer devido à circulação marítima, quando um anticiclone apresenta trajetória adjacente à costa do Sul do Brasil e ocasiona a persistência de ventos do quadrante leste que trazem umidade do Atlântico subtropical para o continente (RODRIGUES e YNOUE, 2016). Essa situação é mais favorável de acontecer no verão, quando o número de frentes frias que passa sobre a região é reduzido e os ventos de leste tornam-se mais constantes (FERNANDES, 2017).

Na Figura 2.3, estão representados os principais centros de ação que atuam sobre o continente e regem a climatologia descrita no Sul da América do Sul. Os anticiclones desenvolvem as massas de ar de origem marítima, sendo o do Atlântico aquele que consegue adentrar o território brasileiro e causar mais danos, a Baixa do Chaco na estação de verão concentra, em níveis inferiores, as convergências de ar, sendo que a depressão do mar de Wendell é significativa quando atua em conjunto com uma frente polar atlântica. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) transportam e convergem a umidade em território brasileiro, sendo que, relacionado com os sistemas subtropicais, tem-se o Jato de Baixo Nível (JBN), que atinge o sul do Brasil transportando umidade e calor advindo da Amazônia.

Esses centros de ação são divididos na Baixa e Alta troposfera, como se observa a seguir:

(a) Baixa troposfera: ASAS anticiclone subtropical do Atlântico Sul; ASPS anticiclone subtropical do Pacífico Sul; B baixa pressão; BC baixa do Chaco – região de baixas térmicas; BNE região de baixas térmicas no noroeste argentino; CCM complexo convectivo de mesoescala; FF frente fria; FQ frente quente; JBN jato de baixos níveis a leste dos Andes; LIP linha de instabilidade pré-frontal; NV nuvem vírgula; RC regiões ciclogenéticas; ZCAS zona de convergência do Atlântico Sul;

(b) Alta troposfera: AB alta da Bolívia; BL região de bloqueios atmosféricos; CNE cavado do nordeste do Brasil; JS jato subtropical; JP jato polar; VCAN subvórtices ciclônicos de altos níveis subtropicais. É importante destacar que a AB e o CNE são sistemas que se configuram no verão e desaparecem no inverno. Além disso, no verão, o JP e o JS fundem-se em apenas um jato.

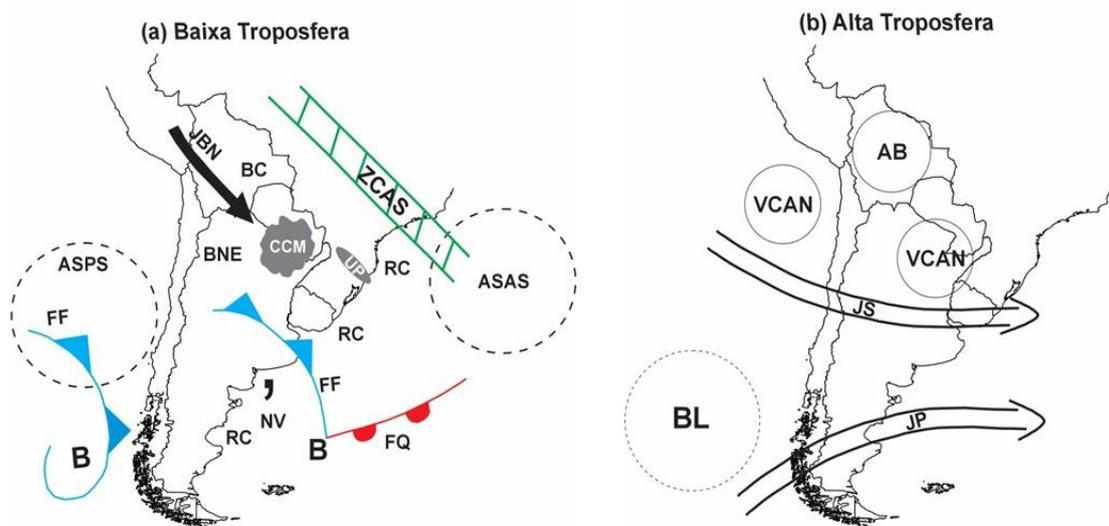


Figura 2.3. Sistemas atmosféricos atuantes no Sul da América do Sul (Fonte: Reboita et al.;2010b).

Teixeira & Prieto (2020), analisando casos de chuvas diárias severas, indicam os períodos da primavera e verão como os mais propensos. Com relação às chuvas persistentes, com cinco ou mais dias, e que geram um acumulado total igual ou superior a 60 mm, podendo durar até 14 dias, os autores observaram que as estações de inverno e primavera são as estações com maior

frequência de eventos. Uma possível explicação para isso pode ser a maior frequência de sistemas frontais semi-estacionários.

Nas estações do inverno e da primavera, há uma frequência maior de ocorrência de bloqueios nos Oceanos Pacífico e Atlântico - a oeste e a leste da América do Sul (MARQUES, 1996; MARQUES e RAO, 1999). A ocorrência de bloqueios nessas áreas pode colaborar para um deslocamento muito lento dos sistemas meteorológicos sobre a região do RS, levando a um prolongamento no tempo de atuação, que pode conduzir a chuvas persistentes e a grandes acúmulos de chuva.

2.1.3. O fenômeno ENSO e precipitações extremas

O fenômeno ENSO (El Niño-Southern Oscillation) é uma oscilação do sistema acoplado oceano-atmosfera que altera a Temperatura da Superfície do Mar (TSM), a pressão, o vento e a convecção tropical (TRENBERTH & STEPANIAK, 2001). Tem reflexos em muitos lugares do planeta, inclusive no Sul do Brasil, e suas fases opostas são chamadas episódios El Niño (EN) e La Niña (LN). Durante o EN, fase positiva ou quente do ENSO, a temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial fica mais alta que o normal, enquanto durante a LN, fase negativa ou fria, ocorre o resfriamento anômalo dessas águas. As anomalias de TSM do ENSO causam fluxos anômalos de calor e vapor d'água do oceano para a atmosfera (GRIMM, 2003).

O El Niño Modoki refere-se a um padrão alternativo do fenômeno El Niño, que é um evento climático natural associado ao aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Enquanto o El Niño clássico resulta em temperaturas mais quentes do que o normal nas águas do Pacífico Central, o El Niño Modoki é caracterizado por um aquecimento mais pronunciado nas áreas central e leste do Pacífico.

Ao contrário do El Niño clássico, o El Niño Modoki pode ter impactos climáticos diferentes em várias regiões do mundo. Isso inclui padrões de precipitação e temperatura que podem variar de acordo com a localização geográfica. Por exemplo, algumas áreas podem experimentar secas mais severas, enquanto outras enfrentam chuvas intensas.

Portanto, as mudanças na atmosfera estão relacionadas com mecanismos de teleconexões globais distintos que perturbam a circulação do planeta, produzindo alterações na precipitação da América do Sul extratropical. Com o aquecimento do oceano e com o enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo, também são observados aumento ou queda de temperatura. O aumento das precipitações durante o ENOS (fase quente) está relacionado ao aumento da intensidade dos ventos de altitude (12 km) situados em 30°S, chamados Jato Subtropical, em decorrência do aumento do gradiente de temperatura entre o Equador e os Pólos. O fortalecimento dessas correntes cria um bloqueio para os sistemas frontais que chegam ao Rio Grande do Sul, permanecendo estacionados sobre essa área. Dessa forma, ocorre intensificação em mesoescala de complexos convectivos (CCMs), gerando um aumento da precipitação (anomalia positiva) na região (GRIMM et al., 2000).

A Figura 2.4 mostra as influências do El Niño clássico e do El Niño Modoki no clima das diferentes regiões brasileiras, predominantemente, no período de dezembro a março. Nesses meses, o El Niño clássico costuma provocar secas no Nordeste e no Norte. Por outro lado, chuvas no Sul do Brasil.

