

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO MAMPITUBA UTILIZANDO A MATRIZ DE INDICADORES FPEIR**

DANIEL TRESPACH PORTO

PORTO ALEGRE
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO MAMPITUBA UTILIZANDO A MATRIZ DE INDICADORES FPEIR**

DANIEL TRESPACH PORTO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso
Co-Orientadora: Prof^a Dr^a. Tânia Marques
Strohaecker

PORTO ALEGRE
2017

CIP - Catalogação na Publicação

Porto, Daniel Trespach

Diagnóstico dos recursos hídricos da Bacia
Hidrográfica do Rio Mampituba utilizando a matriz de
indicadores FPEIR / Daniel Trespach Porto. -- 2017.
73 f.

Orientador: Luís Alberto Basso.

Coorientadora: Tânia Marques Strohaecker.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto
Alegre, BR-RS, 2017.

1. Gestão de recursos hídricos. 2. Indicadores
socioambientais. 3. Análise espacial. 4. Litoral
Norte do Rio Grande do Sul. 5. Litoral Sul de Santa
Catarina. I. Basso, Luís Alberto, orient. II.
Strohaecker, Tânia Marques, coorient. III. Título.

DANIEL TRESPACH PORTO

**DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO MAMPITUBA UTILIZANDO A MATRIZ DE INDICADORES FPEIR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso
Co-Orientadora: Prof^a Dr^a. Tânia Marques
Strohaecker

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli

Pro. Dr. Ulisses Franz Bremer

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Luis Alberto Basso e à professora Tânia Marques Strohaecker pela orientação valiosa que me prestaram, ajudando na condução e conclusão deste trabalho.

Agradeço em conjunto os demais professores do Instituto de Geociências e de outras unidades da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, dos quais tive a honra de ser aluno nessa minha formação como Geógrafo. Obrigado pelos ensinamentos e, principalmente, pelos questionamentos.

Sou grato aos meus colegas da graduação e dos estágios, estudantes e profissionais, pelas trocas e experiências vividas.

Obrigado à minha irmã querida Luciana pela parceria de vida. À Lizandra e ao Francisco pelo apoio e companheirismo em boa parte desse percurso. Aos meus amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para minha formação como pessoa e como profissional.

Obrigado aos mestres Geógrafos, de todas as épocas e lugares.

A todos minha sincera e profunda gratidão!

*O tempo somente é porque algo acontece,
e onde algo acontece o tempo está.*

Milton Santos

A primeira e primordial arquitetura é a geografia!

Paulo Mendes da Rocha

RESUMO

Os usos que a sociedade faz da terra e dos recursos hídricos influenciam a qualidade e disponibilidade das águas. Tendo o conjunto das atividades humanas grande potencial de impacto nos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, o presente trabalho teve como objetivo identificar e analisar a situação atual dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba, localizada no sul do Brasil, entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Utilizou-se o método da matriz de indicadores FPEIR (Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta), na qual considera que as atividades humanas atuam como forças motrizes que fazem pressão sobre o estado do ambiente, gerando impacto e exigindo medidas de respostas da mesma sociedade. A metodologia agrupa e relaciona indicadores socioambientais para se diagnosticar a situação dos recursos hídricos de determinada área. Após a construção da matriz e a normalização dos indicadores, foram produzidos mapas dos mesmos e mapas síntese da situação da bacia. Verificou-se que a maior parte da bacia encontra-se em situação regular em relação à sua sustentabilidade ambiental. A principal atividade geradora de pressão sobre os recursos hídricos é a agricultura, mas de modo geral a pressão antrópica é baixa. Entretanto, verifica-se a vulnerabilidade da bacia pela falta de infraestrutura de abastecimento de água e saneamento básico e de ações de monitoramento, proteção e gestão ambiental, ou seja, pela escassez de medidas de resposta adequadas.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos; indicadores socioambientais; análise espacial; Litoral Norte do Rio Grande do Sul; Litoral Sul de Santa Catarina.

ABSTRACT

The uses that society makes of land and water resources influence the quality and availability of water. With all human activities as a potential impact on the water resources of a river basin, this study aimed to identify and analyze the current state of the water resources of the Mampituba River Basin, located in the south of Brazil, between the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina. The DPSIR framework (Driving Forces, Pressure, State, Impact and Response) of indicators was used, in which it considers that human activities act as driving forces that put pressure on the state of the environment, generating impact and requiring measures of responses of the same company. The methodology groups and relates socio-environmental indicators to diagnose the water resources situation of a given area. After the construction of the framework and the normalization of the indicators, maps of the same and maps were synthesized of the situation of the basin. It was found that most of the basin is in a regular situation with respect to its environmental sustainability. The main activity generating pressure on water resources is agriculture, but in general the anthropic pressure is low. However, there is a vulnerability of the basin due to the lack of infrastructure for water supply and sanitation and monitoring, protection and environmental management actions, due to the lack of adequate response measures.

Keywords: water resources management; social and environmental indicators; spatial analysis; Northern Coast of Rio Grande do Sul; South Coast of Santa Catarina.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Indicadores da matriz FPEIR (Fonte: EEA modificado por IPT).....	22
Figura 2 - Formação Serra Geral, Parque Nacional da Serra Geral (Fonte: ICMBio)	27
Figura 3 - Patamares da Serra Geral (Fonte: Prefeitura de Morrinhos do Sul)	28
Figura 4 - Lagoa do Sombrio (Fonte: Jornal Correio do Sul).....	32
Figura 5 - Foz do rio Mampituba. Na margem acima o município de Torres, abaixo o município de Passo de Torres (Fonte: Portal Imprensa News Sul)	34

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização da BHRM.....	18
Mapa 2 - Sub-bacias da BHRM (Fonte: elaborado pelo autor).....	25
Mapa 3 - Geologia da BHRM (Fonte: IBGE, 2003)	27
Mapa 4 - Geomorfologia da BHRM (Fonte: IBGE, 2003)	28
Mapa 5 - Pedologia da BHRM (Fonte: IBGE, 2002).....	29
Mapa 6 - Precipitação anual na BHRM, em milímetros (Fonte: WorldClim, 1970-2000)	30
Mapa 7 - Temperatura média anual na BHRM, em graus Celsius (Fonte: WorldClim, 1970-2000)	30
Mapa 8 - Hidrografia principal da BHRM (Fonte: IBGE, 2015).....	32
Mapa 9 - Vegetação na BHRM (Fonte: IBGE, 2003).....	33
Mapa 10 - Uso e cobertura da terra na BHRM (Fonte: elaborado pelo autor).....	38
Mapa 11 - Taxa geométrica de crescimento anual (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017).....	45
Mapa 12 - Densidade demográfica (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)	46
Mapa 13 - Taxa de urbanização (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)	46
Mapa 14 - Estabelecimentos agropecuários (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)	47
Mapa 15 - Efetivo de rebanho de pecuária (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)	48
Mapa 16 - Estabelecimentos industriais (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)	49
Mapa 17 - Demanda hídrica total (Fonte: ANA, 2014)	50
Mapa 18 - Captações superficiais em relação à área (Fonte: SEMA, 2017).....	50
Mapa 19 - Resíduo sólido urbano gerado (Fonte: MC, 2015)	51
Mapa 20 - IDH-M (Fonte: PNUD Brasil, IPEA, FJP, 2013 adaptado por Porto, 2017)	52
Mapa 21 - Rede de monitoramento da qualidade de água superficial (Fonte: FEPAM, 2017).....	53
Mapa 22 - Parâmetros de qualidade da água dentro do padrão (Fonte: FEPAM, 2013)	54

Mapa 23 - Vazão média outorgada para captações superficiais (Fonte: SEMA, 2017)	55
Mapa 24 - Incidência de doenças de veiculação hídrica (Fonte: DataSUS, 2013-2015 adaptado por Porto, 2017).....	56
Mapa 25 - Índice de atendimento de água (Fonte: MC, 2015 adaptado por Porto, 2017)	57
Mapa 26 - Índice de atendimento com rede de esgoto (Fonte: MC, 2015 adaptado por Porto, 2017)	57
Mapa 27 - Índice de tratamento de esgoto (Fonte: MC, 2015 adaptado por Porto, 2017)	58
Mapa 28 - Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos (Fonte: MC, 2015 adaptado por Porto, 2017)	59
Mapa 29 - Unidades de conservação (Fonte: MMA, 2015)	60
Mapa 30 - Terras indígenas e comunidades quilombolas (Fontes: FUNAI, 2017; INCRA, 2017).....	60
Mapa 31 - Plano municipal de saneamento básico	61
Mapa 32 - Plano municipal de resíduos sólidos	62
Mapa 33 - Síntese dos indicadores de Força Motriz e Pressão	65
Mapa 34 - Síntese dos indicadores de Pressão, Impacto e Resposta	66
Mapa 35 - Síntese da situação dos recursos hídricos da BHRM	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados levantados.....	24
Tabela 2 - População residente por município (Fonte: IBGE, 2010)	35
Tabela 3 – População residente na BHRM e sub-bacias (Fonte: Daniel Porto, 2017)	35
Tabela 4 - PIB dos municípios da BHRM e setores econômicos, em mil reais (Fonte: IBGE, 2014).....	36
Tabela 5 - Áreas das classes de uso e cobertura da terra (Fonte: Daniel Porto, 2017)	37
Tabela 6 - Critérios de classificação dos indicadores de Força Motriz e Pressão	40
Tabela 7 - Critérios de classificação dos indicadores de Estado, Impacto e Resposta	41
Tabela 8 - Indicadores de Força Motriz e Pressão por bacia hidrográfica	42
Tabela 9 - Indicadores de Estado, Impacto e Resposta por bacia hidrográfica ...	43
Tabela 10 - Parâmetros de qualidade da água disponíveis	53
Tabela 11 - Índices normalizados da matriz FPEIR e síntese dos recursos hídricos da BHRM.....	62
Tabela 12 – Classificação dos índices da matriz FPEIR e da situação da BHRM	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
AULINOR	Aglomeración Urbana do Litoral Norte
BHRM	Bacia Hidrográfica do Mampituba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DataSUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
EEA	European Environment Agency
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler
FPEIR	Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta
FJP	Fundação João Pinheiro
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GERCO-RS	Programa de Gerenciamento Costeiro do Rio Grande do Sul
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IGEO	Instituto de Geociências
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MC	Ministério das Cidades
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PGZC-SC	Plano Estadual de Gestão da Zona Costeira de Santa Catarina
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PRH	Plano de Recursos Hídricos
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

USGS	United States Geological Survey
ZEELT	Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Norte
ZEEC	Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO.....	16
1.2	OBJETIVOS.....	16
1.2.1	Objetivo geral.....	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
1.3	JUSTIFICATIVA.....	16
1.4	ÁREA DE ESTUDO.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	19
2.1	PLANEJAMENTO AMBIENTAL E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	19
2.2	USOS E IMPACTOS DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	20
2.3	INDICADORES AMBIENTAIS.....	21
2.4	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	23
3	MATERIAIS E OPERACIONALIZAÇÃO.....	24
4	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BHRM.....	26
4.1	MEIO FÍSICO E BIÓTICO.....	26
4.2	MEIO ANTRÓPICO.....	33
5	ANÁLISE DA SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	39
5.1	INDICADORES DE FORÇA MOTRIZ.....	45
5.2	INDICADORES DE PRESSÃO.....	49
5.3	INDICADORES DE ESTADO.....	52
5.4	INDICADORES DE IMPACTO.....	55
5.5	INDICADORES DE RESPOSTA.....	56
5.6	SÍNTESE DA SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BHRM.....	62
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

Para a manutenção da vida, a água é de importância fundamental, sendo a principal substância constituinte dos organismos. Por esse motivo, se faz tão necessário o conhecimento da sua distribuição, quantidade e dinâmica em nosso planeta. Na Terra, 97% da água encontra-se nos oceanos, 2,2%, nas geleiras e apenas 0,8% está na forma de água doce, essa última sendo a forma mais apropriada para o consumo humano. E da água doce disponível, 97% se encontra no subsolo e apenas 3% na superfície, onde a extração é mais fácil. A partir desses dados, percebemos a importância que adquire a preservação dos recursos hídricos do planeta. (SPERLING, 1996)

A ação humana, quando altera a qualidade ambiental modificando processos naturais ou sociais, resulta em impacto ambiental, que pode ser positivo ou negativo. Quando esse impacto é negativo, degrada o ambiente, causa alterações adversas nos processos, funções ou componentes ambientais (SÁNCHEZ, 2013). Ou seja, em se tratando da água, sua qualidade é frequentemente alterada por impactos negativos das atividades humanas e os usos que fazemos dela, que modificam o ciclo hidrológico, suas funções ecológicas e seus componentes constituintes.

Os principais usos que o ser humano faz da água são para abastecimentos doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, criação de espécies, geração de energia elétrica, navegação, harmonia paisagística e diluição e transporte de despejos; sendo que para os quatro primeiros é necessária a retirada de água dos seus mananciais, e os demais são desempenhados no próprio corpo hídrico (SPERLING, 1996).

O uso da terra para atividades humanas são as que mais alteram o ambiente (indústrias, abastecimento e saneamento doméstico, agricultura, etc) por gerarem consumo excessivo, despejos de cargas poluentes, aumento do assoreamento, modificação a paisagem e diminuição das áreas de vegetação nativa. A dinâmica do uso e da cobertura da terra em uma bacia hidrográfica tem grande influência na qualidade ambiental de seus recursos hídricos, sendo importante seu estudo e a elaboração de indicadores socioambientais para subsidiar o gerenciamento das águas e políticas de ordenamento territorial visando a preservação dos recursos naturais.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

O presente trabalho busca responder a seguinte questão: qual a situação dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba (BHRM)?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Elaborar um diagnóstico dos recursos hídricos da BHRM.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar os principais parâmetros e indicadores socioambientais para a BHRM.
- Realizar análise integrada dos indicadores socioambientais da BHRM e diagnosticar seus recursos hídricos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido ao crescimento da demanda, principalmente pelo crescimento populacional, pela urbanização, pelo desenvolvimento industrial, pela crescente produção de alimentos e a expansão agrícola, entre outros, vem diminuindo significativamente a disponibilidade de água potável. O estado atual de degradação ambiental sugere repensar como utilizamos os recursos naturais, em especial os hídricos, exigindo dos gestores e da população usuária, novos comportamentos e estratégias de planejamento que minimizem os impactos (BASSO, 1999).

Planos de gerenciamento de recursos hídricos de bacias interestaduais, assim como planos nacionais e regionais de ordenação territorial, são de competência da União. Pela ocorrência de sobreposições de recortes espaciais de planejamento e gestão que geram situações de conflitos entre instâncias de ordenamento territorial, seus instrumentos deveriam ser integrados, migrando a dimensão ambiental de uma lógica setorial para uma lógica territorial (PERES e SILVA, 2013).

Nesse sentido, o plano de recursos hídricos deveria disciplinar o uso da terra na escala da bacia hidrográfica, orientando os planos diretores municipais, que são os instrumentos de maior potencial de efetividade na proteção ambiental, desde que extrapolem a escala intraurbana e vinculem o ordenamento territorial à gestão ambiental.

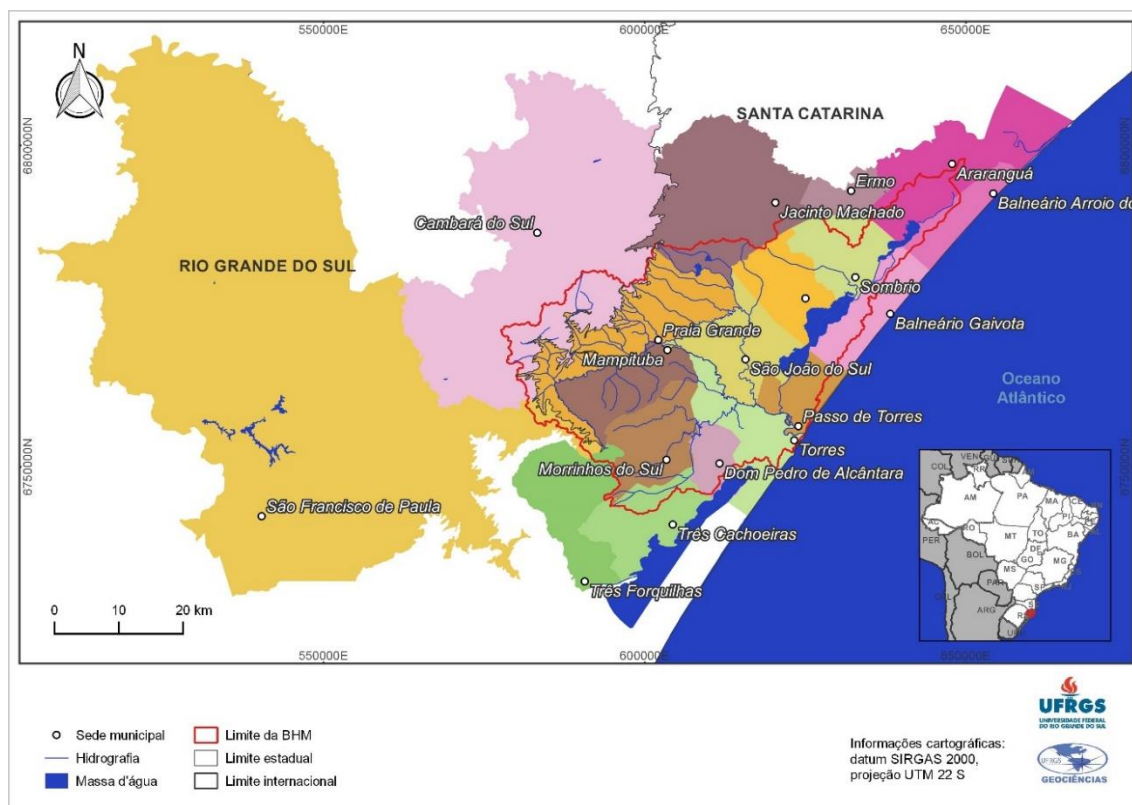
A escolha da BHRM deve-se à escassez de estudos sobre a mesma, por ser uma bacia interestadual, com instrumentos de ordenamento territorial de dois estados atuando sobre sua dinâmica, e pelos diferentes usos observados, do urbano ao agrícola. A atuação do estado através de seus instrumentos de gestão territorial e os usos que a sociedade faz da terra e dos recursos da bacia, principalmente das águas, interferem nos seus ecossistemas e na disponibilidade dos serviços ambientais.

Assim, o estudo da influência dessas variáveis e da situação das águas da BHRM se faz necessário, ampliando o conhecimento sobre sua dinâmica socioambiental para que se tenha subsídios para elaboração de políticas e instrumentos mais efetivos de ordenamento territorial e gestão ambiental.

1.4 ÁREA DE ESTUDO

A área a ser estudada é a BHRM, localizada no litoral sul do Brasil, entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, inserida na região hidrográfica Atlântico Sul e abrangida por 18 municípios (Mapa 1).

A bacia é interestadual e seu comitê de gerenciamento, criado em 2012, ainda não elaborou o plano de gerenciamento dos recursos hídricos. Do lado do Rio Grande do Sul, a bacia está inserida no Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Norte (ZEELN), que faz parte do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (GERCO-RS). Alguns municípios gaúchos com território na bacia compreendem a Aglomeração Urbana do Litoral Norte (AULINOR). Do lado de Santa Catarina, insere-se no setor Litoral Sul do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC), que faz parte do Plano Estadual de Gestão da Zona Costeira (PGZC-SC).



Mapa 1 - Localização da BHRM

2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

O referencial teórico-metodológico deste trabalho está estruturado em cinco partes, a fim de tornar seu entendimento mais fácil. A primeira parte trata do planejamento ambiental e da gestão dos recursos hídricos, tanto no Brasil como globalmente. A segunda parte aborda os principais usos dos recursos hídricos e impactos nas águas. Na terceira parte, são abordados os indicadores ambientais e quais foram adotados no presente trabalho. E por fim, na última parte, são tratados os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

2.1 PLANEJAMENTO AMBIENTAL E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O planejamento ambiental pode ser definido como o conjunto de ações adequadas à potencialidade, à vocação e à capacidade de suporte de uma determinada região, visando um desenvolvimento harmônico e a manutenção da qualidade dos meios social, físico e biológico (SANTOS, 2004). Portanto, orientado pelas potencialidades e fragilidades da região, o planejamento ambiental considera a vocação local para adequar a exploração dos recursos naturais e o uso da terra, determinando a proteção aos ecossistemas como limite para as demandas sociais e estas como redutoras das demandas econômicas.

A industrialização e a urbanização acelerados, processos típicos do modelo desenvolvimentista adotado no Brasil a partir da década de 1960, contribuíram para agravar a situação dos recursos naturais. A partir da década de 1980, a preocupação com a gestão dos recursos hídricos ganha vigor (BASSO, 1999).

No país, a proteção e gestão dos recursos hídricos têm como marcos legislativos a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela lei federal nº 433 de 1997, e a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), pela lei federal nº 9.984 de 2000, e do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A legislação criou uma série de instrumentos de gestão para as águas, como a outorga de direito de uso, o enquadramento dos corpos d'água, a cobrança pelo uso e os sistemas de informação sobre os recursos hídricos, sendo o principal o Plano de Recursos Hídricos (PRH), cujo papel é estabelecer as diretrizes de aplicação dos demais instrumentos para cada bacia hidrográfica. (ANA, 2013; BASSO, 1999)

Nesse sentido, a gestão dos recursos hídricos considera a vocação local para adequar o uso das águas, através do enquadramento e da outorga, por exemplo. No entanto as demandas socioeconômicas ainda não sofrem limitações, pois os PRH não abrangem o ordenamento do uso da terra, que influencia da qualidade e quantidade dos recursos.

2.2 USOS E IMPACTOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

As pessoas, os animais e as plantas são os principais usuários da água, pois necessitam para sobreviver. Os usos humanos procuram atender outras necessidades também, como irrigação, indústria, produção de energia e navegação. Os usos que alteram o volume dos corpos d'água são chamados consuntivos, como abastecimento humano e dessedentação de animais; os usos que não mudam o volume, como navegação, são os não-consuntivos. (TUCCI e MENDES, 2006)

O impacto ambiental é a “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”, podendo ser negativo ou positivo (SÁNCHEZ, 2013). No caso dos recursos hídricos, os impactos são resultado dos usos da água e da terra. Os usos consuntivos (abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação, indústria) impactam na disponibilidade hídrica. Já os efluentes impactam na qualidade das águas, como o pluvial que ajuda na infiltração de contaminantes agrícolas, de mineração e da pecuária, e do doméstico sem tratamento adequado. Além disso, obras de infraestrutura, como construção de barragens, podem impactar as águas. (TUCCI e MENDES, 2006)

O uso da terra também tem impacto sobre os recursos hídricos. Atividades agrícolas, mineração, construção e urbanização podem causar ou acelerar processos erosivos. Já o desmatamento e a queima de matas que alteram a cobertura interferindo no escoamento superficial e na infiltração da água da chuva. (TUCCI e MENDES, 2006)

2.3 INDICADORES AMBIENTAIS

Indicadores ambientais apresentam tendências na situação do meio ambiente, servindo também para monitorar o progresso no alcance das metas das políticas ambientais, nos comunicando informações sobre fenômenos típicos e críticos para a qualidade ambiental de forma simples e concentrando-se em certos aspectos considerados mais relevantes (EEA, 1999).

Neste trabalho foi utilizada a matriz de indicadores FPEIR (Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto e Resposta), desenvolvido pela European Environment Agency (EEA), que baseia-se na análise sistêmica das relações causais entre o ambiente natural e as atividades humanas.

As atividades decorrentes do desenvolvimento socioeconômico funcionam como força motriz, exercendo pressão sobre o ambiente e os recursos hídricos, modificando o estado dos mesmos. Essa alteração pode provocar impactos ambientais, como poluição, conflitos de uso da água, desastres ou problemas de saúde pública, necessitando a adoção de medidas de resposta para prevenção e correção que, dependendo do caso, podem ser aplicadas nas forças motrizes, nas pressões, no estado ou nos impactos.

Na Figura 1 estão apresentados os elementos da matriz FPEIR e seu fluxo causal. Por exemplo, a agricultura funciona como força motriz que gera pressão no meio através do aumento da captação de água, o que altera o estado da disponibilidade hídrica. Isso causa impactos, como o aumento dos conflitos pelo uso do recurso. Surge então a necessidade de elaboração de medidas de resposta à essa situação, como monitoramento da vazão dos cursos d'água e criação de áreas protegidas.

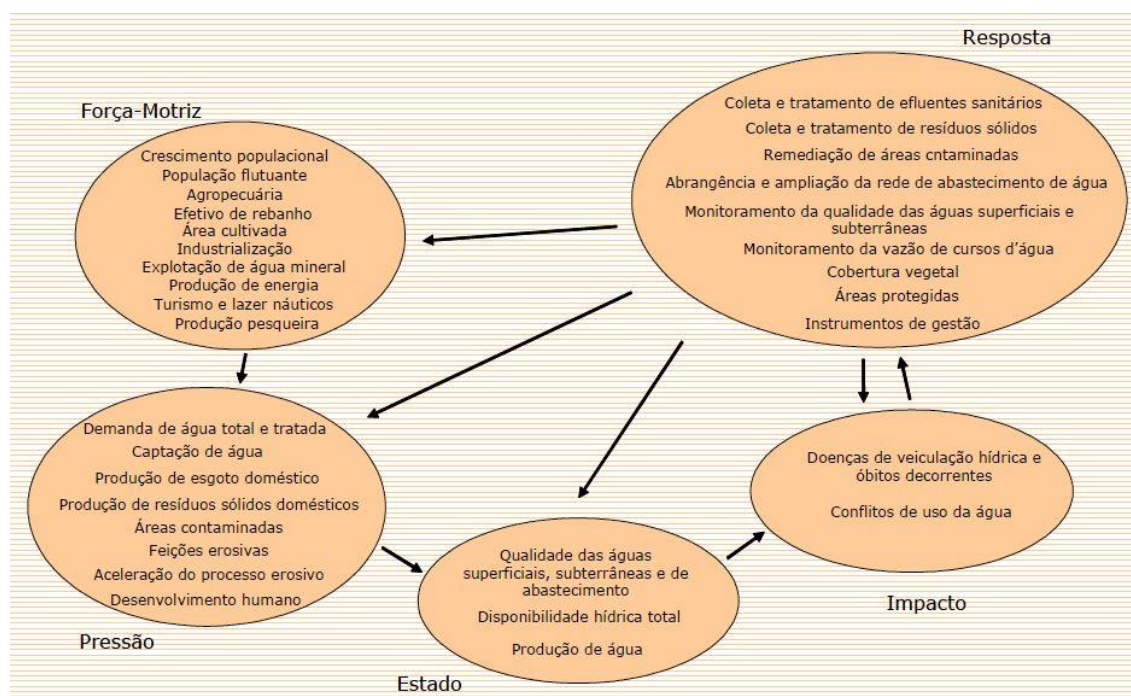


Figura 1 - Indicadores da matriz FPEIR (Fonte: EEA modificado por IPT)

No presente estudo foram utilizados parâmetros relacionados aos seguintes indicadores da matriz FPEIR:

- Força Motriz: crescimento populacional, agricultura, efetivo de rebanho, área cultivada e industrialização.
- Pressão: demanda e captação de água, produção de resíduos sólidos domésticos, feições e aceleração de processos erosivos, e desenvolvimento humano.
- Estado: qualidade e outorga de água.
- Impacto: doenças de veiculação hídrica.
- Resposta: coleta e tratamento de efluentes sanitários e resíduos sólidos, redes de abastecimento e de monitoramento de água, cobertura vegetal, áreas protegidas e instrumentos de gestão.

Primeiramente, serão construídas duas tabelas, uma integrando os parâmetros de Força Motriz e Pressão e outra integrando os parâmetros de Estado, Impacto e Resposta. Após, os parâmetros serão classificados conforme a Tabela 6 e a Tabela 7, e mapeados. Por fim, os indicadores serão normalizados conforme a fórmula:

$$Np = \frac{Pm - Pmín}{Pmáx - Pmín}$$

Onde Np é o parâmetro normalizado; Pm o parâmetro medido da sub-bacia; $Pmín$ o parâmetro mínimo medido entre as sub-bacias; e $Pmáx$ o parâmetro máximo medido.

Foram calculadas as médias dos parâmetros para cada sub-bacia e a média para a BHRM. Após, foram gerados um mapa síntese dos indicadores de Força Motriz e Pressão, um dos indicadores de Estado, Impacto e Resposta, e um mapa síntese da situação dos recursos hídricos da BHRM.

2.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilitam integrar informações espaciais de variados aspectos do território, como físicos, ambientais, sociais, econômicos e culturais em uma mesma base de dados. Neste trabalho, o SIG é fundamental para operacionalizar as análises pretendidas, integrando os dados provenientes de diferentes bases com o levantamento de uso e cobertura da terra a ser realizado e utilização de ferramentas de processamento digital de imagens e análise geográfica.

No SIG, serão extraídas de dados de sensoriamento remoto informações dos limites da BHRM e suas sub-bacias, além de uso e cobertura da terra. Também no SIG serão integrados todos os dados secundários levantados, gerando os mapas dos indicadores da matriz FPEIR. Posteriormente os dados serão sintetizados e os índices resultantes serão especializados. Os produtos finais do SIG serão os mapas síntese da situação dos recursos hídricos da BHRM, que então serão analisados.