No sul do Brasil, estudos sobre a influência do ENOS na precipitação são recorrentes, especialmente, a partir da década de 1990 com trabalhos de Berlato, (1992); Fontana e Berlato (1997) e Grimm; Ferraz; Gomes (1998).

Valente (2018) apresenta estudos que indicam que as maiores correlações entre a influência do ENOS e os eventos de seca ou grandes volumes de chuva ocorreram durante a primavera do ano do evento (outubro a dezembro) e no inverno do ano seguinte (junho a agosto). A hipótese que avalia de forma trimestral a relação com o fenômeno de ENOS foi testada por meio da distribuição hipergeométrica, confirmando a informação dos estudos anteriores, que mostravam o período de outubro a dezembro (99,35% de confiança) como aquele em que são encontradas as melhores relações, seguido do trimestre junho a agosto do ano subsequente (93,94% de confiança)

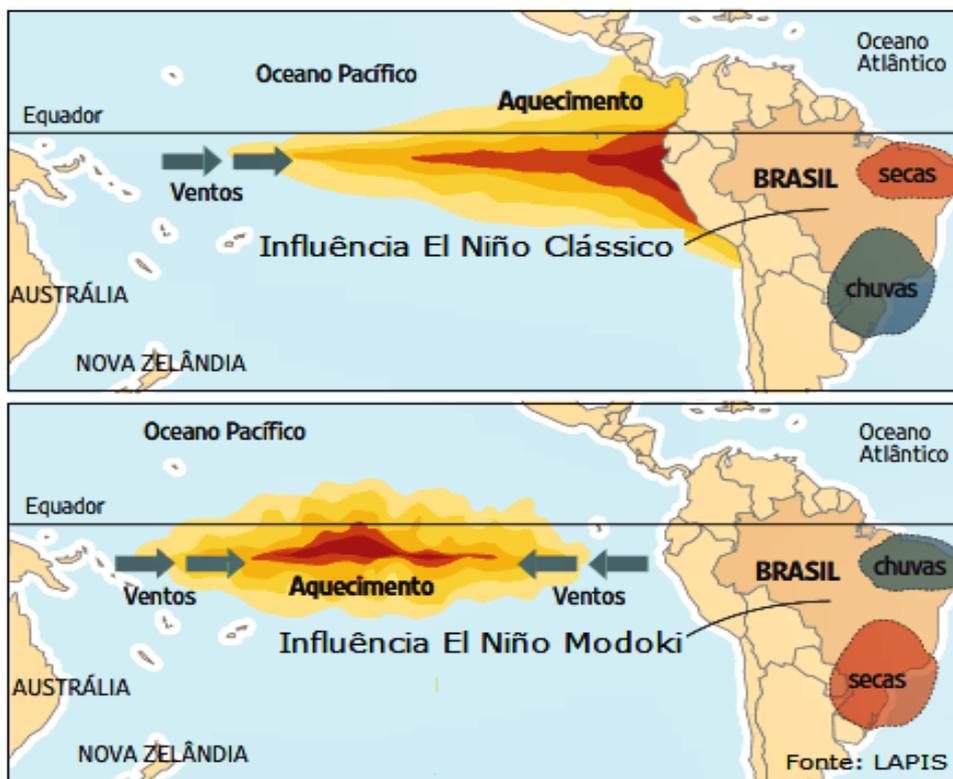


Figura 2.4. Influências do El Niño clássico e do El Niño Modoki no clima das diferentes regiões brasileiras, predominantemente, no período de dezembro a março (Fonte: LAPIS).

2.2. Características da rede hidrográfica do Rio Grande do Sul

A bacia hidrográfica representa a área de captação natural da água da chuva que escoar para um corpo de água ou seu contribuinte. Os limites da bacia hidrográfica são definidos pelo relevo, considerando-se, como divisores de águas, as áreas mais elevadas. O nome da bacia é dado pelo corpo de água principal que recebe contribuição de canais afluentes alimentados por vários contribuintes menores, até as nascentes. Portanto, é possível dividir uma bacia em várias sub-bacias ou áreas de drenagem de cada contribuinte.

Na atualidade, o planejamento e a gestão das bacias hidrográficas têm tido grande importância diante dos efeitos negativos consequentes das intervenções antrópicas ocorridas em todo o mundo, baseadas em uma concepção de domínio e controle da natureza, associadas a um modelo econômico de exploração desordenada dos recursos naturais (RODRIGUEZ et al. 2011).

Dessa forma, o artigo 171 da Constituição Estadual estabeleceu um modelo sistêmico para a gestão das águas do Rio Grande do Sul e a Lei Estadual 10.350/1994 regulamentou esse artigo, estabelecendo, para cada uma das 25 bacias do Estado, a formação de um comitê de gerenciamento, o Comitê de Bacia. De acordo com a referida lei, foi determinada a existência de três Regiões Hidrográficas em que as bacias hidrográficas são agrupadas para fins de gerenciamento. As três regiões hidrográficas são: a região do rio Uruguai, que coincide com a bacia nacional do Uruguai; a região do Guaíba e a região do Litoral, que coincidem com a bacia nacional do Atlântico Sudeste. O Decreto nº 53.885, de 18 de janeiro de 2018, instituiu a subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul em 25 Bacias Hidrográficas (FIGURA 2.5).

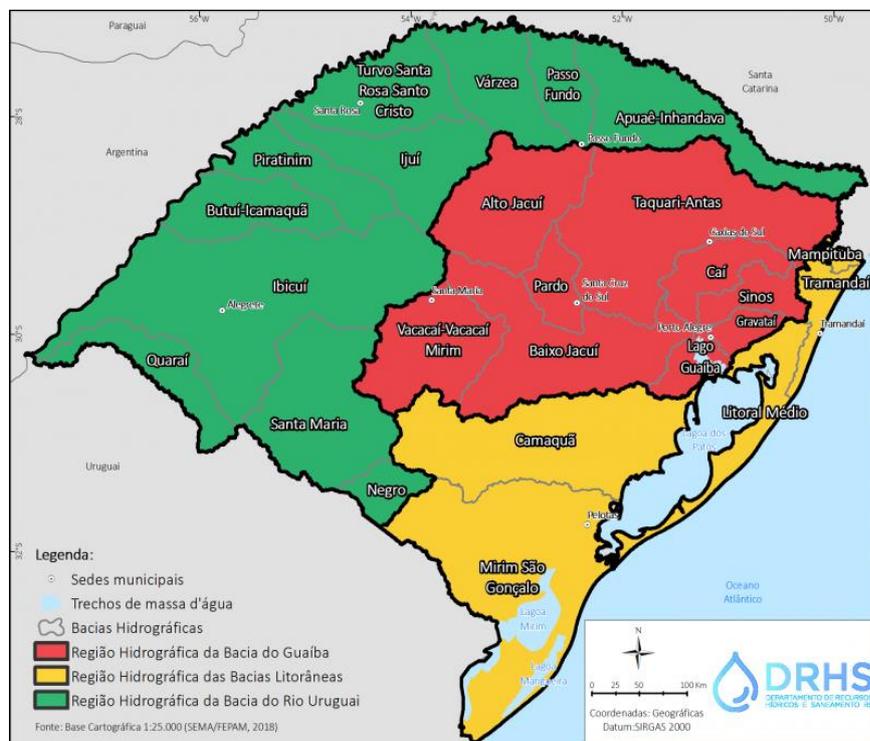


Figura 2.5. Subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul em 25 Bacias Hidrográficas (Fonte: SEMA/RS).

As Bacias hidrográficas do RS originaram-se de processos de evolução da atividade geotectônica e mudanças climáticas no decorrer do tempo geológico. É reconhecida a evolução do relevo por meio de soerguimentos sucessivos da Plataforma Sul-Americana desde a passagem do Cretáceo para o Cenozoico,

quando o continente sul-americano teria sido arrasado por erosão de abrangência continental muito duradoura (Ab'Sáber 1988).