3 MATERIAIS E OPERACIONALIZAÇÃO

Para atingir elaboração da matriz FPEIR e a caracterização geral da região da bacia, foram levantados os seguintes dados:

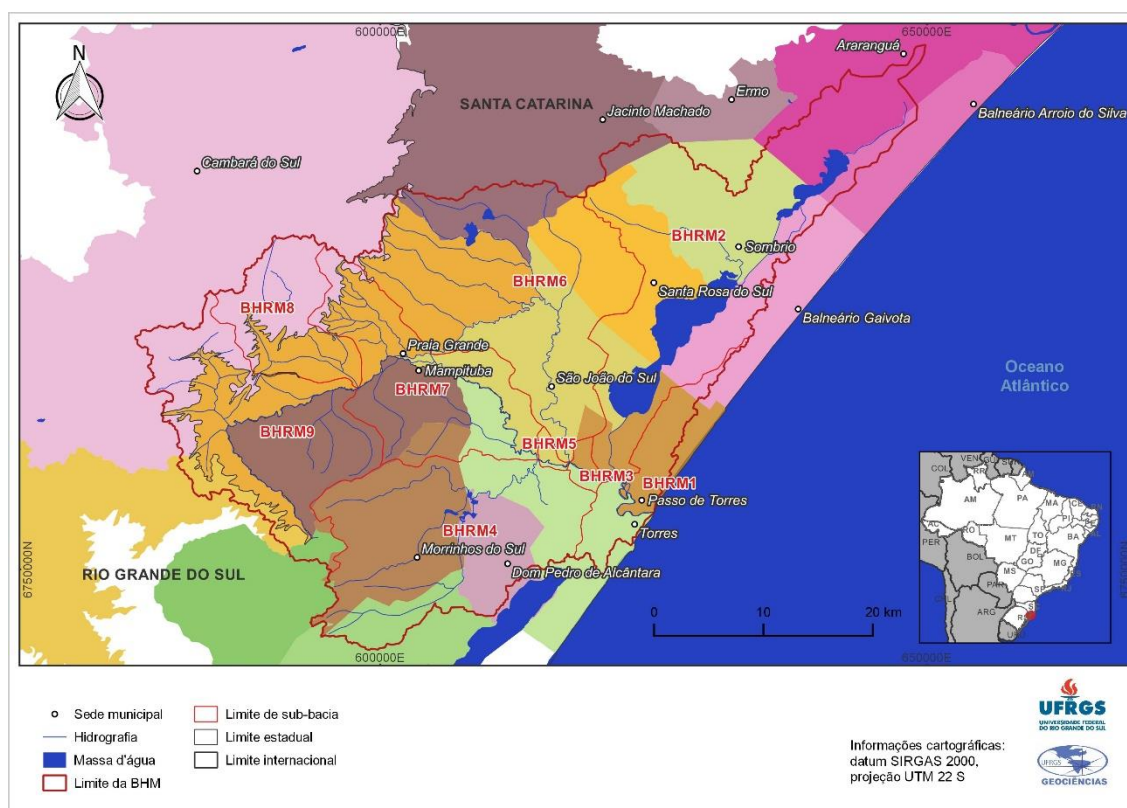
Tabela 1 - Dados levantados

Dado	Ano	Fonte
Dados populacionais do Censo 2010	2010	IBGE
Estabelecimentos agropecuários	2010	IBGE
Efetivo de rebanho	2010	IBGE
Estabelecimentos industriais	2010	IBGE
Estabelecimentos de comércio	2010	IBGE
Estabelecimentos de serviço	2010	IBGE
Demanda hídrica	2014	ANA
Outorgas de água	2017	SEMA
IDH-M	2013	PNUD Brasil, IPEA, FJP
Parâmetros de qualidade da água	2013	FEPAM
Balneabilidade	2017	FEPAM
Incidência de doenças de veiculação hídrica	2013/2015	DataSUS
Atendimento de água, atendimento com rede, coleta e tratamento de esgoto	2015	MC
Geração e coleta de resíduos sólidos	2015	MC
Rede de monitoramento da qualidade de água superficial	2017	FEPAM
Unidade de conservação	2015	MMA
Terras indígenas	2017	FUNAI
Quilombolas	2017	INCRA
Geologia, geomorfologia e vegetação	2003	IBGE
Pedologia	2002	IBGE
Limites políticos e hidrografia	2015	IBGE
Climatologia	1970/2000	WorldClim

No levantamento, buscou-se parâmetros que melhor se enquadrassem nos temas da matriz FPEIR (Figura 1), segundo EEA (1999) e IPT (2008). Além disso, os indicadores deveriam representar as condições do meio, ser facilmente interpretados, possibilitar análise de tendências, refletir as mudanças nos meios naturais e antrópicos, e ter valores de referência (SOARES, FILHO, *et al.*, 2011). A disponibilidade de dados foi um problema encontrado no levantamento. Nem todos os parâmetros estavam disponíveis ou não havia para todos os municípios.

A delimitação da BHRM e suas sub-bacias foi obtida com vetorização manual dos divisores de águas sobre as curvas de nível geradas a partir de dados de radar Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) da United States Geological Survey (USGS), de 2000. Os dados foram processados no programa SAGA-GIS 2.3.1.

Para delimitar as sub-bacias, foi utilizada a codificação de Otto Pfafstetter, método oficial no Brasil para codificação de bacias hidrográficas.



Mapa 2 - Sub-bacias da BHRM (Fonte: elaborado pelo autor)

O levantamento de uso e cobertura da terra foi realizado a partir de imagem orbital obtida pelo sensor OLI do satélite Landsat-8, com resolução espacial de 30 metros, na data de 15 de maio de 2017. No programa QGIS 2.18.9, utilizou-se o complemento Semi-Automatic Classification Plug-In 5.3.11 para as correções radiométrica e atmosférica e a classificação da imagem, resultando nas seguintes classes de uso e cobertura: mata, solo exposto, agricultura, corpo d'água, campo/pastagem, urbano e silvicultura.

A tabulação dos dados levantados e a redação do texto foram realizadas no Microsoft Office 2013. Para elaboração dos mapas, foi utilizado o QGIS 2.18.9.

4 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BHRM

A BHRM situa-se na região Sul do Brasil, na região hidrográfica Atlântico Sul, abrangendo uma área de drenagem de 1.777,57 km².

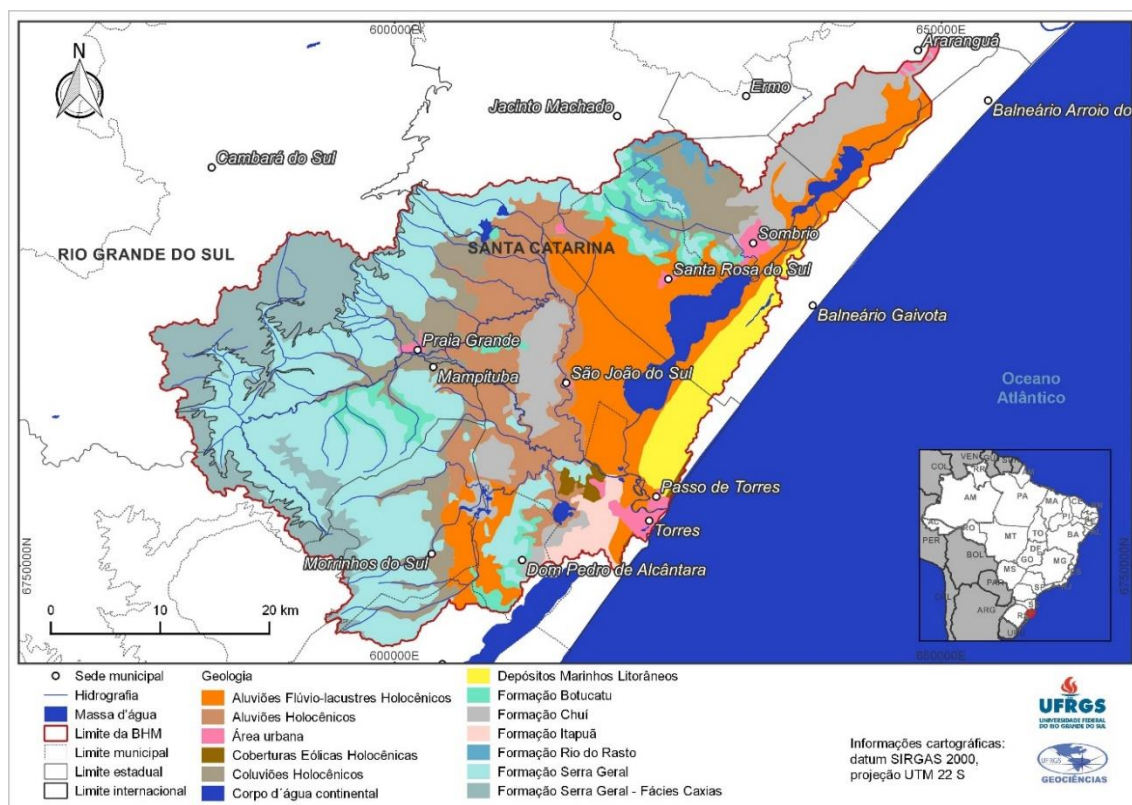
A seguir são apresentadas características gerais relacionadas ao meio físico e biótico (geologia, geomorfologia, solos, clima, hidrografia, vegetação) e antrópico (formação socioespacial, população, economia e uso da terra).

4.1 MEIO FÍSICO E BIÓTICO

A BHRM está situada na província litoestrutural Mantiqueira. A formação Rio do Rastro é a mais antiga, do Permiano, com arenitos e siltitos, compreendendo 25 km². Do Juro-Cretáceo, a formação Botucatu, com arenitos e feldspatos e 69,5 km², e a formação Serra Geral (Figura 2), com basaltos e 678 km². Do Pleistoceno, a formação Chuí, com areias quartzosas e 146,7 km², e a formação Itapoã, com depósitos eólicos de areias quartzosas e 25,7 km². Do Holoceno, depósitos aluvionares, coluviões e depósitos marinhos, abrangendo 663 km² (Mapa 3).

A BHRM compreende três regiões geomorfológicas. Na região do Planalto das Araucárias, as unidades geomorfológicas são o Planalto dos Campos Gerais, Serra Geral e Patamares da Serra Geral (Figura 3). Na região da Planície Continental, a unidade da Planície Alúvio-Coluvionar. E na região da Planície Costeira Interna, as unidades da Planície Litorânea e da Planície Lagunar. As regiões de planície ocupam a maior área da bacia (Mapa 4).

Quanto à pedologia, predominam o Neossolo Quarterênico órtico, na porção baixa da bacia, o Nitossolo Vermelho distroférico, na porção média, e os cambissolos nas porções média e alta (Mapa 5).



Mapa 3 - Geologia da BHRM (Fonte: IBGE, 2003)



Figura 2 - Formação Serra Geral, Parque Nacional da Serra Geral (Fonte: ICMBio)

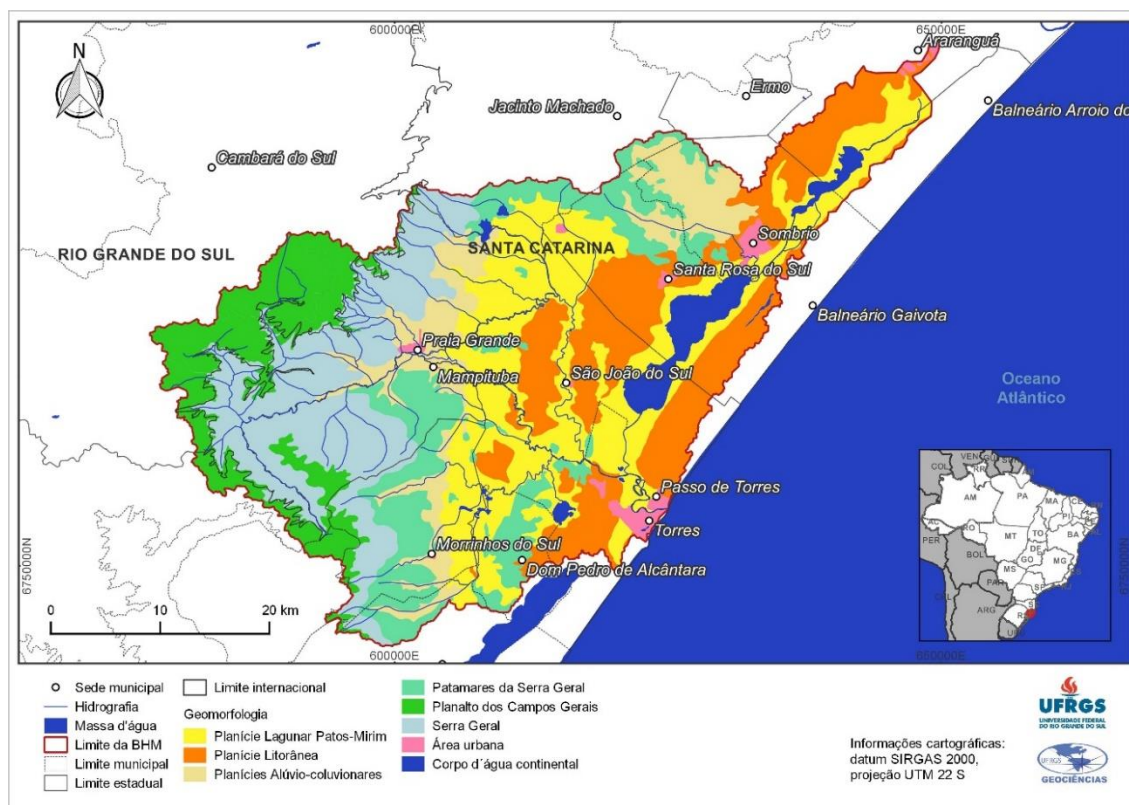
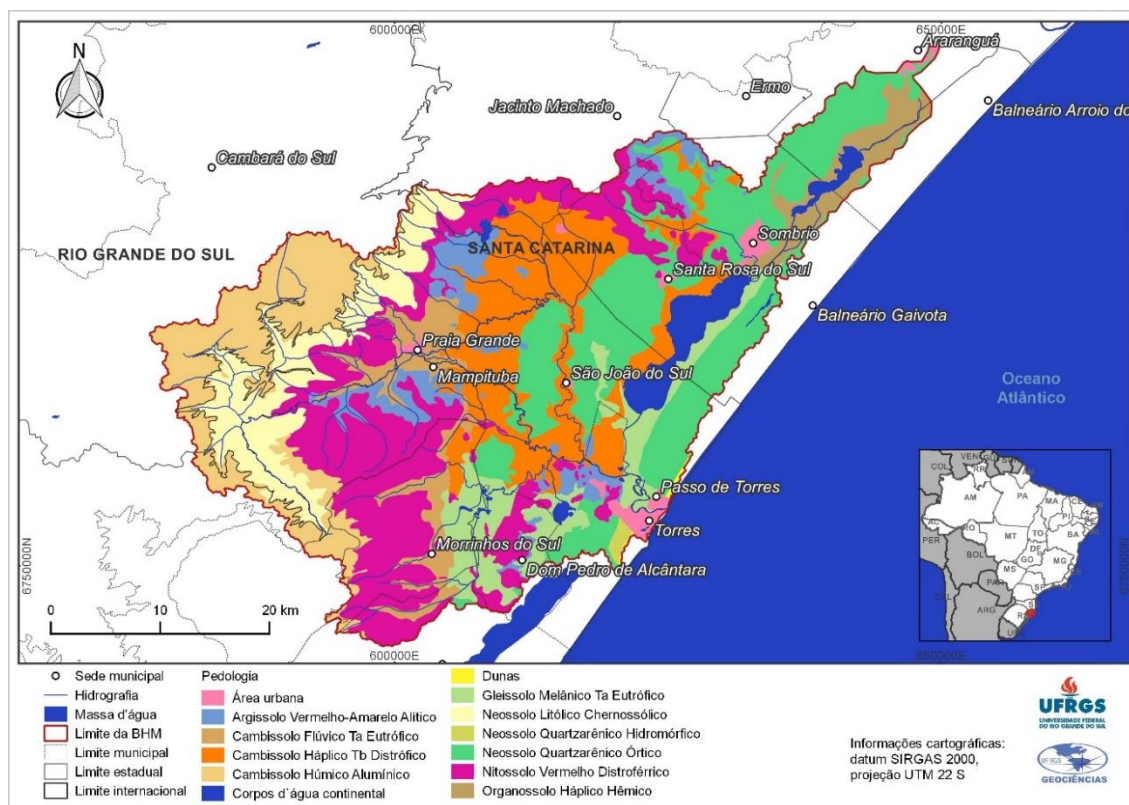


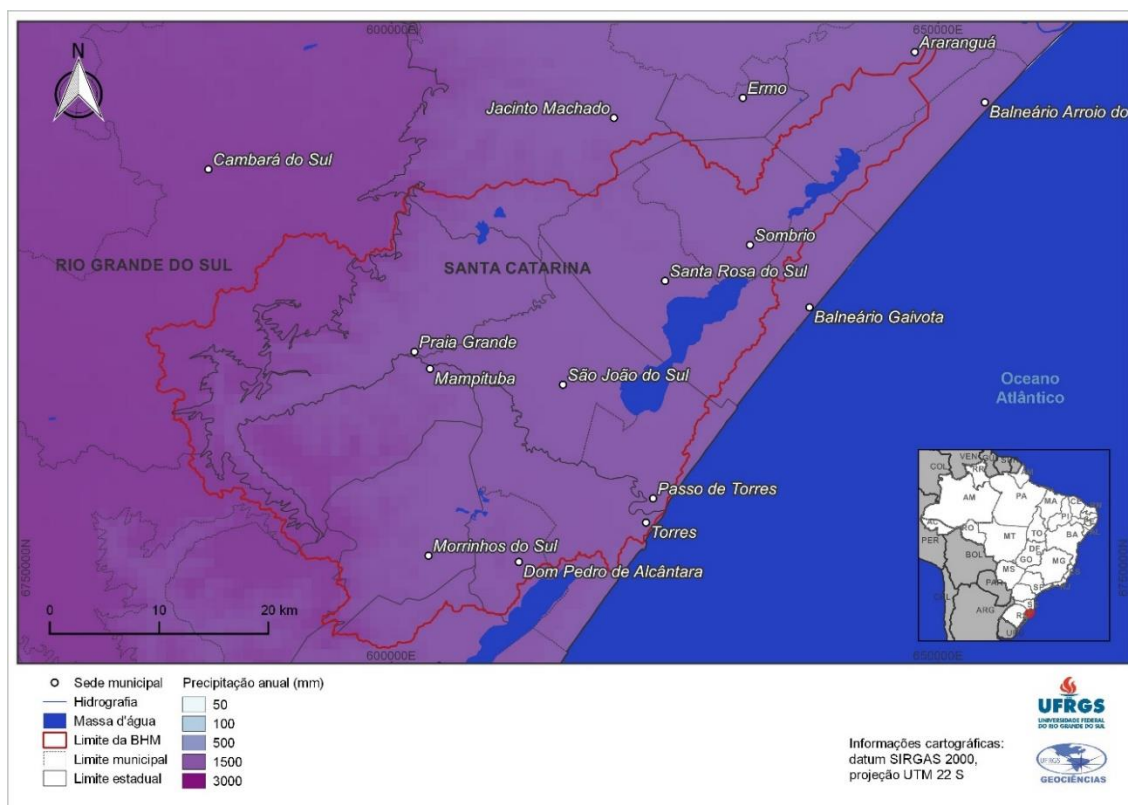
Figura 3 - Patamares da Serra Geral (Fonte: Prefeitura de Morrinhos do Sul)



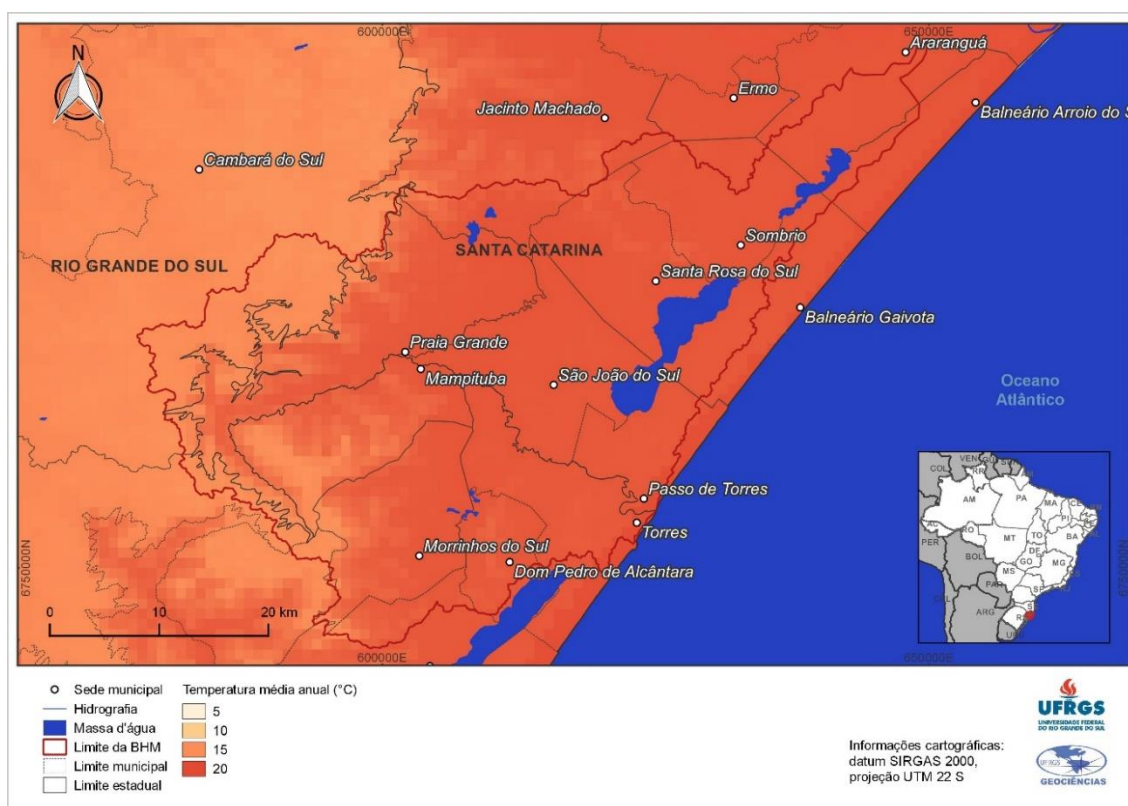
Mapa 5 - Pedologia da BHRM (Fonte: IBGE, 2002)

Segundo o sistema de classificação climática de Köppen, a região da BHRM está sob um clima Cfa com verão quente, ou seja, úmido subtropical de clima oceânico, sem estação seca (ALVARES, STAPE, *et al.*, 2014). A temperatura do mês mais frio varia entre $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, e o mês mais quente apresenta registros acima dos $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. A média anual fica abaixo dos $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Já a precipitação do mês mais seco supera os 40 mm.

Conforme o Mapa 6, com dados do WorldClim referentes ao período de 1970-2000, a precipitação anual na maior parte da BHRM é acima de 500 mm, e na porção dos Campos Gerais está acima dos 1.500 mm. Já a temperatura média anual (Mapa 7) na maior parte da bacia é de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, e na porção dos Campos Gerais, de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Mapa 6 - Precipitação anual na BHRM, em milímetros (Fonte: WorldClim, 1970-2000)

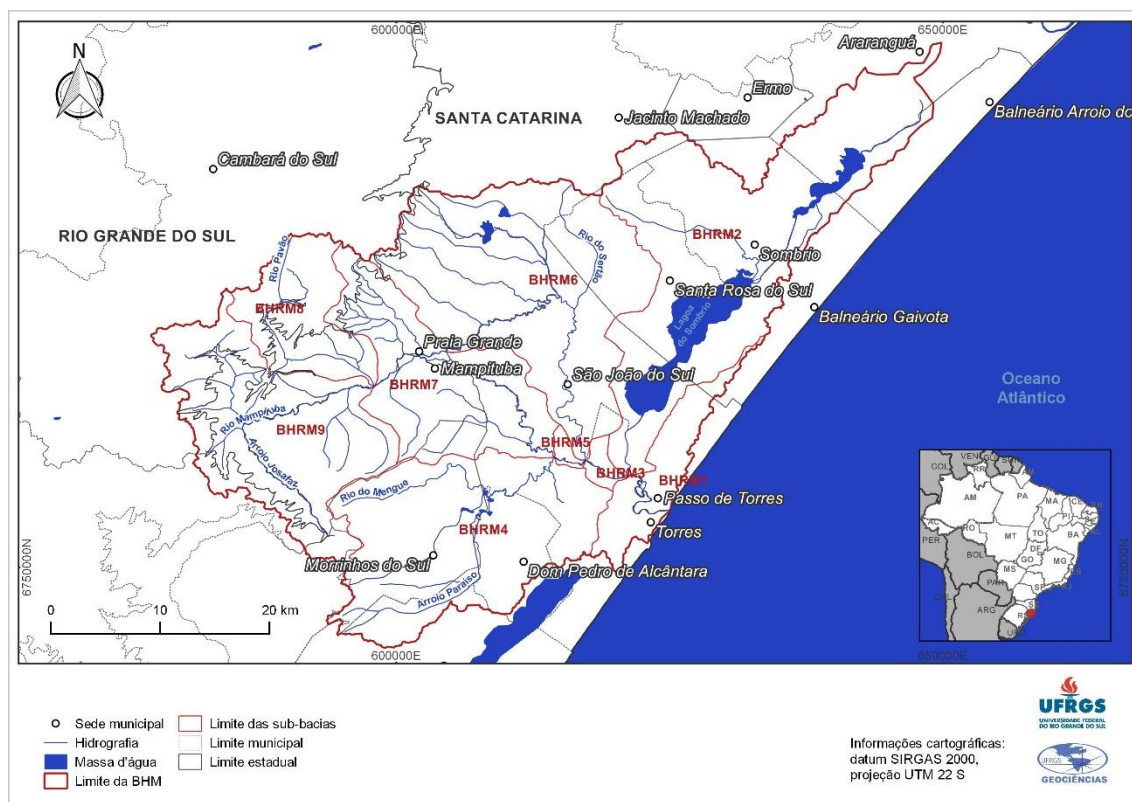


Mapa 7 - Temperatura média anual na BHRM, em graus Celsius (Fonte: WorldClim, 1970-2000)

Em outro estudo, mas de escala regional, focando o estado do Rio Grande do Sul (ROSSATO, 2011), a área da BHRM situa-se em zona de transição entre tipos climáticos. A porção do planalto e da Serra Geral enquadra-se como Subtropical III, úmido com variação longitudinal das temperaturas médias, recebendo influência dos sistemas tropicais conjugados com o efeito do relevo, da continentalidade, da maritimidade e das áreas urbanas. As precipitações, causadas pelos sistemas frontais, são altas, entre 1.700 mm e 1.800 mm ao ano. A temperatura média anual varia entre 17 °C e 20 °C, tendo mínimas entre 11 °C e 14 °C e máximas entre 23 °C e 26 °C

Segundo a mesma autora (ROSSATO, 2011), a porção das planícies enquadra-se como Subtropical IVb, muito úmido com inverno frio e verão fresco. Recebe influência dos sistemas tropicais marítimos juntamente com do relevo-altitude e as precipitações são causadas também pelos sistemas frontais. As chuvas são bem distribuídas e abundantes, entre 1.700 mm e 1.900 mm anuais. A temperatura média oscila entre 14 °C e 17 °C, e máxima entre 23 °C e 29 °C.

Quanto à hidrografia, a BHRM, de modo geral, tem uma rede de drenagem abundante, com numerosas vertentes e olhos d'água que abastecem diversos arroios que, quando se unem, formam banhados e auxiliam na fertilização do solo, utilizado para vários tipos de culturas (HINATA e BASSO, 2017). Tem como seu principal curso d'água o rio Mampituba, que também serve de divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Seus principais afluentes são o rio Pavão, na área de contribuição BHRM-8, o arroio Josafaz, na BHRM-9, o Rio do Sertão, na BHRM-6, o Rio do Mengue, na BHRM-4, e a Lagoa do Sombrio (Figura 4), na BHRM-2 (Mapa 8).



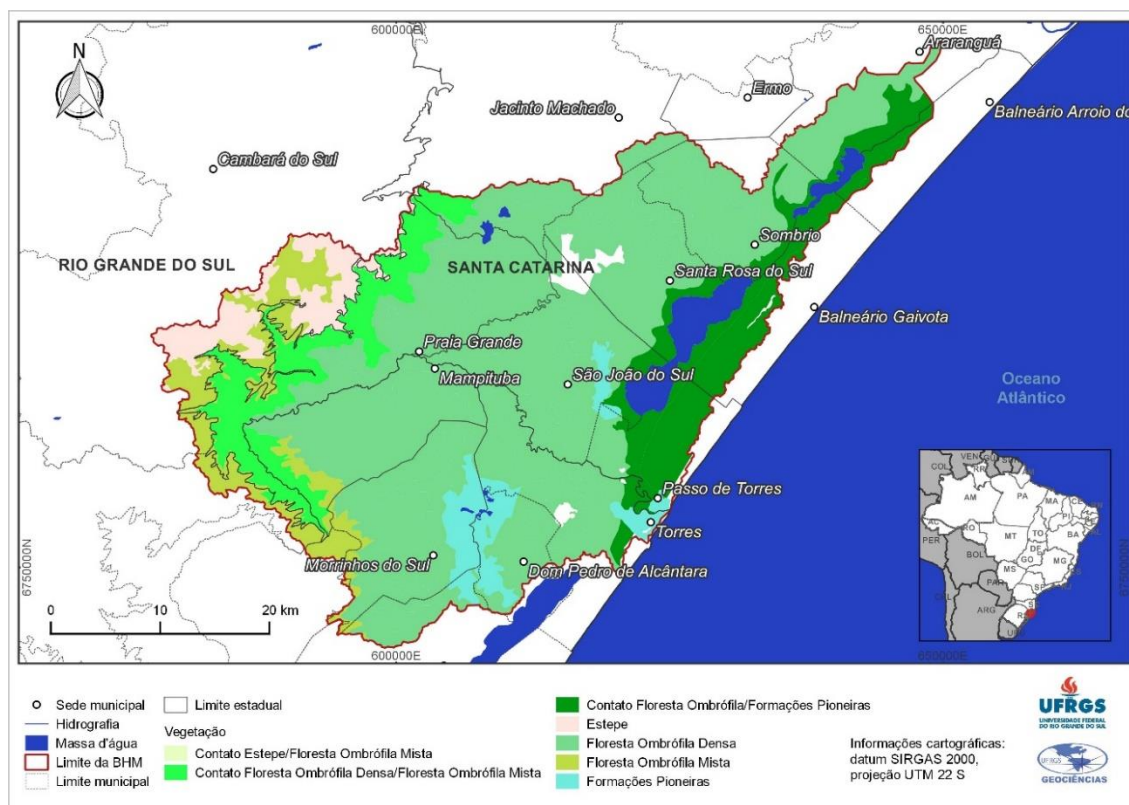
Mapa 8 - Hidrografia principal da BHRM (Fonte: IBGE, 2015)



Figura 4 - Lagoa do Sombrio (Fonte: Jornal Correio do Sul)

A BHRM está em uma região de contato de quatro formações vegetais. A Mata Atlântica (floresta ombrófila densa), associada ao clima úmido, quente e litorâneo,

cobre a maior parte da bacia. Seguida da Floresta de Araucária (floresta ombrófila mista), associada às temperaturas mais baixas das porções de maior altitude, na Serra Geral. E os Campos Gerais, ou Campos de Cima da Serra (estepe), associados às baixas temperaturas e às altitudes do Planalto dos Campos Gerais. Ainda há formações pioneiras e uma grande área de contato entre essas e as florestas ombrófilas.