A Ativação Mesozoica da Plataforma Sul-Americana, iniciada no Triássico e que perdurou até o Mioceno, tem como resultado dos processos iniciais de abertura oceânica a fragmentação do Gondwana, acompanhados pelos colossais derramamentos de lavas da Formação Serra Geral. A ativação perdurou até as últimas manifestações magmáticas no Mioceno e resultou em intensas fases erosivas. Encerrado o estágio da Ativação Mesozoica, sobreveio o estágio Moderno, de idade Neogênica, que perdura até o presente e que representa a atenuação progressiva da atividade tectônica da etapa anterior.

Com a Orogenia Andina, ocorre um processo de aceleração dos esforços compressoriais que provocaram reativação de zonas de fraqueza em grande parte da Plataforma Sul-Americana. O registro das mudanças de altitude e respectivas épocas mostra que os Andes elevaram-se de maneira progressiva durante dezenas de milhões de anos, porém, repentinamente, o maciço montanhoso teria sofrido um brusco salto geológico entre 10 e seis Ma atrás (Kerr 2008). Como consequência da tectônica andina, o soerguimento da Plataforma Sul-Americana teve efeitos diferenciados e deu-se em diversas etapas, fazendo com que houvesse variações entre os blocos crustais, que foram elevados a maiores altitudes. Originaram-se, assim, as primeiras grandes depressões, que viriam a se instalar as principais vias de escoamento das águas continentais, em diferentes épocas do Terciário. Os blocos mais soerguidos, com antigas superfícies de pediplanação preservadas no topo, persistem no relevo até hoje, sob a forma de planaltos e chapadas. Além disso, a criação dessa verdadeira muralha natural mudou radicalmente o clima e os padrões das bacias hidrográficas da América do Sul, provocando o estabelecimento dos atuais sistemas de drenagem como o Rio de La Plata.

No Rio Grande do Sul, nas porções norte e oeste, os rios drenam em direção ao rio Uruguai, formando a bacia do Rio Uruguai. A formação da Bacia do Rio Uruguai está relacionada à instalação do canal fluvial em uma depressão tectônica entre os arcos de Ponta Grossa, ao norte, e do Rio Grande, ao sul, conhecida como Alinhamento do Rio Uruguai-Zona de Fratura de Florianópolis (Asmus, 1978) ou Alinhamento Torres-Posadas (Leinz 1949). O soerguimento

da Serra do Mar na porção leste originou um fluxo da drenagem em direção ao centro do continente e que vai desembocar no Rio de La Plata.

No centro e nordeste do estado, a drenagem forma a Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba, em que o Rio Jacuí é o canal principal de escoamento, desembocando no Lago Guaíba.

No sul e sudeste, os rios da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas desembocam, em sua grande maioria, na Laguna dos Patos. Esses corpos d'água representados pelo Lago Guaíba e a Laguna dos Patos formaram-se associados à evolução geológica da Planície Costeira do RS.

Nessa análise, utilizam-se os dados da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA/RS), em que as bacias hidrográficas foram agrupadas em nove grandes áreas, seguindo uma lógica geomorfológica e da ocorrência de eventos hidrológicos no Rio Grande do Sul (FIGURA 2.6). Os dados da SEMA foram complementados com informações de altimetria, extraídas de imagens SRTM (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), as quais apresentam as características das altitudes mínimas e máximas, além da média das altitudes (baseado no valor médio dos pixels que compõem o MDE), esse valor possibilita interpretar as altitudes predominantes na BH, sendo que, com esse dado, é possível compreender a velocidade dos fluxos de água.

Na discussão apresentada, determinou-se as áreas urbanas que estão inseridas na proximidade de rios e grande corpos de água. Essa ação foi definida a partir de dados hidrográficos na escala de 1:250.000, dos quais foram extraídos buffers de 2km, de posse dos polígonos foram extraídos os pontos centrais das áreas urbanas. As áreas urbanas que se encontram a essa distância do Rio, em sua maioria, já passaram por algum evento hidrológico.

Para facilitar a análise, as 25 bacias hidrográficas, definidas pela SEMA, foram agrupadas, seguindo uma lógica geomorfológica em: bacias hidrográficas que compreendem o Alto Uruguai, bacias do Médio Uruguai e do Baixo Uruguai, que formam a Região Hidrográfica do Rio Uruguai; bacia do Rio Jacuí; bacia hidrográfica do Sinos-Caí; bacias do Guaíba-Gravataí e bacia hidrográfica Taquari-Antas, que compreende a Região Hidrográfica do Guaíba e, por fim,

bacias hidrográficas do Litoral e bacia do Rio Camaquã que formam a Região Hidrográfica do Litoral.

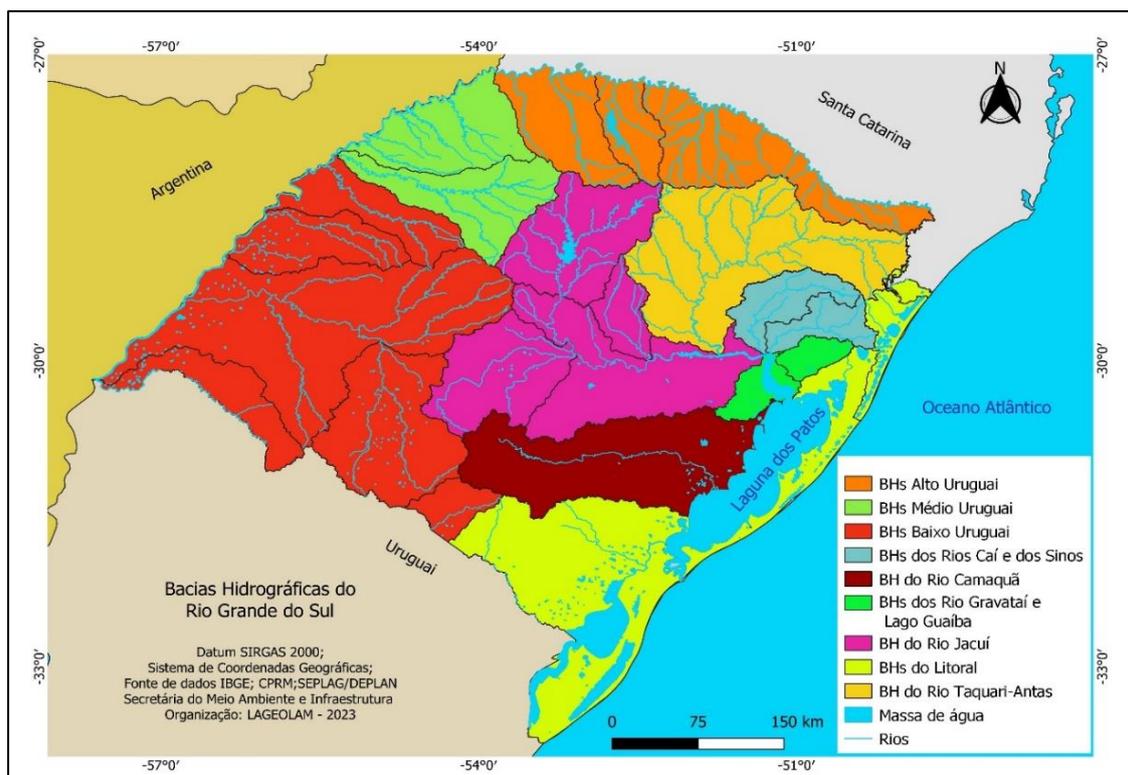


Figura 2.6. Bacias hidrográficas agrupadas para a análise da hidrografia. (Fonte: autores)