Mapa 9 - Vegetação na BHRM (Fonte: IBGE, 2003)

4.2 MEIO ANTRÓPICO

A área de drenagem da BHRM divide-se entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, intercepta dezoito municípios, sendo oito gaúchos (Cambará do Sul, Dom Pedro de Alcântara, Mampituba, Morrinhos do Sul, São Francisco de Paula, Torres, Três Cachoeiras e Três Forquilhas) e dez catarinenses (Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Balneário Gaivota, Ermo, Jacinto Machado, Passo de Torres, Praia Grande, Santa Rosa do Sul, Sombrio e São João do Sul).

A ocupação da região iniciou há cerca de seis mil anos por nômades pescadores e coletores, que mais tarde fixaram-se próximos aos corpos d'água e

no litoral. Mais adiante a área foi ocupada pelos Guaranis. A partir do século XVIII, a fim de garantir a defesa do território a região foi dividida em sesmarias pela coroa portuguesa e entregue aos primeiros colonizadores açorianos, que foram expulsando a população indígena, e escravos africanos. No século XIX chegaram os primeiros colonos alemães e italianos. A economia baseava-se na agricultura, pecuária, pesca e pequena atividade manufatureira e mercantil que originou a industrialização da região de Araranguá. No século XX a região passa a ter interesse turístico, primeiro recebendo residências de verão de famílias abastadas de outras áreas, formando os primeiros balneários. Ao longo das décadas, com a melhoria dos acessos e do transporte, passa a abrigar um número crescente de turistas que contribuíram para expandir o setor, e com políticas de incentivo governamentais, crescem as lavouras e as agroindústrias de arroz na região (STROHAECKER, 2007; BITENCOURT, LALANE e ROCHA, 2011; RAMOS, 2011).



Figura 5 - Foz do rio Mampituba. Na margem acima o município de Torres, abaixo o município de Passo de Torres (Fonte: Portal Imprensa News Sul)

A Tabela 2 apresenta a população residente dos municípios da BHRM, e a Tabela 3 a população residente da BHRM e suas sub-bacias. O município de Araranguá destaca-se com a maior população, seguido de Torres. A BHRM possui

quase 130 mil habitantes, com a BHRM-2, que intercepta Araranguá e Sombrio, abrigando mais de 62 mil pessoas. A BHRM-1, que inclui Torres, conta com quase 40 mil habitantes.

Tabela 2 - População residente por município (Fonte: IBGE, 2010)

Município	População residente em 2010
Araranguá (SC)	61.310
Balneário Arroio do Silva (SC)	9.586
Balneário Gaivota (SC)	8.234
Ermo (SC)	2.050
Jacinto Machado (SC)	10.609
Passo de Torres (SC)	6.627
Praia Grande (SC)	7.267
Santa Rosa do Sul (SC)	8.054
São João do Sul (SC)	7.002
Sombrio (SC)	26.613
Cambará do Sul (RS)	6.542
Dom Pedro de Alcântara (RS)	2.550
Mampituba (RS)	3.003
Morrinhos do Sul (RS)	3.182
São Francisco de Paula (RS)	20.537
Torres (RS)	34.656
Três Cachoeiras (RS)	10.217
Três Forquilhas (RS)	2.914

Tabela 3 – População residente na BHRM e sub-bacias (Fonte: Daniel Porto, 2017)

Bacia hidrográfica	População
BHRM	129.266
BHRM-1	39.028
BHRM-2	62.939
BHRM-3	9.050
BHRM-4	17.541
BHRM-5	6.746
BHRM-6	22.796
BHRM-7	22.250
BHRM-8	8.906
BHRM-9	20.850

A Tabela 4 mostra o Produto Interno Bruto (PIB), principal indicador de riqueza econômica de uma região. Quanto à economia dos municípios integrantes da bacia, mais uma vez, Araranguá destaca-se como o de maior PIB, seguido de Torres. O setor agrícola é o que mais colabora proporcionalmente com o PIB da região,

seguido do de serviços. Entretanto, a participação dos municípios no PIB de seus estados é muito pequena, não alcançando 1 %.

Tabela 4 - PIB dos municípios da BHRM e setores econômicos, em mil reais (Fonte: IBGE, 2014)

Município	PIB Agricultura	PIB Indústria	PIB Serviços	PIB Estado	PIB Total	Participação no PIB estadual (%)
Araranguá (SC)	200.461	442.719	932.738	349.180	1.925.098	0,63
Balneário Arroio do Silva (SC)	19.281	14.753	63.407	49.217	146.658	0,05
Balneário Gaivota (SC)	21.813	18.781	52.478	45.656	138.728	0,05
Ermo (SC)	22.951	18.286	17.872	14.879	73.988	0,03
Jacinto Machado (SC)	74.204	78.355	93.849	60.802	307.210	0,10
Passo de Torres (SC)	29.347	17.640	27.946	36.803	111.736	0,04
Praia Grande (SC)	25.677	25.164	63.573	36.426	150.840	0,05
Santa Rosa do Sul (SC)	31.695	17.024	44.084	37.498	130.301	0,05
São João do Sul (SC)	50.061	17.924	49.908	36.334	154.227	0,05
Sombrio (SC)	141.859	145.610	311.511	158.299	757.279	0,25
Cambará do Sul (RS)	43.469	30.846	43.388	36.555	154.258	0,03
Dom Pedro de Alcântara (RS)	9.718	6.323	22.883	17.229	56.153	0,01
Mampituba (RS)	21.864	3.582	9.200	17.127	51.773	0,01
Morrinhos do Sul (RS)	21.851	4.138	13.881	18.203	58.073	0,01
São Francisco de Paula (RS)	230.577	67.006	193.068	114.585	605.236	0,14
Torres (RS)	94.065	184.473	649.853	241.335	1.169.726	0,26
Três Cachoeiras (RS)	38.027	35.573	122.578	60.019	256.197	0,05
Três Forquilhas (RS)	22.860	4.183	10.166	17.700	54.909	0,01

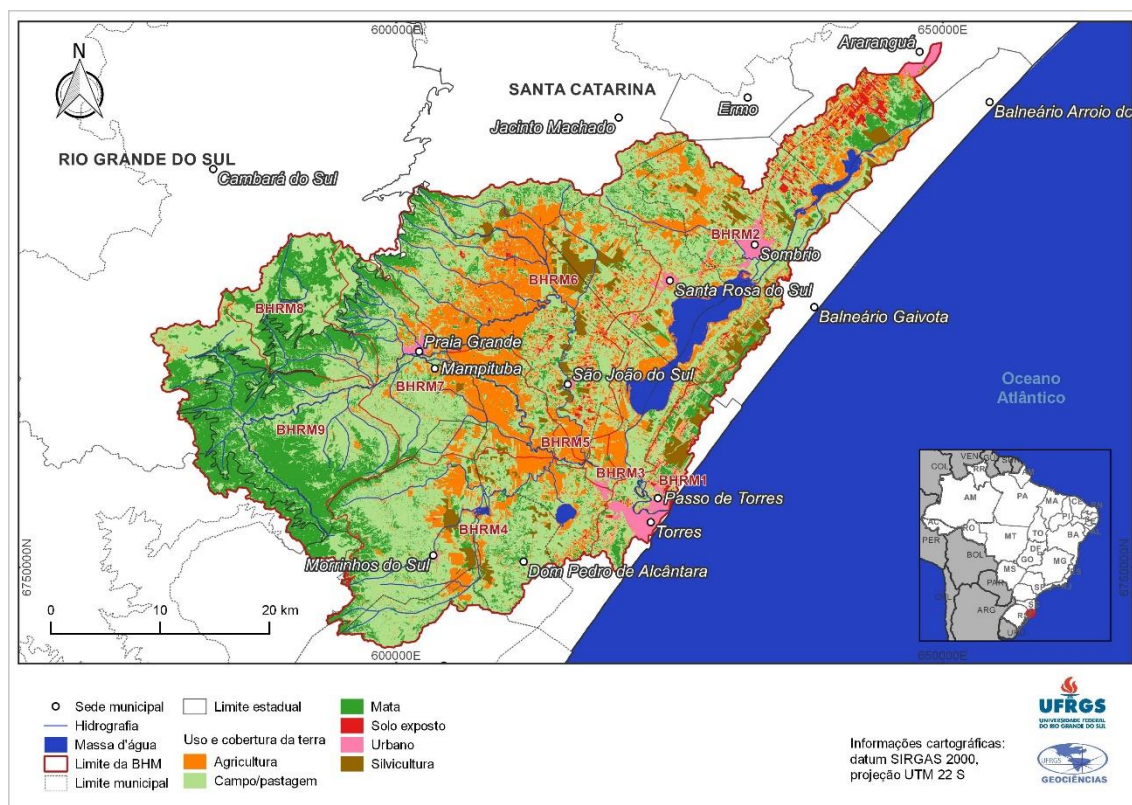
A participação do setor agrícola se reflete no uso da terra, que ocupa 22,4 % da área da BHRM, chegando a 73 % na BHRM-5. Mas a maior área de uso é na BHRM-6, com 123,9 km². A silvicultura alcança quase 10 % na BHRM-1 e chega à 6,6 % na BHRM-6. Na totalidade, a BHRM tem 3,3 % de sua área com silvicultura. O uso de pastagem e cobertura de campo também ocupa grandes áreas, alcançando quase 40 % da BHRM, chegando a 58,9 % na BHRM-4. A cobertura de mata é considerável na bacia, 23,8 %, com a BHRM-8 e BHRM-9 colaborando com índices de 52,8 % e 60,2 %, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 - Áreas das classes de uso e cobertura da terra (Fonte: Daniel Porto, 2017)

Classe	BHRM	BHRM-1	BHRM-2	BHRM-3	BHRM-4	BHRM-5	BHRM-6	BHRM-7	BHRM-8	BHRM-9
Mata	23,7	10,6	14,5	6,0	17,4	5,6	14,2	17,2	52,8	60,2
Solo exposto	1,2	13,2	5,1	1,0	1,0	0,4	2,4	0,0	0,0	0,0
Agricultura	22,4	22,1	26,2	50,6	17,9	73,0	33,8	34,1	2,5	2,7
Corpo d'água	2,9	0,0	10,5	0,1	1,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
Campo/pastagem	39,3	26,3	40,7	36,4	58,9	21,0	41,3	48,0	44,7	37,1
Urbano	1,3	5,0	3,0	5,8	0,5	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0
Silvicultura	3,3	9,2	3,8	0,0	3,1	0,0	6,6	0,7	0,0	0,0

O uso urbano apresenta três principais núcleos. Um abrange uma porção da área urbana do município de Araranguá, na BHRM-2; outro contém a sede do município de Sombrio, também na BHRM-2; e o terceiro contempla as sedes dos municípios de Torres e Passo de Torres, na foz do rio Mampituba, na BHRM-1 (Figura 5). Na BHRM-3 há uma área urbana considerável, proporcionalmente à área da bacia (Mapa 10).

A cobertura de solo exposto se destaca na BHRM-1, com 13,2 %, com manchas nas bordas e próximas à área de uso urbano. Nas demais sub-bacias, o solo exposto está associado às áreas de uso agrícola.



Mapa 10 - Uso e cobertura da terra na BHRM (Fonte: elaborado pelo autor)

5 ANÁLISE DA SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A situação dos recursos hídricos da BHRM baseia-se na análise dos indicadores, com parâmetros disponíveis, da matriz FPEIR. Partindo-se dos indicadores de Estado, verificou-se a relação com os indicadores de Força Motriz, Pressão, Impacto e Resposta.

Para Força Motriz e Pressão, os indicadores foram hierarquizados em cinco classes que representam a capacidade do parâmetro de alterar o estado dos recursos hídricos: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa (Tabela 6). Para os indicadores de Estado, Impacto e Resposta, as cinco classes representam sua situação: ótima, boa, regular, ruim e péssima (Tabela 7). Às classes foram atribuídas cores, utilizadas na matriz e nos mapeamentos dos parâmetros. Os indicadores foram hierarquizados e classificados conforme o IPT (2008).

Com os dados existentes, para a BHRM e para os municípios que a compõe, a matriz FPEIR foi preenchida com os dados dos indicadores, que hierarquizados, fornecem o cenário atual dos recursos hídricos da BHRM (Tabela 8 e Tabela 9).

Os dados disponíveis apenas para municípios foram adaptados para que se obtivesse informações aproximadas agregadas por bacia hidrográfica. Para os dados de população, a população urbana foi considerada circunscrita à área urbana, conforme o mapeamento de uso e cobertura, e a população rural no restante do território municipal. A partir disso, considerou-se a população de um município que está contida em determinada bacia, proporcional à área do município dentro da bacia.

Dados de abastecimento de água, rede e tratamento de esgoto, geração e coleta de resíduos sólidos e incidência de doenças de veiculação hídrica foram agregados por bacia proporcionalmente à população. Os dados de estabelecimentos econômicos foram distribuídos proporcionalmente às áreas dos município dentro das bacias.

Já os dados disponíveis por bacia hidrográfica foram mantidos, mesmo com algumas diferenças na delimitação das áreas de contribuição em relação às da ANA, devido às metodologias diferentes.

Tabela 6 - Critérios de classificação dos indicadores de Força Motriz e Pressão

Indicadores de Força Motriz e Pressão			Capacidade de alterar o estado dos recursos hídricos				
Indicador	Parâmetro	Unidade	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Crescimento populacional	Taxa geométrica de crescimento anual	% a.a.	< 0,00	0,00 a 0,50	0,50 a 1,00	1,00 a 1,50	> 1,50
	Densidade demográfica	nº hab/km²	< 100	100 a 250	250 a 500	500 a 1.000	> 1000
	Taxa de urbanização	%	0 a 20	20 a 40	40 a 60	60 a 80	80 a 100
	Área urbana em relação a área total	%	0	0 a 20	20 a 40	40 a 60	> 60
Agropecuária	Estabelecimentos agropecuários	nº	< 100	100 a 1.000	1.000 a 2.000	2.000 a 4.000	> 4.000
Efetivo de rebanho	Pecuária	nº	< 10 mil	10 a 100 mil	100 mil a 1 milhão	1 a 10 milhões	> 10 milhões
	Suinocultura	nº	< 1.000	1.000 a 2.000	2.000 a 3.000	3.000 a 5.000	> 5.000
	Avicultura	nº	< 100 mil	100 mil a 1 milhão	1 a 10 milhões	10 a 20 milhões	> 20 milhões
Área cultivada	Área de agricultura em relação à área total	%	0	0 a 20	20 a 40	40 a 60	> 60
	Área de silvicultura em relação à área total	%	0	0 a 20	20 a 40	40 a 60	> 60
Industrialização	Estabelecimentos industriais	nº	< 50	50 a 100	100 a 200	200 a 500	> 500
	Estabelecimentos de comércio	nº	< 200	200 a 1.000	1.000 a 2.000	2.000 a 3.000	> 3.000
	Estabelecimentos de serviço	nº	< 200	200 a 1.000	1.000 a 2.000	2.000 a 3.000	> 3.000
Demanda de água	Demanda por animais	m³/ano	< 30 milhões	30 a 300 milhões	300 a 600 milhões	600 milhões a 1 bilhão	> 1 bilhão
	Demanda para irrigação	m³/ano	< 30 milhões	30 a 300 milhões	300 a 600 milhões	600 milhões a 1 bilhão	> 1 bilhão
	Demanda urbana	m³/ano	< 30 milhões	30 a 300 milhões	300 a 600 milhões	600 milhões a 1 bilhão	> 1 bilhão
	Demanda total	m³/ano	< 30 milhões	30 a 300 milhões	300 a 600 milhões	600 milhões a 1 bilhão	> 1 bilhão
	Captações superficiais em relação à área	nº outorgas/1000 km²	0 a 10	10 a 20	20 a 40	40 a 60	> 60
	Captações subterrâneas em relação à área	nº outorgas/1000 km²	0 a 10	10 a 20	20 a 40	40 a 60	> 60
	Proporção de captações superficiais em relação ao total	%	0	0 a 20	20 a 40	40 a 60	> 60
	Proporção de captações subterrâneas em relação ao total	%	0	0 a 20	20 a 40	40 a 60	> 60
Produção de resíduos sólidos domésticos	Resíduo sólido urbano gerado	t/ dia	< 50	50 a 100	100 a 500	500 a 800	> 800
Erosão	Área de solo exposto em relação à área total	%	0	1 a 10	10 a 20	20 a 50	> 50
Desenvolvimento humano	IDH-M	0 a 1	0,800 a 1,000	0,600 a 0,800	0,400 a 0,600	0,200 a 0,400	0 a 0,200

Tabela 7 - Critérios de classificação dos indicadores de Estado, Impacto e Resposta

Indicador	Parâmetro	Unidade	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
Qualidade da água	Proporção de parâmetros nos padrões	%	> 90	70 a 90	50 a 70	30 a 50	< 30
	Proporção de amostras com balneabilidade própria	%	> 15	10 a 15	5 a 10	0 a 5	0
Produção de água	Vazão média outorgada para captações superficiais	m³/ano	< 30 milhões	30 a 300 milhões	300 a 600 milhões	600 milhões a 1 bilhão	> 1 bilhão
	Vazão média outorgada para captações subterrâneas	m³/ano	< 30 milhões	30 a 300 milhões	300 a 600 milhões	600 milhões a 1 bilhão	> 1 bilhão
Doenças de veiculação hídrica	Incidência de dengue	nº casos/10000 hab	0	1 a 100	100 a 1.000	1.000 a 2.000	> 2.000
	Incidência de hepatite	nº casos/10000 hab	0	1 a 100	100 a 1.000	1.000 a 2.000	> 2.000
	Incidência de leptospirose	nº casos/10000 hab	0	1 a 100	100 a 1.000	1.000 a 2.000	> 2.000
	Incidência de malária	nº casos/10000 hab	0	1 a 100	100 a 1.000	1.000 a 2.000	> 2.000
Rede de abast. de água	Índice de atendimento de água	% população	100	90 a 100	70 a 90	50 a 70	< 50
	Índice de atendimento urbano de água	% população	100	90 a 100	70 a 90	50 a 70	< 50
Efluentes sanitários	Índice de atendimento com rede de esgoto	% população	100	90 a 100	70 a 90	50 a 70	< 50
	Índice de tratamento de esgoto	% população	100	70 a 100	50 a 70	0 a 50	0
Resíduos sólidos	Taxa de cobertura de coleta de resíduos	% população	100	70 a 100	50 a 70	0 a 50	0
Monitoramento da qualidade da água	Densidade da rede de monitoramento da qualidade de água superficial	nº estações/1000 km²	> 90	70 a 90	50 a 70	30 a 50	< 30
	Amostras para balneabilidade das praias	nº pontos	> 5	3	2	1	0
Cobertura natural	Área de mata em relação à área total	%	80 a 100	60 a 80	40 a 60	20 a 40	< 20
Áreas protegidas	Unidade de conservação	%	80 a 100	60 a 80	40 a 60	20 a 40	< 20
	UC de proteção integral	%	80 a 100	60 a 80	40 a 60	20 a 40	< 20
	UC de uso sustentável	%	80 a 100	60 a 80	40 a 60	20 a 40	< 20
	Terras indígenas	%	> 40	20 a 40	10 a 20	0 a 10	0
	Quilombolas	%	> 40	20 a 40	10 a 20	0 a 10	0
Instrumentos de gestão	Área abrangida por plano de saneamento	%	100	70 a 100	50 a 70	0 a 50	0
	Área abrangida por plano de resíduos	%	100	70 a 100	50 a 70	0 a 50	0

Tabela 8 - Indicadores de Força Motriz e Pressão por bacia hidrográfica

	Parâmetro	Unidade	BHRM	BHRM-1	BHRM-2	BHRM-3	BHRM-4	BHRM-5	BHRM-6	BHRM-7	BHRM-8	BHRM-9
Força motriz	Taxa geométrica de crescimento anual	% a.a.	-1,3	0,0	-6,1	-19,8	-5,1	-32,3	-5,6	-9,6	-24,3	-15,0
	Densidade demográfica	nº hab/km²	80,4	487,4	142,3	828,0	55,9	1133,1	65,4	111,7	82,8	78,8
	Taxa de urbanização	%	56,2	90,1	56,9	17,0	26,4	0,0	6,6	21,9	0,0	0,0
	Área urbana	%	1,3	5,0	3,0	5,8	0,5	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0
	Estabelecimentos agropecuários	nº	6484,4	91,6	1726,5	17,0	1544,2	35,8	1532,8	767,8	89,9	649,8
	Pecuária	nº	44316,0	1772,2	18162,5	327,5	10081,9	274,5	13469,2	6033,0	2470,8	6463,3
	Suínocultura	nº	15513,7	1393,9	1883,9	263,4	5673,1	94,5	2010,1	2954,3	146,3	1753,7
	Avicultura	nº	1403363,5	44194,4	1254935,7	7345,4	12866,3	2576,7	215247,6	35608,9	11920,5	26784,9
	Área de agricultura	%	22,4	22,1	26,2	50,6	17,9	73,0	33,8	34,1	2,5	2,7
	Área de silvicultura	%	3,3	9,2	3,8	0,0	3,1	0,0	6,6	0,7	0,0	0,0
	Estabelecimentos industriais	nº	849,2	33,0	305,6	6,3	93,1	8,1	213,1	90,4	7,9	20,8
	Estabelecimentos de comércio	nº	1702,2	26,2	717,9	3,4	160,2	5,8	183,1	257,0	10,6	338,1
	Estabelecimentos de serviço	nº	1761,9	108,2	462,6	18,0	335,7	20,7	512,1	228,2	8,3	68,2
	Pressão	Demanda por animais	m³/ano	94021,6	67638,7	238591,2	7836,1	306382,0	152870,1	15191,0	20384,8	22967,7
Demanda para irrigação		m³/ano	8911935,3	3014316,5	38440421,5	2356542,1	10001263,1	15165921,6	5762415,3	3712817,8	1390643,9	363075,9
Demanda urbana		m³/ano	665381,4	1835696,7	1566206,9	171384,9	130897,0	116881,6	0,0	171221,2	0,0	0,0
Demanda total		m³/ano	6553030,8	4939063,6	14538179,8	2540184,7	10202219,2	15558895,5	5790914,5	3784403,7	1425640,1	197775,9
Outorgas superficiais em relação a área		nº/1000 km²	18,6	27,8	0,0	0,0	74,9	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6
Outorgas subterrâneas em relação a área		nº/1000 km²	1,1	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Proporção de outorgas superficiais em relação ao total		%	94,3	5,7	0,0	0,0	65,7	0,0	0,0	14,3	2,9	5,7
Proporção de outorgas subterrâneas em relação ao total		%	5,7	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0
Resíduo sólido urbano gerado	t/dia	70,1	29,9	24,8	4,0	8,6	2,6	6,7	2,8	3,7	11,3	

Área de solo exposto em relação a área total	%	1,2	13,2	5,1	1,0	1,0	0,4	2,4	0,0	0,0	0,0
IDH-M	0 a 1	0,619	0,697	0,641	0,686	0,600	0,686	0,605	0,587	0,556	0,553

Muito baixa
Baixa
Média
Alta
Muito alta

Tabela 9 - Indicadores de Estado, Impacto e Resposta por bacia hidrográfica

	Parâmetro	Unidade	BHRM	BHRM-1	BHRM-2	BHRM-3	BHRM-4	BHRM-5	BHRM-6	BHRM-7	BHRM-8	BHRM-9
Estado	Proporção de parâmetros nos padrões	%	75,0	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	83,3	83,3	83,3
	Proporção de amostras com balneabilidade própria	%	100,0	100,0	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
	Vazão média outorgada para captações superficiais	m³/ano	14303997405,3	n.a.	n.a.	n.a.	16044692555,4	n.a.	n.a.	1135296000,0	n.a.	6307,2
	Vazão média outorgada para captações subterrâneas	m³/ano	257205,7	n.a.	n.a.	n.a.	292000,0	n.a.	n.a.	16425,0	n.a.	n.a.
Impacto	Incidência de dengue	nº/10.000 hab	3,5	0,1	0,2	0,0	2,9	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1
	Incidência de hepatite	nº/10.000 hab	25,0	3,2	7,2	0,5	10,2	0,1	2,1	1,5	0,0	0,1
	Incidência de leptospirose	nº/10.000 hab	6,8	0,7	1,5	0,1	3,3	0,0	1,0	0,3	0,0	0,0
	Incidência de malária	nº/10.000 hab	1,5	0,7	0,5	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	Incidência de doenças de veiculação hídrica	nº/10.000 hab	36,8	4,6	9,3	0,7	16,5	0,1	3,1	2,3	0,0	0,2
Resposta	Índice de atendimento de água	% população	41,5	2,2	67,1	0	0,1	0	46,6	18,5	45,3	66,2
	Índice de atendimento urbano de água	% população	54,3	3,6	91,6	0	0,2	0	54,9	19,4	59,5	71,4
	Índice de atendimento com rede de esgoto	% população	51,3	3,5	89,9	0	0,2	0	40,4	18,4	39,7	67,9
	Índice de tratamento de esgoto	% população	23,6	0	45,2	0	0,2	0	0	11,5	0	43,4

Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos	% população	82,1	64,1	83,3	62,8	86,8	97,9	72,2	96,4	70,4	89,6
Densidade da rede de monitoramento da qualidade de água superficial	nº estações/ 1.000 km²	1,7	13,7	0	93,6	0	0	0	5,0	0	0
Amostras para balneabilidade das praias	nº	4,0	4,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Área de mata em relação a área total	%	23,7	10,6	14,5	6,0	17,4	5,6	14,2	17,2	52,8	60,2
Unidade de conservação	%	15,1	7,1	0	0	0,3	0	9,6	15,5	85,3	39,7
UC de proteção integral	%	13,3	7,1	0	0	0	0	9,6	15,5	85,3	27,5
UC de uso sustentável	%	1,9	0	0	0	0,3	0	0	0	0	12,2
Terras indígenas	%	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
Quilombolas	%	4,2	0	0	0	0	0	0	0	0	27,9
Área abrangida por plano de saneamento	%	77,8	100,0	90,0	66,7	66,7	50,0	66,7	66,7	0,7	66,7
Área abrangida por plano de resíduos sólidos	%	50,0	66,7	70,0	100,0	16,7	100,0	83,3	50,0	0,3	33,3

s.d. - sem dado / n.a. - não se aplica

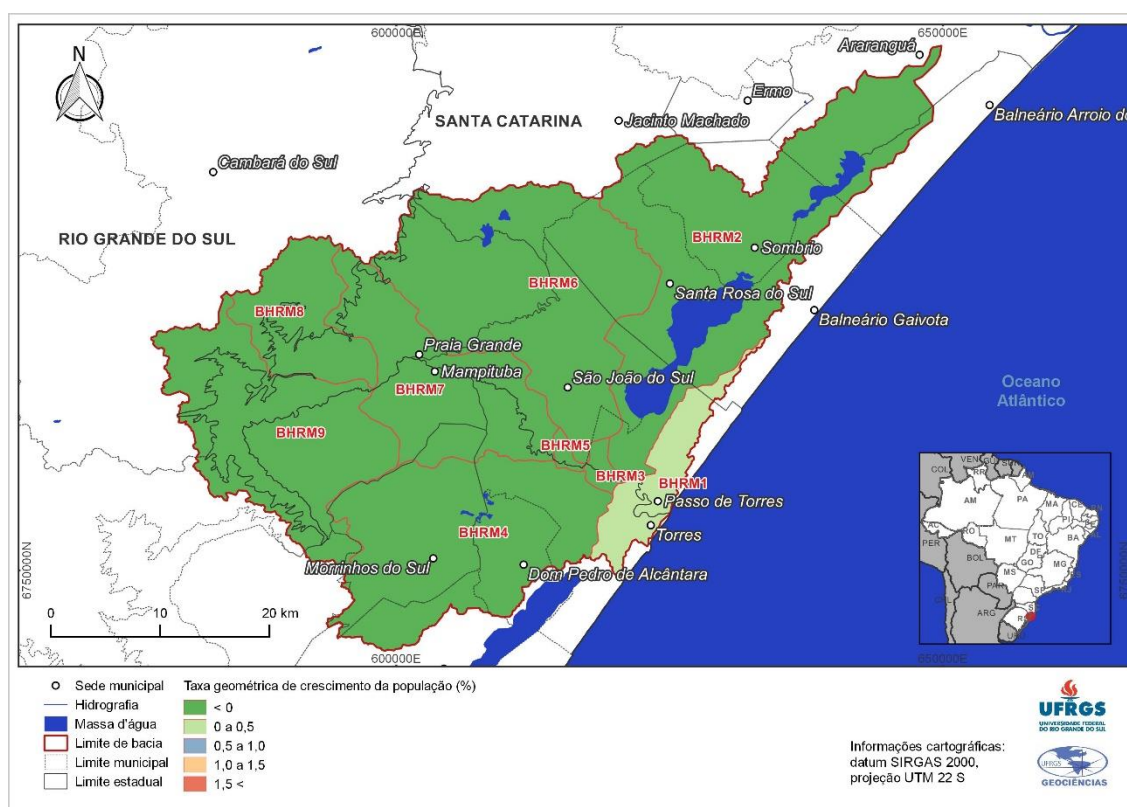
Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
-------	-----	---------	------	---------

5.1 INDICADORES DE FORÇA MOTRIZ

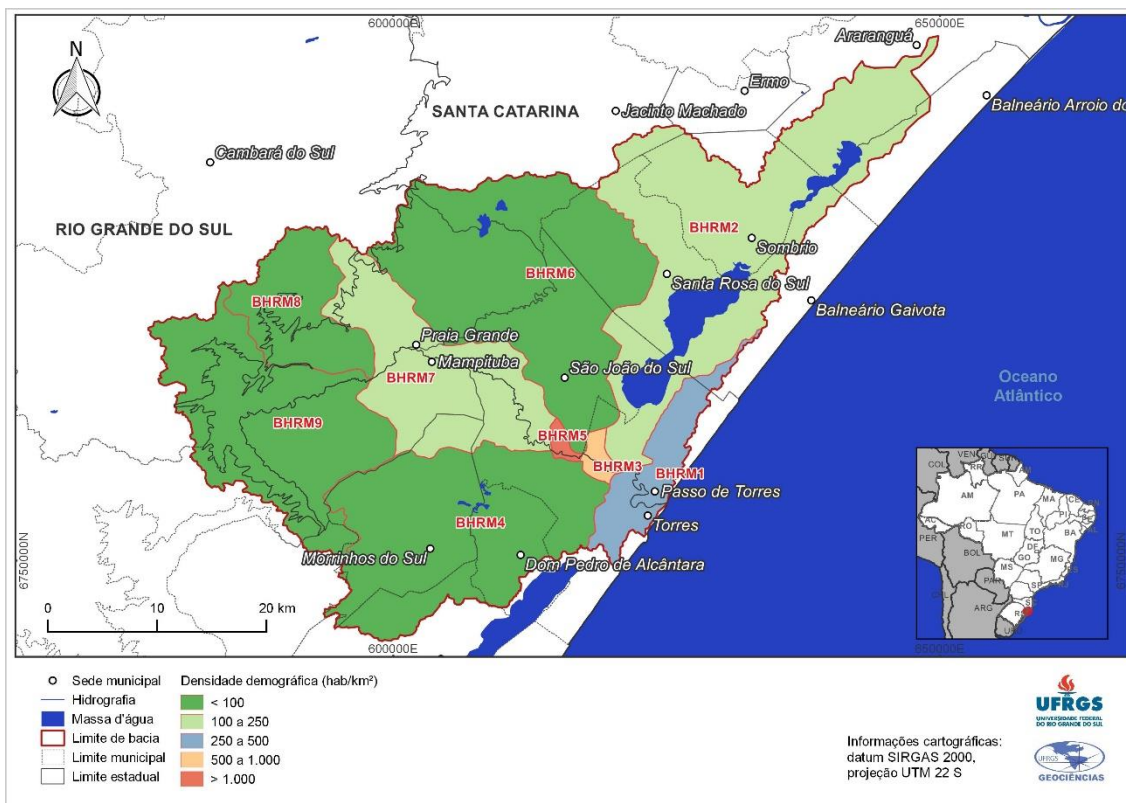
Dos dez indicadores de Força Motriz da matriz FPEIR (Figura 1), foram encontrados parâmetros para cinco (Tabela 6 e Tabela 8).