2.2.1. Bacias Hidrográficas do Alto Uruguai

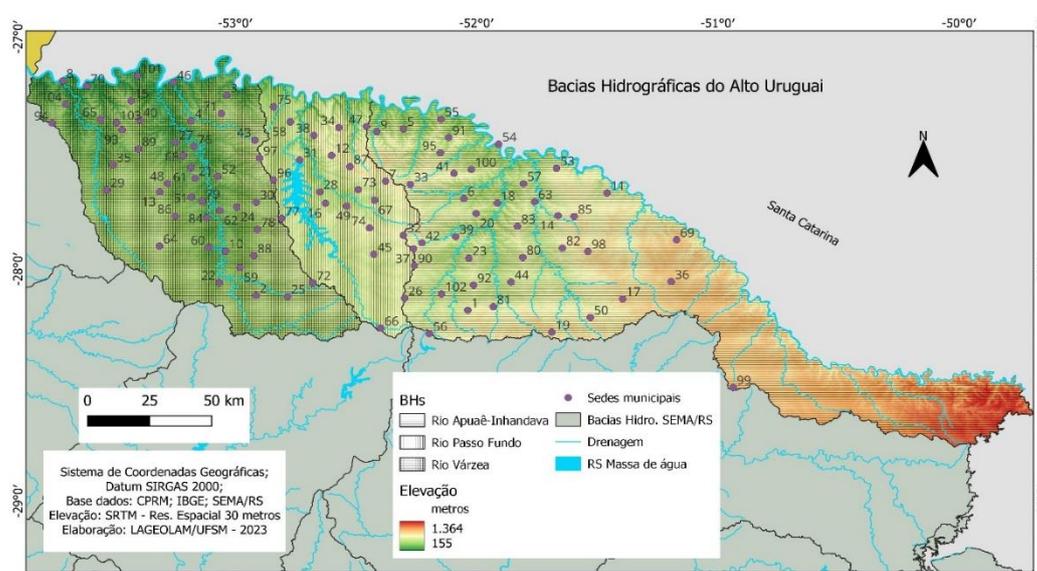
As bacias que compreendem o Alto Uruguai formam o trecho inicial do rio, onde o curso principal escoar na direção E-W, formando uma drenagem com forte controle estrutural com canais entalhados em rochas vulcânicas. Conforme divisão da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), compreende as bacias dos Rios Apuaê-Inhandava, Rio Passo Fundo e Rio da Várzea (FIGURA 2.7). A Tabela 2.1 traz informações morfométricas e de população.

Nessas bacias, são drenados 116 municípios, sendo que 99 municípios com 100% do seu território na área de abrangência. Com relação às áreas urbanas foram identificadas 104 sedes municipais. Do total de Municípios, verificou-se que 20 possuem zonas urbanas instalada a menos de 2 km de cursos d'água principais, sendo elas: Ametista do Sul, Barra do Guarita, Barra do Rio Azul, Barra Funda, Cacique Doble, Carlos Gomes, Coqueiros do Sul,

Entre Rios do Sul, Erechim, Getúlio Vargas, Gramado dos Loureiros, Iraí, Marcelino Ramos, Novo Barreiro, Paim Filho, Passo Fundo, Pinheirinho do Vale, Rodeio Bonito, Santa Cecília do Sul e São José das Missões.

Tabela 2.1. Dados morfométricos e de população das Bacias do Alto Uruguai

Área Total (km ²)	Altitude Máxima (m)	Altitude média (m)	Altitude mínima (m)	População total	População Urbana	População Rural
28.846	1364	656,46	155	843.019	605.094	237.926



Cód.	Município	Cód.	Município	Cód.	Município	Cód.	Município	Cód.	Município	Cód.	Município		
1	Água Santa	16	Campinas do Sul	31	Entre Rios do Sul	46	Iraí	61	Novo Tiradentes	76	Rodeio Bonito	91	Severiano de Almeida
2	Almirante T. do Sul	17	Capão Bonito do Sul	32	Erechango	47	Itatiba do Sul	62	Novo Xingu	77	Ronda Alta	92	Tapejara
3	Alpestre	18	Carlos Gomes	33	Erechim	48	Jaboticaba	63	Palm Filho	78	Rondinha	93	Taquaruçu do Sul
4	Ametista do Sul	19	Casleiros	34	Erval Grande	49	Jacutinga	64	Palmeira das Missões	79	Sagrada Família	94	Tenente Portela
5	Aratiba	20	Centenário	35	Erval Seco	50	Lagoa Vermelha	65	Palmitinho	80	Sananduva	95	Três Arroios
6	Aurea	21	Cerro Grande	36	Esmeralda	51	Lajeado do Bugre	66	Passo Fundo	81	Santa C. do Sul	96	Três Palmeiras
7	Barão de Cotegipe	22	Chapada	37	Estação	52	Liberato Salzano	67	Paulo Bento	82	Santo E. do Sul	97	Trindade do Sul
8	Barra do Guarita	23	Charua	38	Faxinalzinho	53	Machadinho	68	Pinhal	83	São J. da Urtiga	98	Tupancí do Sul
9	Barra do Rio Azul	24	Constantina	39	Florianópolis	54	Marcelino Ramos	69	Pinhal da Serra	84	São J. das Missões	99	Vacaria
10	Barra Funda	25	Coqueiros do Sul	40	Frederico Westphalen	55	Mariano Moro	70	Pinheirinho do Vale	85	São José do Ouro	100	Viadutos
11	Barracão	26	Coxilha	41	Gaurama	56	Mato Castelhano	71	Planalto	86	São P. das Missões	101	Vicente Dutra
12	Benjamin C. do Sul	27	Cristal do Sul	42	Getúlio Vargas	57	Maximiliano de Almeida	72	Pontão	87	São Valentim	102	Vila Lângaro
13	Boa V. das Missões	28	Cruzaltense	43	Gramado dos Loureiros	58	Nonoai	73	Ponte Preta	88	Sarandi	103	Vista Alegre
14	Cacique Doble	29	Dois I. das Missões	44	Ibiacá	59	Nova Boa Vista	74	Quatro Irmãos	89	Seberi	104	Vista Gaúcha
15	Calçara	30	Engenho Velho	45	Ipiranga do Sul	60	Novo Barreiro	75	Rio dos Índios	90	Sertão		

Figura 2.7. Bacias Hidrográficas que compreendem o Alto Uruguai. (Fonte: autores).

2.2.2. Bacias Hidrográficas do Médio Uruguai

As bacias do Médio Uruguai foram definidas pela área onde ocorre a inflexão a SW do curso do rio Uruguai até a abertura do vale formando uma ampla planície de inundação. Conforme divisão da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), compreende as bacias dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo

Cristo e a bacia do rio Ijuí (FIGURA 2.8). Na Tabela 2.2, são descritas informações morfométricas e de população.

Tabela 2.2. Dados morfométricos e de população das Bacias do Médio Uruguai.

Área Total (km ²)	Altitude Máxima (m)	Altitude média (m)	Altitude mínima (m)	População total	População Urbana	População Rural
11.839	591	325,54	72	705.714	510.189	195.524

Nessa área, são drenados 77 municípios, sendo que 61 municípios com 100% do seu território. Com relação às áreas urbanas, verificou-se que 70 municípios têm sua sede nessa bacia hidrográfica e, destes, 17 estão sob a influência direta de cursos de água, sendo eles: Campinas das Missões, Entre-Ijuís, Eugênio de Castro, Giruá, Guarani das Missões, Panambi, Pirapó, Porto Lucena, Porto Mauá, Porto Vera Cruz, Porto Xavier, Roque Gonzales, São José do Inhacorá, São Valério do Sul, Sete de Setembro, Tuparendi e Ubiretama.