No indicador Crescimento Populacional, a taxa geométrica de crescimento anual (TGCA) da BHRM destaca-se pela acentuada diminuição da população em todas as sub-bacias, exceto pela BHRM-1, no período 2000/2010. Dessas, a BHRM-5, com -32,3 %, BHRM-8, com -24,3 % e BHRM-3, com -19,8 %, são as mais expressivas (Mapa 11). Apesar disso, a BHRM-5 possui a maior densidade demográfica das nove sub-bacias, com 1.133,1 hab/km², seguida da BHRM-3, com 828 hab/km² (Tabela 8 e Mapa 12). Além dessas, a BHRM-1 se destaca por apresentar grau de alteração média (Mapa 12).

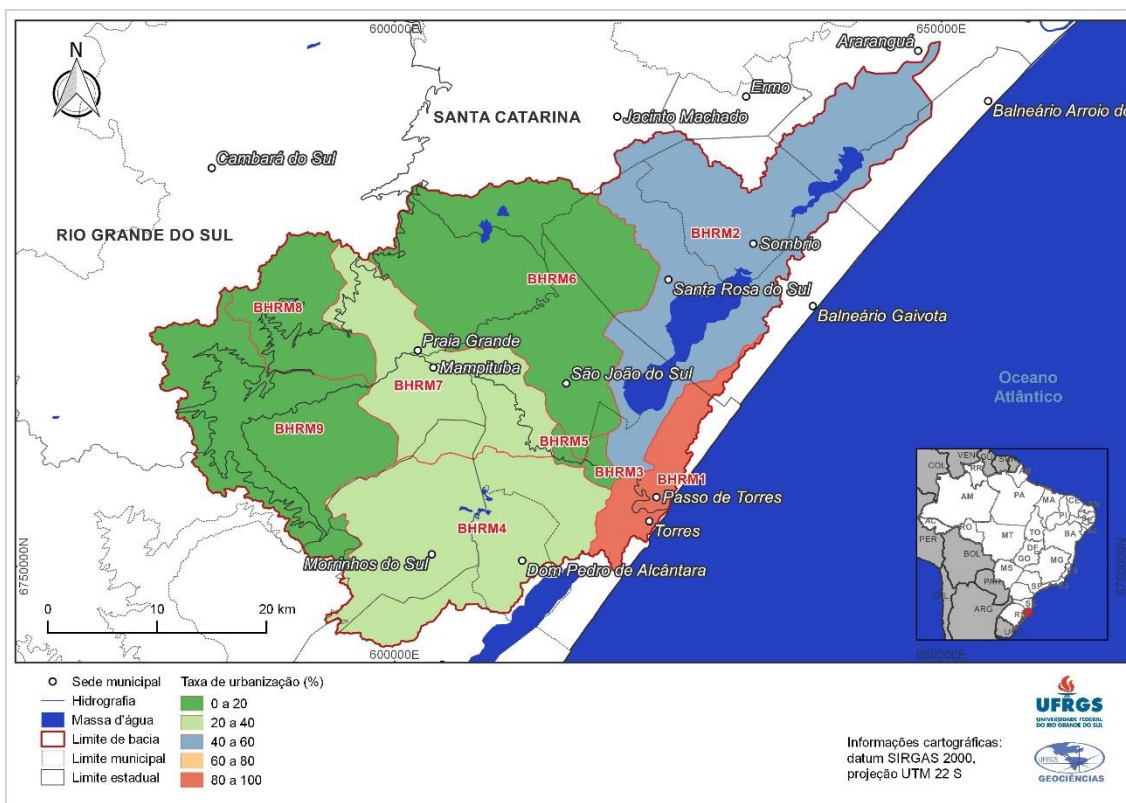
As taxas de urbanização são baixas, sendo nulas nas BHRM-5, BHRM-8 e BHRM-9. A maioria das sub-bacias tem grau entre baixo e muito baixo, tendo a BHRM-1 grau muito alto, com 90,1 % (Mapa 13). Quanto à área urbana, todas as sub-bacias tem grau entre baixo e muito baixo, com a BHRM-5, BHRM-8 e BHRM-9 não contendo uso urbano (Tabela 8).



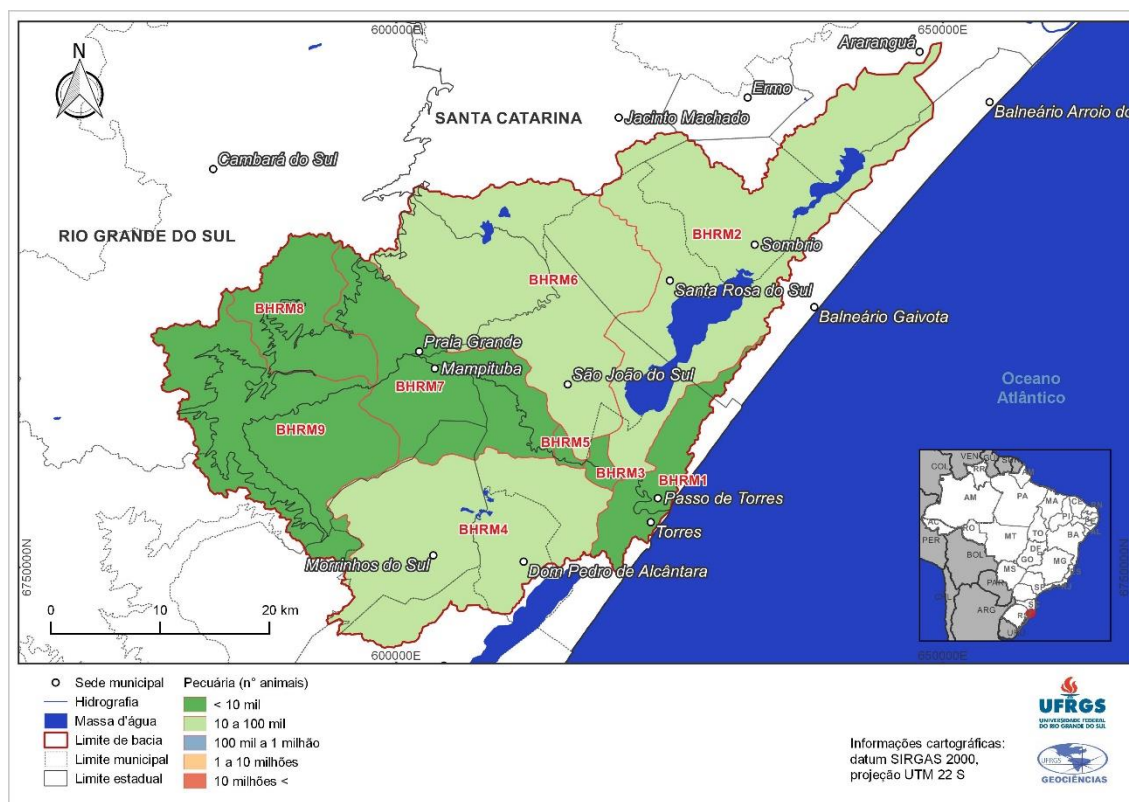
Mapa 11 - Taxa geométrica de crescimento anual (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)



Mapa 12 - Densidade demográfica (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)

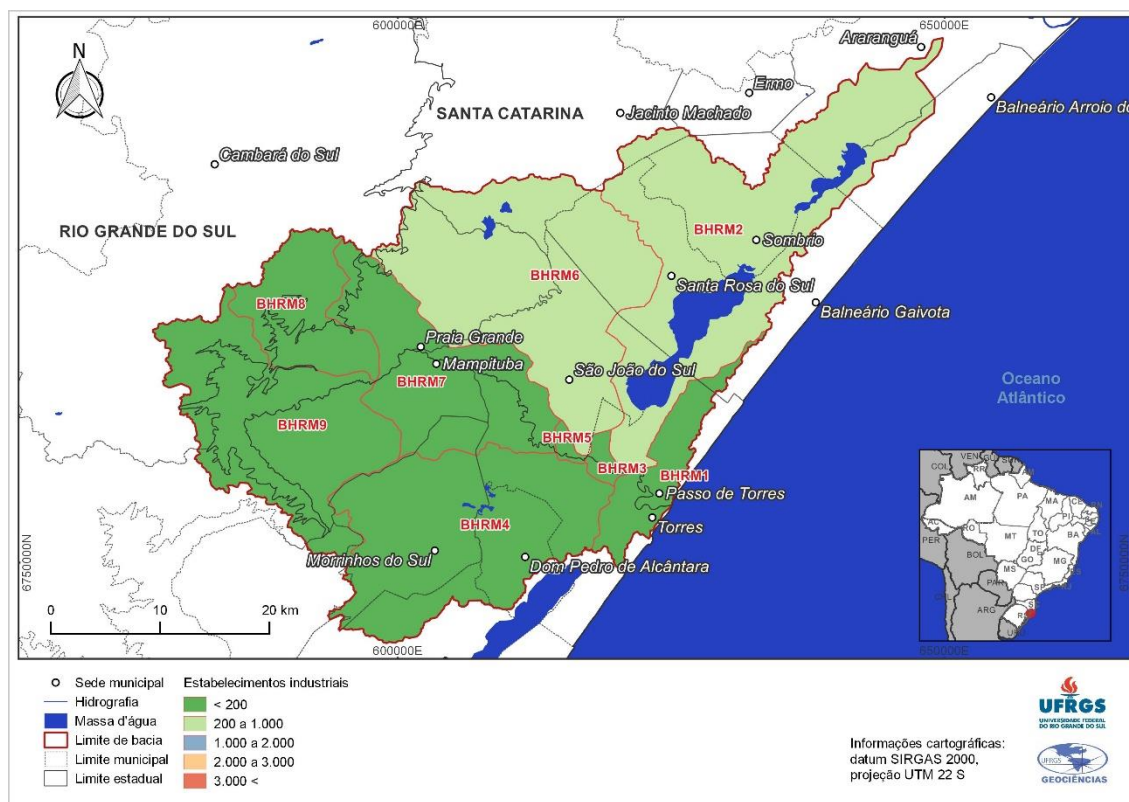


Mapa 13 - Taxa de urbanização (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)



Mapa 15 - Efetivo de rebanho de pecuária (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)

No indicador Industrialização, a BHRM-2 e a BHRM-6, concentram a maior parte dos estabelecimentos industriais (Mapa 16) e de serviços da BHRM. Já o comércio é concentrado na BHRM-2, com 42,2 %. Todas as sub-bacias tem grau baixo e muito baixo de alteração, entretanto, a BHRM tem grau médio em relação à quantidade de estabelecimentos de comércio e de serviços.

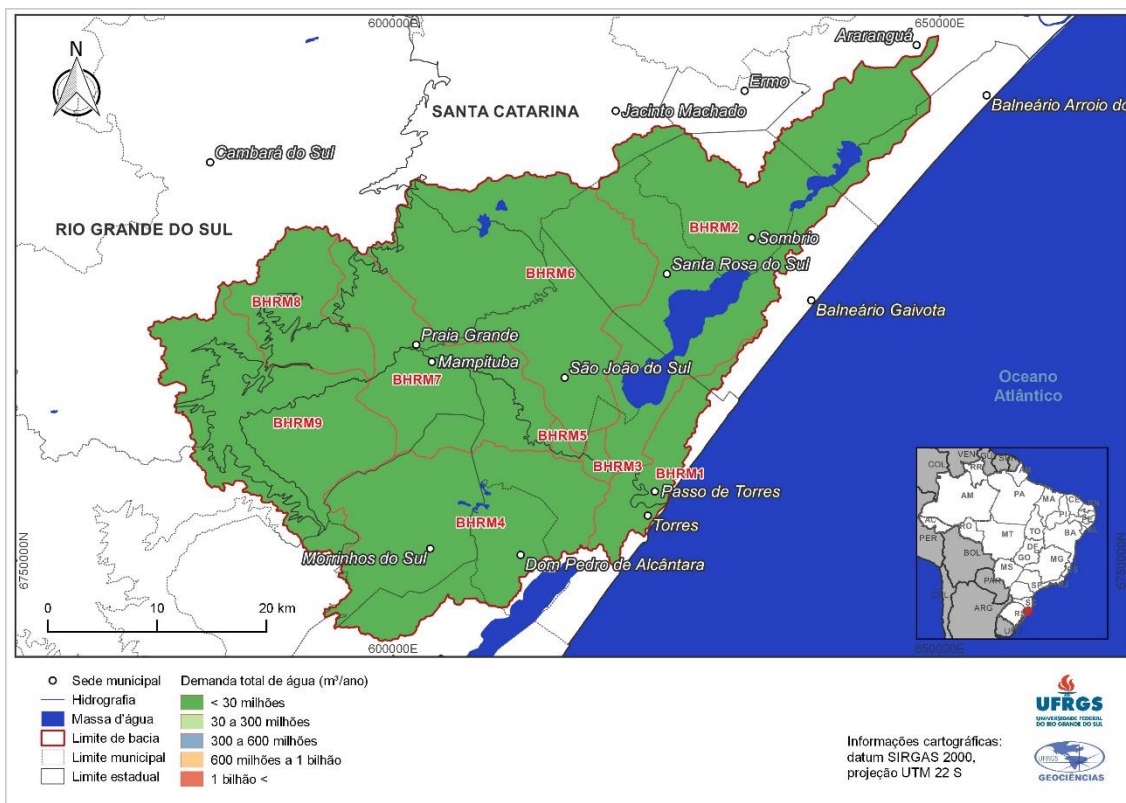


Mapa 16 - Estabelecimentos industriais (Fonte: IBGE, 2010 adaptado por Porto, 2017)