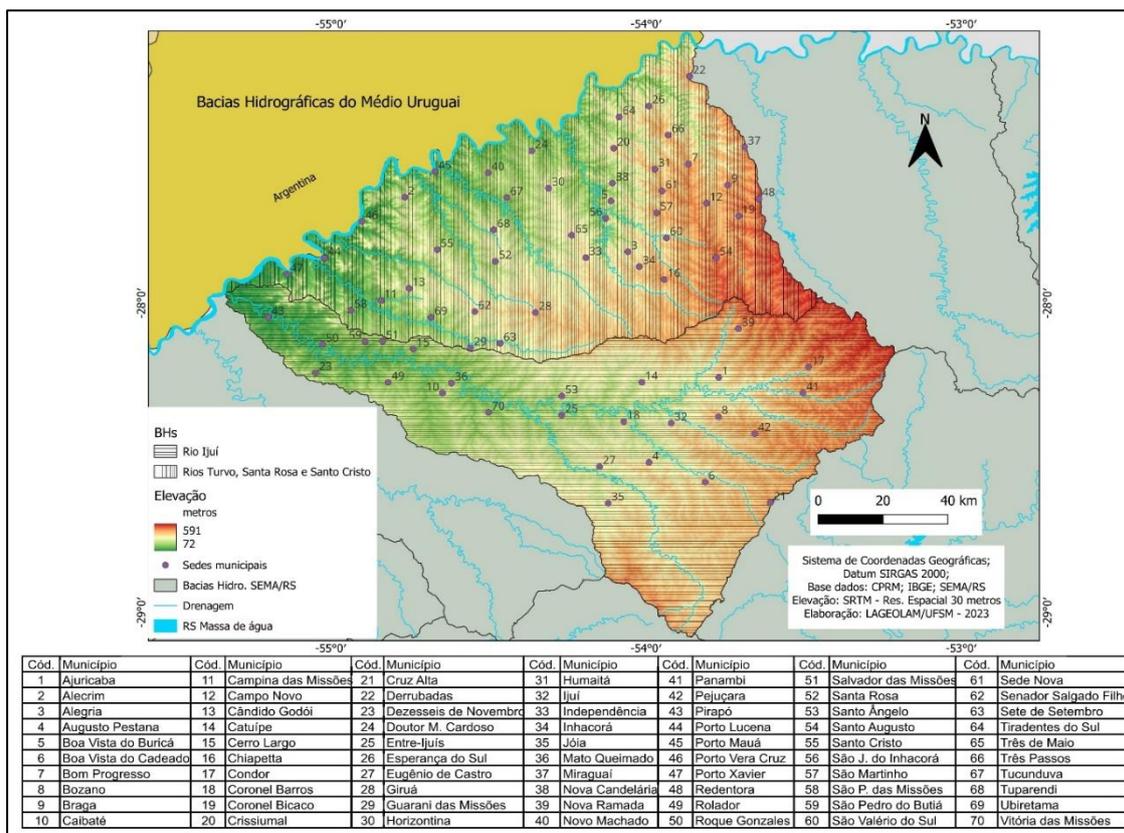


Figura 2.8. Bacias Hidrográficas que compreendem o Médio Uruguai. (Fonte: autores).

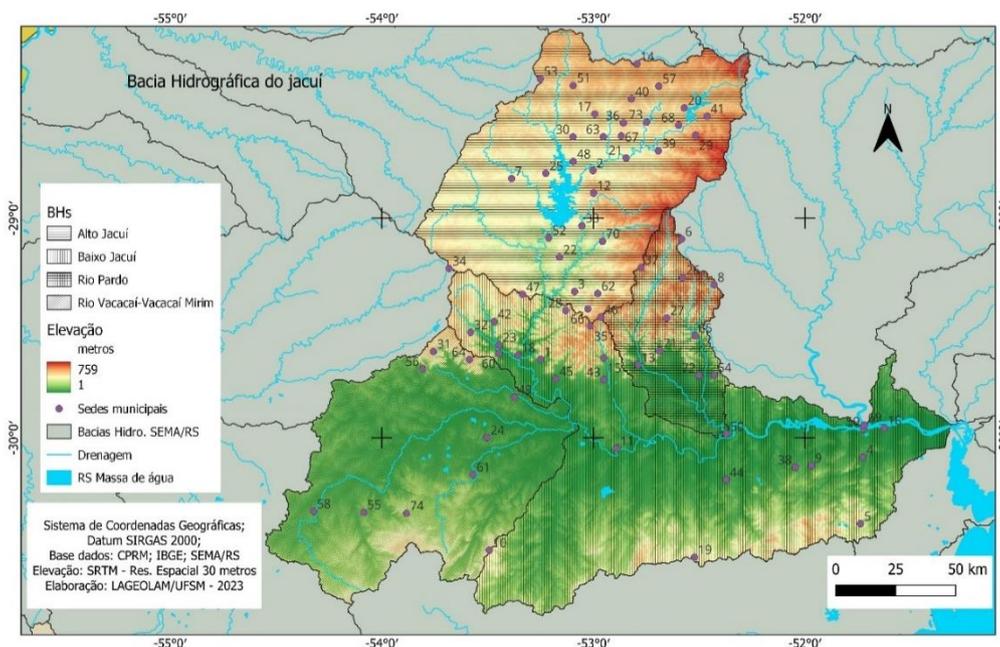
sendo que 15 estão sob a influência direta de cursos de água, sendo eles: Alegrete, Barra do Quaraí, Dilermando de Aguiar, Dom Pedrito, Garruchos, Hulha Negra, Itaqui, Jaguarí, Manoel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Marcos, Toropi e Uruguaiana.

2.2.4. Bacias Hidrográficas do Rio Jacuí

A bacia do Rio Jacuí está definida por um sistema de drenagem do Centro-Leste do Estado com foz no Lago Guaíba. Está constituída pelas bacias do Alto Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim, do Rio Pardo e do Baixo Jacuí, definidas pela SEMA (FIGURA 2.10). Na Tabela 2.4, estão apresentados dados morfométricos e de população das Bacias do Rio Jacuí.

Tabela 2.4. Dados morfométricos e de população das Bacias do Baixo Uruguai

Área Total (km ²)	Altitude Máxima (m)	Altitude média (m)	Altitude mínima (m)	População total	População Urbana	População Rural
45.238	759	243,93	1	1.398.353	1.105.670	292.684



Cód	Município	Cód	Município	Cód	Município	Cód	Município	Cód	Município	Cód	Município	Cód	Município
1	Agudo	11	Cachoeira do Sul	21	Espumoso	31	Itaara	41	Nicolau Vergueiro	51	Saldanha Marinho	61	São Sepé
2	Alto Alegre	12	Campos Borges	22	Estrela Velha	32	Ivorá	42	Novo Palma	52	Salto do Jacuí	62	Segredo
3	Arroio do Tigre	13	Candelária	23	Faxinal do Soturno	33	Jacuzinho	43	Novo Cabrais	53	Santa B. do Sul	63	Selbach
4	Arroio dos Ratos	14	Carazinho	24	Formigueiro	34	Júlio de Castilhos	44	Pantano Grande	54	Santa C. do Sul	64	Silveira Martins
5	Barão do Triunfo	15	Cerro Branco	25	Fortaleza dos Valos	35	Lagoa B. do Sul	45	Paraisópolis	55	Santa M. do Sul	65	Sinimbu
6	Barros Cassal	16	Charqueadas	26	Gramado Xavier	36	Lagoa dos T. Cantos	46	Passa Sete	56	Santa Maria	66	Sobradinho
7	Boa Vista do Incra	17	Colorado	27	Herveiras	37	Lagoão	47	Pinhal Grande	57	Santo A. do Planalto	67	Tapera
8	Boqueirão do Leão	18	Dona Francisca	28	Ibarama	38	Minas do Leão	48	Quinze de Novembro	58	São Gabriel	68	Tio Hugo
9	Butiá	19	Encruzilhada do Sul	29	Ibirapuitã	39	Mormaço	49	Restinga Sêca	59	São Jerônimo	69	Triunfo
10	Carapava do Sul	20	Ernestina	30	Ibirubá	40	Não-Me-Toque	50	Rio Pardo	60	São J. do Polêsine	70	Tunas

Figura 2.10. Bacias Hidrográficas que compreendem do Jacuí. (Fonte: autores)

Nessa região, da Bacia do Jacuí, são drenados 92 municípios, sendo que 69 municípios possuem 100% do seu território na área de abrangência. Com relação às áreas urbanas, verificou-se que estão presentes 74 sedes, destas, 22 áreas urbanas estão sob a influência direta de cursos de água, sendo elas: Alto Alegre, Cachoeira do Sul, Candelária, Cerro Branco, Charqueadas, Dona Francisca, Espumoso, Faxinal do Soturno, Jacuizinho, Mormaço, Nova Palma, Quinze de Novembro, Restinga Seca, Rio Pardo, Salto do Jacuí, São Gabriel, São Jerônimo, São João do Polêsine, Sinimbu, Triunfo, Tunas e Victor Graeff.

2.2.5. Bacias Hidrográficas do Guaíba-Gravataí

As Bacias do Guaíba-Gravataí são definidas por áreas drenadas diretamente pelo Lago Guaíba e pelo Rio Gravataí (FIGURA 2.11). Ambas as unidades de drenagens se formaram associados à evolução geológica da Planície Costeira do RS por meio de Sistemas Depositionais de Laguna-Barreiras. Na Tabela 2.5, dados morfométricos e de população são apresentados.

Tabela 2.5. Dados morfométricos e de população das Bacias do Baixo Uruguai.

Área Total (km ²)	Altitude Máxima (m)	Altitude média (m)	Altitude mínima (m)	População total	População Urbana	População Rural
4.934	392	57,21	1	2.724.241	2.674.014	50.226

Nessa região, são drenados 20 municípios, sendo que somente cinco municípios possuem 100% do seu território na região de abrangência. Entretanto, Porto Alegre, a maior cidade do estado, é totalmente drenada por essa região hidrográfica. Com relação às áreas urbanas, 13 sedes municipais estão inseridas nesse sistema e quatro estão sob a influência direta de cursos de água, sendo elas: Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul, Guaíba e Porto Alegre.

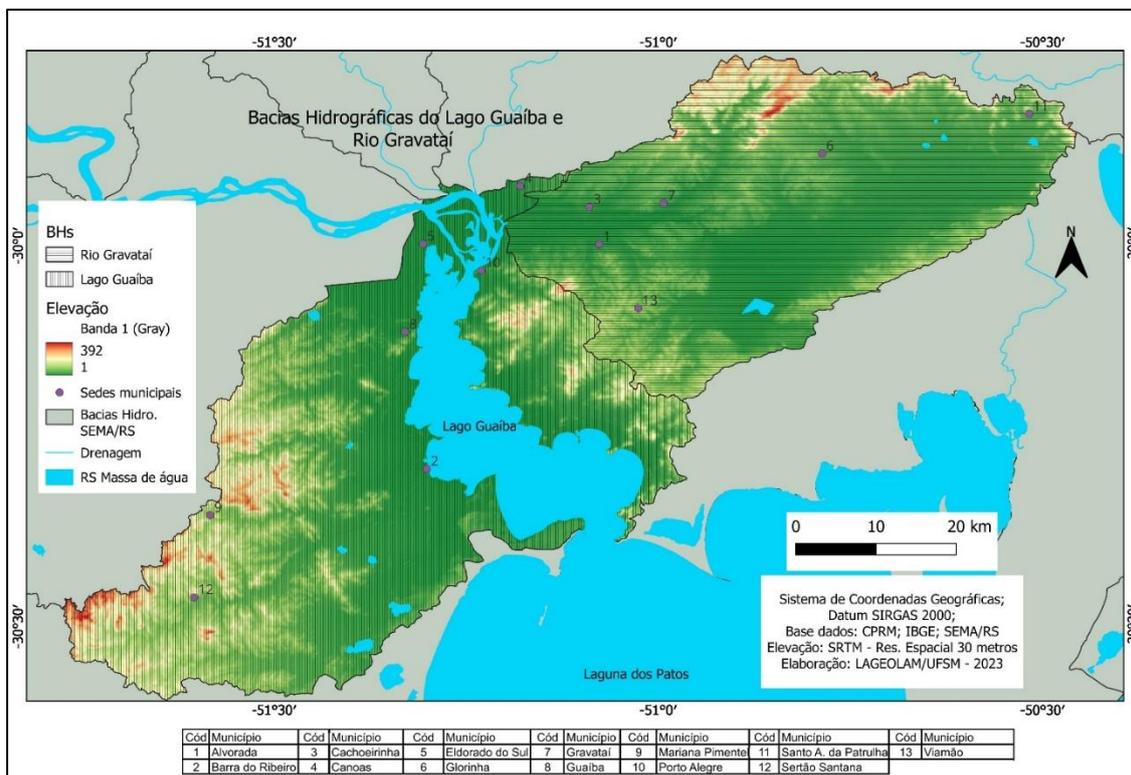


Figura 2.11. Bacias Hidrográficas Guaíba-Gravataí, essas bacias drenam as porções mais populosas do estado. (Fonte: autores)

2.2.6. Bacias Hidrográficas do Sinos-Caí

Essa região, conforme a SEMA, é composta pelas Bacias do Rio dos Sinos e do Rio Caí (FIGURA 2.12). Esses rios têm seus cursos principais nascendo nos Morros e Morrotes de rochas vulcânicas da borda leste do Planalto, que seguem a direção E-W até o Lago Guaíba. Um fator que merece destaque é a contribuição de água, para a bacia do Rio dos Sinos, proveniente da bacia do rio Caí, por meio do Sistema Hidrelétrico do Salto, o que se dá por intermédio de um túnel para dentro do rio Paranhana (afluente do Sinos). A Tabela 2.6 apresenta os dados morfométricos e de população das Bacias.

Tabela 2.6. Dados morfométricos e de população das Bacias do Baixo Uruguai.

Área Total (km ²)	Altitude Máxima (m)	Altitude média (m)	Altitude mínima (m)	População total	População Urbana	População Rural
8.677	1.018	374,79	1	2.104.255	1.942.191	162.063

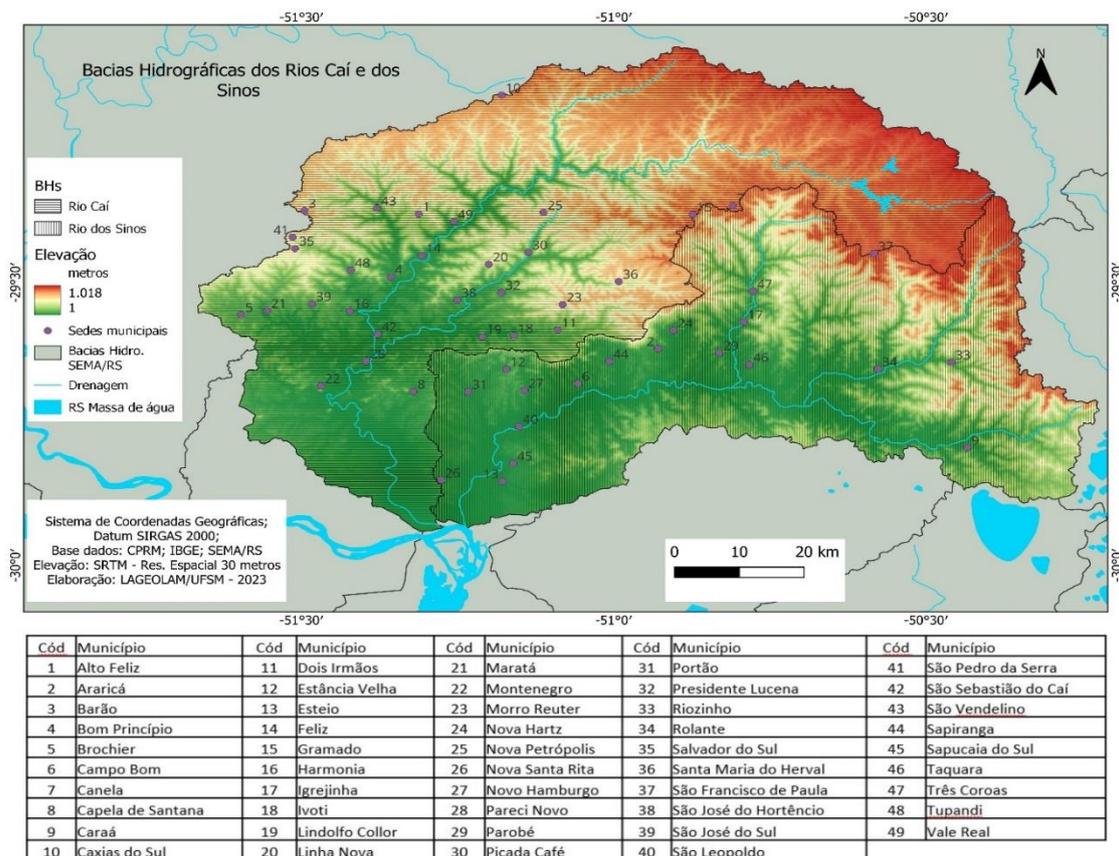


Figura 2.12. Bacias Hidrográficas dos rios dos Sinos e Caí. (Fonte: autores)

A região hidrográfica drena 58 municípios, sendo que 42 municípios possuem 100% do seu território na região de abrangência. Com relação às áreas urbanas, verificou-se que 49 sedes estão inseridas nessa BH, sendo que 17 estão sob a influência direta de cursos de água, sendo elas: Bom Princípio, Caraá, Feliz, Harmonia, Igrejinha, Nova Petrópolis, Pareci Novo, Parobé, Picada Café, Rolante, São José do Hortêncio, São Leopoldo, São Sebastião do Caí, Sapucaia do Sul, Taquara, Três Coroas e Vale Real.

2.2.7. Bacia Hidrográfica Taquari-Antas

A Bacia Hidrográfica Taquari-Antas tem suas nascentes na região Nordeste do Estado, onde ocorrem as maiores altitudes (FIGURA 2.13). O rio das Antas forma o curso médio-alto e o Rio Taquari, o trecho de curso médio-baixo, onde se constitui uma importante planície de inundação. Na tabela 2.7, é possível observar as características morfométricas da bacia hidrográfica.

Tabela 2.7. Dados morfométricos e de população das Bacias Hidrográficas Taquari-Antas.

Área Total (km ²)	Altitude Máxima (m)	Altitude média (m)	Altitude mínima (m)	População total	População Urbana	População Rural
26.430	1266	599,54	1	1.383.442	1.081.261	302.181

Nessa Bacia, são drenadas áreas de 118 municípios, sendo que 86 municípios têm área 100% drenadas pela bacia e 96 áreas urbanas estão inseridas nesse sistema. A influência direta de rios principais em suas áreas urbanas ocorre em um total de 15 municípios, sendo eles: Arroio do Meio, Bom Retiro do Sul, Camargo, Centenário, Colinas, Cruzeiro do Sul, Encantado, Estrela, General Câmara, Lajeado, Marques de Souza, Muçum, Roca Sales, Santa Tereza e Taquari.

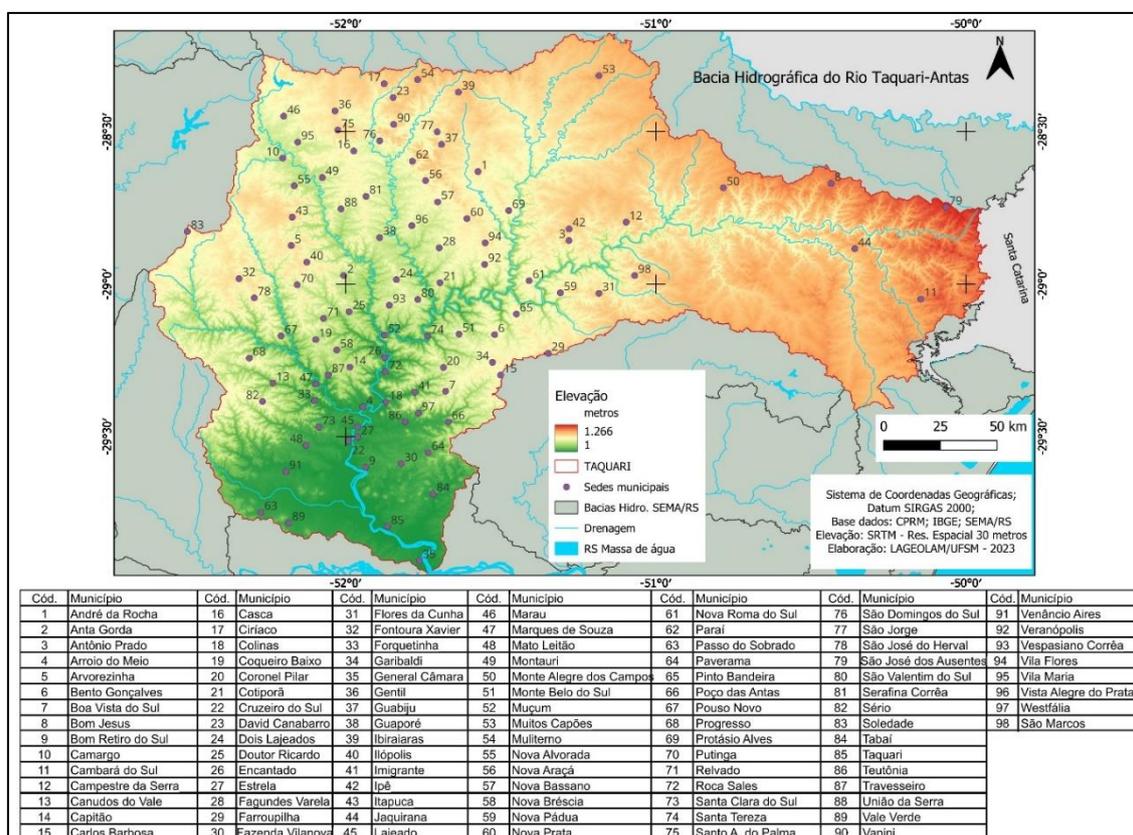


Figura 2.13. Bacias Hidrográficas Taquari-Antas. (Fonte: autores)

2.2.8. Bacias Hidrográficas do Litoral

Conforme a SEMA, as Bacias Hidrográficas do Litoral estão representadas pelas Bacias do Rio Mampituba, Rio Tramandaí, Litoral Médio e Mirim-São Gonçalo (FIGURA 2.14). O rio Tramandaí e o rio Mampituba são os principais cursos d'água. A região está representada por ambientes de água doce da Planície Costeira do RS, que compreendem, na porção mais a Norte, o rio Mampituba com seu afluente, o rio do Forno; a foz do rio Maquiné, na lagoa dos Quadros; a foz do rio Três Forquilhas, na lagoa Itapeva; uma série de lagoas interligadas desde a lagoa do Morro do Forno, a lagoa do Jacaré e a lagoa Itapeva até a lagoa da Cerquinha.

Em seguida, tem-se o rio Tramandaí entre a lagoa dos Quadros e lagoa Tramandaí. No centro-sul, o corpo lagunar da Lagoa do Peixe, e o estuário da Laguna dos Patos no oceano Atlântico. Segue a Lagoa Mirim e, junto ao oceano, a Lagoa Mangueira. Destaca-se o canal São Gonçalo, foz do Rio Piratini, que liga a Laguna dos Patos à Lagoa Mirim. Associado a esse conjunto de rios e lagoas, ocorre uma série de pequenas lagoas isoladas, áreas de banhados e os campos de inundação temporária. A Tabela 2.8 apresenta informações morfométricas e da população nas bacias.

Tabela 2.8. Dados morfométricos e de população das Bacias do Baixo Uruguai.

Área Total (km ²)	Altitude Máxima (m)	Altitude média (m)	Altitude mínima (m)	População total	População Urbana	População Rural
38.301	1100	90,15	1	1.159.065	1.019.003	140.300

Nessa região, são drenadas áreas de 46 municípios, sendo que 40 áreas urbanas estão inseridas nesse sistema e 34 municípios têm área 100% drenadas pelas bacias hidrográficas citadas. Tem influência direta de rios principais ou corpos de água em suas áreas urbanas um total de 14 municípios, sendo eles: Cerrito, Cidreira, Imbé, Itati, Maquiné, Osório, Palmares do Sul, Pedro Osório, Pelotas, Rio Grande, São José do Norte, Tramandaí, Três Cachoeiras e Três Forquilhas.

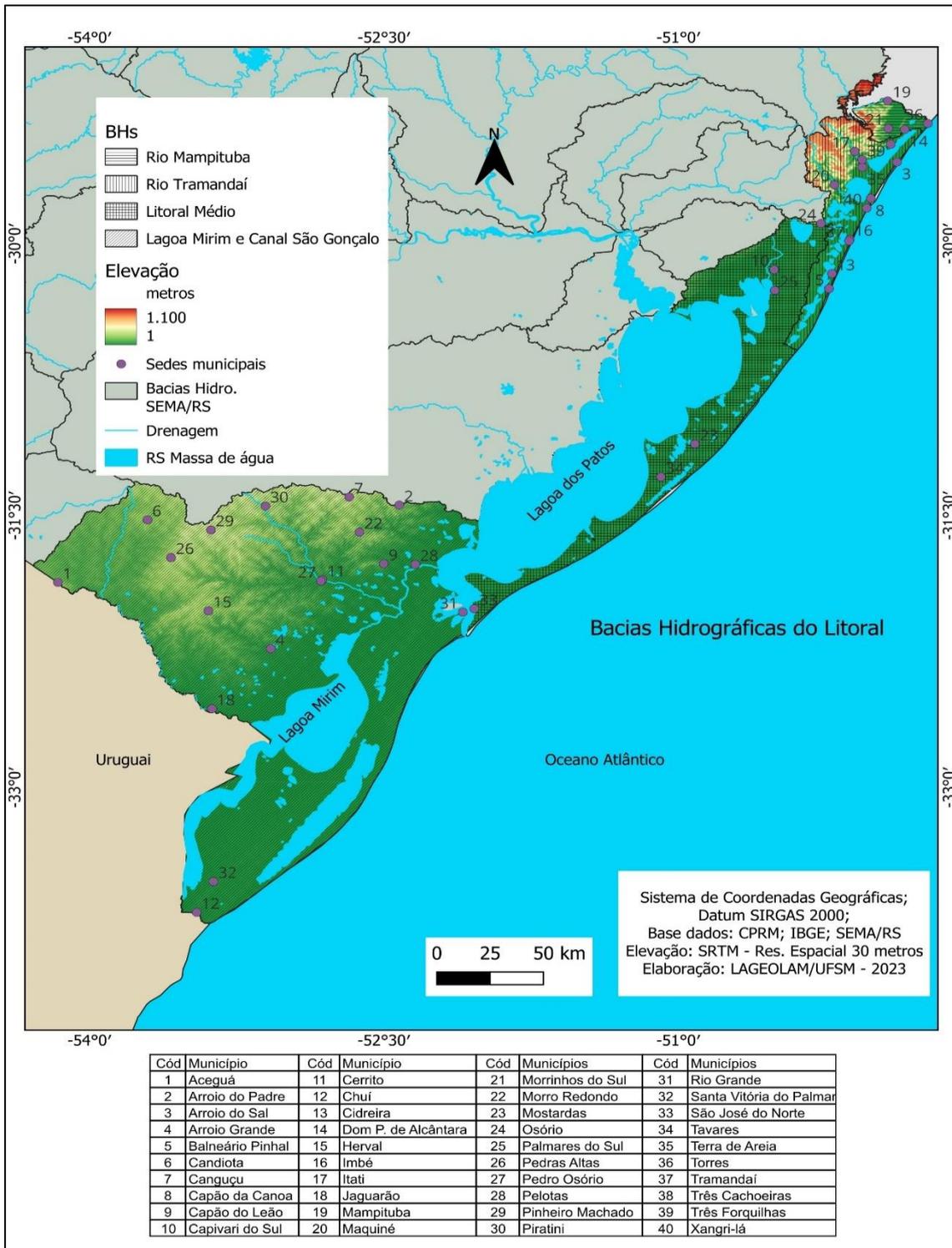


Figura 2.14. Bacias Hidrográficas do Litoral. (Fonte: autores)

2.2.9. Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã

A bacia hidrográfica do rio Camaquã (BHRC) está localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, entalhado em rochas metamórficas e

ígneas, estendendo-se por cerca de 430 quilômetros e desembocando na Laguna dos Patos (FIGURA 2.15). A Tabela 2.9 apresenta dados morfométricos e da população na bacia.

Tabela 2.9. Dados morfométricos e da população na bacia do Rio Camaquã.

Área Total (km ²)	Altitude Máxima (m)	Altitude média (m)	Altitude mínima (m)	População total	População Urbana	População Rural
21.657	529	200,19	1	245.646	124.740	120.907

A Bacia do Rio Camaquã drena a área de 27 municípios, havendo 13 deles que têm suas sedes nesse sistema hidrográfico, entretanto, somente seis têm 100% de suas área dentro da bacia. Tem influência direta dos rios ou corpos de águas principais, em suas áreas urbanas, um total de cinco municípios, sendo eles: Amaral Ferrador, Cristal, Arambaré, São Lourenço do Sul e Tapes.

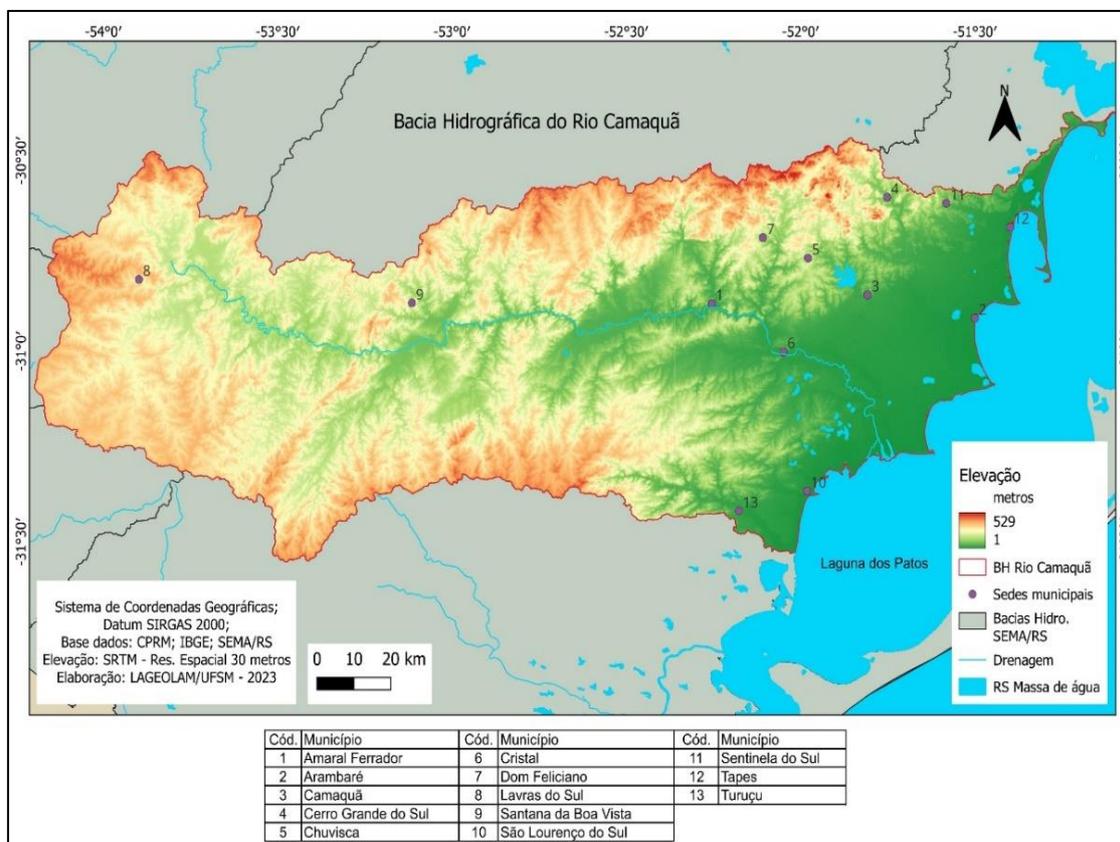


Figura 2.15. Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã. (Fonte: autores)