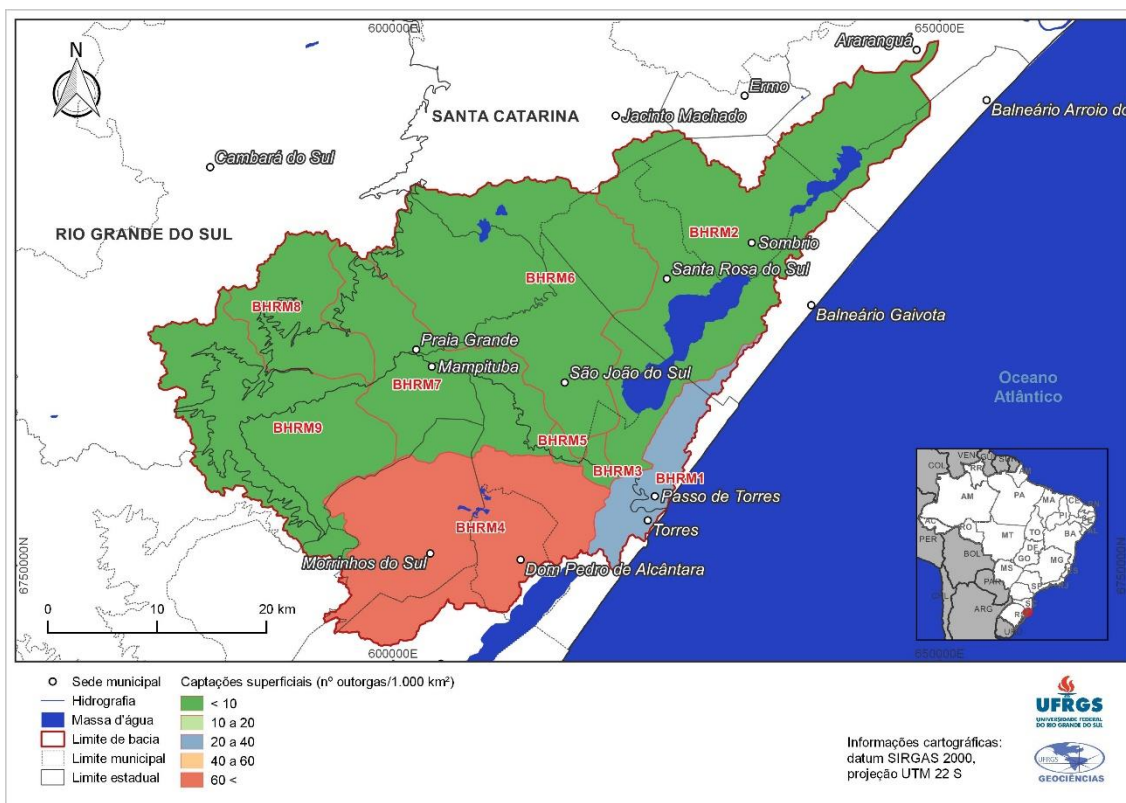
5.2 INDICADORES DE PRESSÃO

São quatro os indicadores de Pressão que formam a matriz, apresentados a seguir.

No indicador Demanda de Água, estão disponíveis dados de demanda por animais, para irrigação, uso urbano e o total. Dessas, a maior é para irrigação, seguida do uso urbano. Em todas as bacias o grau de comprometimento é baixo e muito baixo (Mapa 17). Entretanto, a respeito da quantidade e proporção de captações, a BHRM-4 destaca-se com grau muito alto para captações superficiais, e a BHRM-1 com grau médio (Mapa 18). A BHRM tem grau muito alto em relação à proporção de captações superficiais a cada 1.000 km², alcançando 94,3 % (Tabela 8).

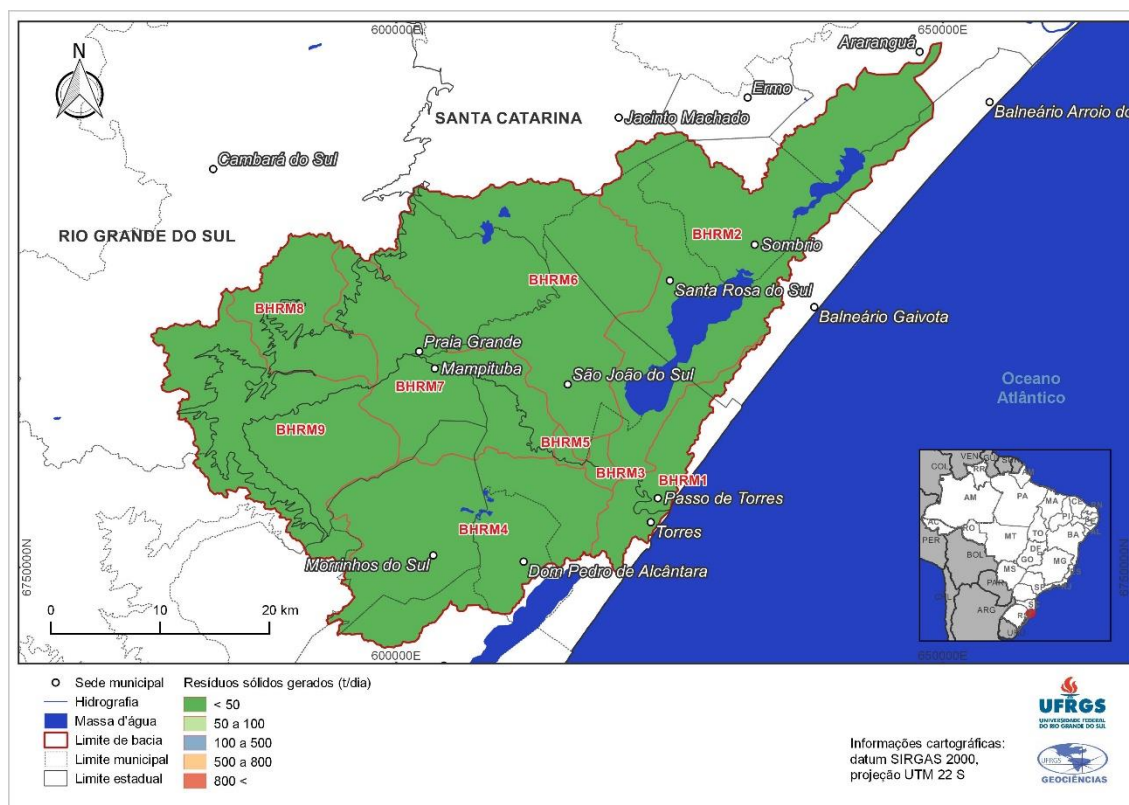


Mapa 17 - Demanda hídrica total (Fonte: ANA, 2014)



Mapa 18 - Captações superficiais em relação à área (Fonte: SEMA, 2017)

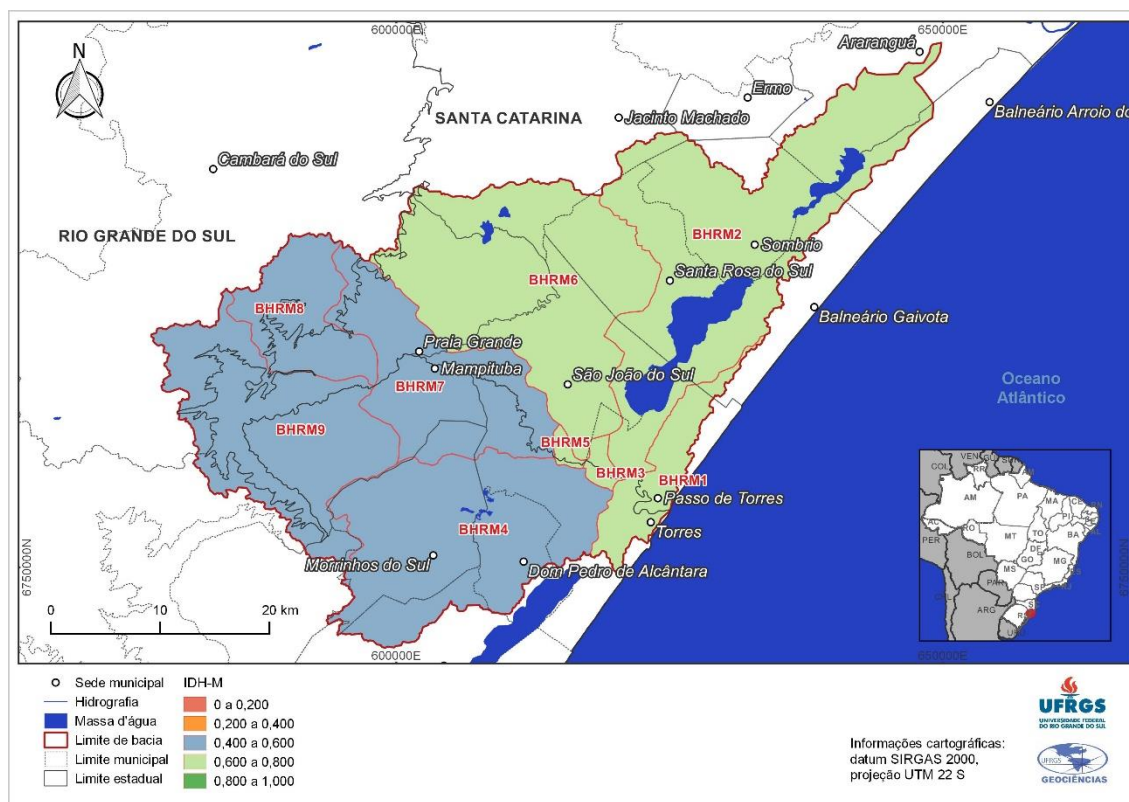
Quanto ao indicador Produção de Resíduo Sólido Doméstico, a BHRM apresenta 70,1 t/dia, sendo a BHRM-1 e a BHRM-2 as sub-bacias que mais contribuem, com 29,9 t/dia e 24,8 t/dia, respectivamente. Todas as sub-bacias apresentam grau muito baixo, e a BHRM, baixo de comprometimento (Mapa 19).



Mapa 19 - Resíduo sólido urbano gerado (Fonte: MC, 2015)

No indicador Erosão, a área de solo exposto na BHRM compreende 1,2 % da área, tendo maior contribuição da BHRM-1, com 13,2 % da área e nível baixo de comprometimento (Tabela 8). Todas as demais bacias tem grau muito baixo. A maior parte das áreas de solo exposto compreendem dunas, entorno de áreas urbanas e áreas provavelmente agrícolas de culturas temporárias (Mapa 10).

Para o indicador Desenvolvimento Humano, foi utilizado o IDH-M como parâmetro. A BHRM apresenta grau baixo de alteração, com IDH-M de 0,619, assim como a maioria das sub-bacias. Entretanto a BHRM-7, BHRM-8 e BHRM-9, apresentam grau médio, com o índice abaixo de 0,600 (Mapa 20).

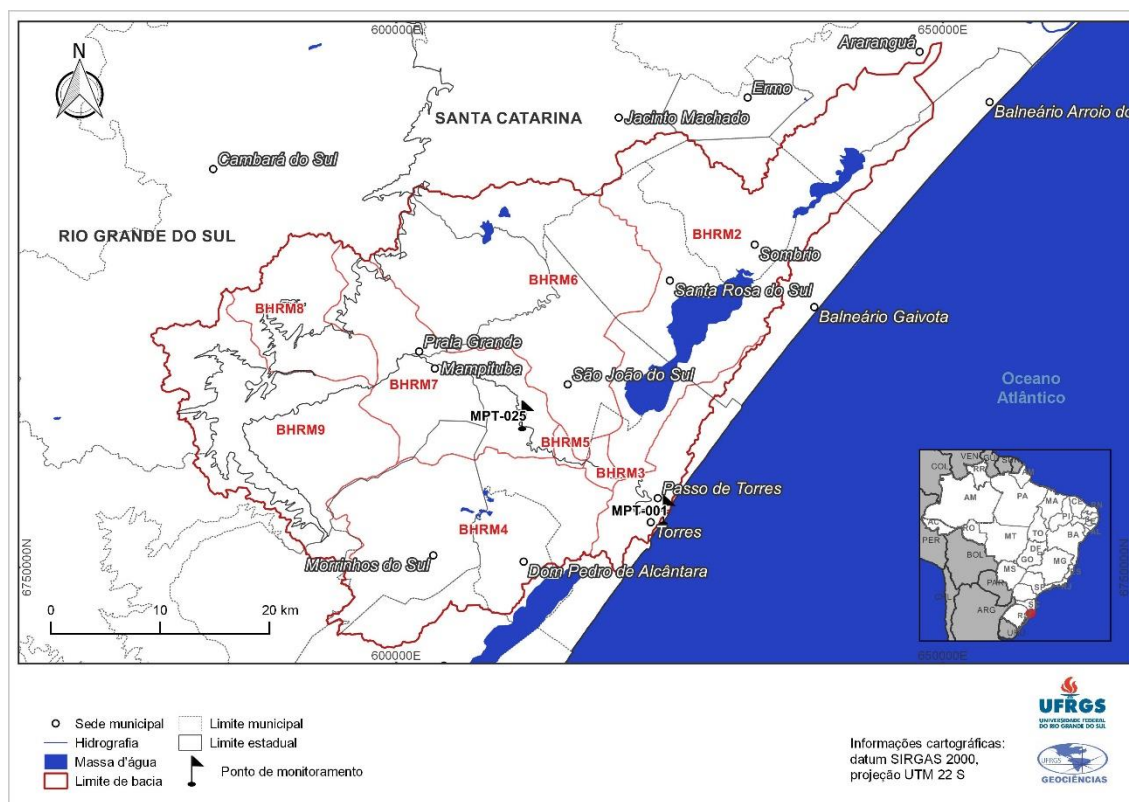


Mapa 20 - IDH-M (Fonte: PNUD Brasil, IPEA, FJP, 2013 adaptado por Porto, 2017)

5.3 INDICADORES DE ESTADO

São dois os indicadores de Estado, apresentados a seguir.

Para o indicador Qualidade da Água, não está disponível o Índice de Qualidade da Água (IQA) da BHRM, nem todos os parâmetros que possibilitariam seu cálculo. Então foi estabelecida a proporção de parâmetros que está dentro do padrão de qualidade oficial (CONAMA, 2005), considerando que cada ponto de monitoramento (Mapa 21) refere-se às bacias situadas a montante do ponto de monitoramento (Tabela 10). Sendo assim, as sub-bacias BHRM-1 até BHRM-6, referentes ao ponto MPT-001, possuem proporcionalmente 66,7 % dos parâmetros em conformidade, apresentando estado regular. Enquanto que as sub-bacias BHRM-7 até BHRM-9, referentes ao ponto MPT-025, tem 83,3 % dos parâmetros dentro do padrão, apresentando estado bom. A BHRM apresenta 75 % dos parâmetros em conformidade, com estado bom (Mapa 22).



Mapa 21 - Rede de monitoramento da qualidade de água superficial (Fonte: FEPAM, 2017)

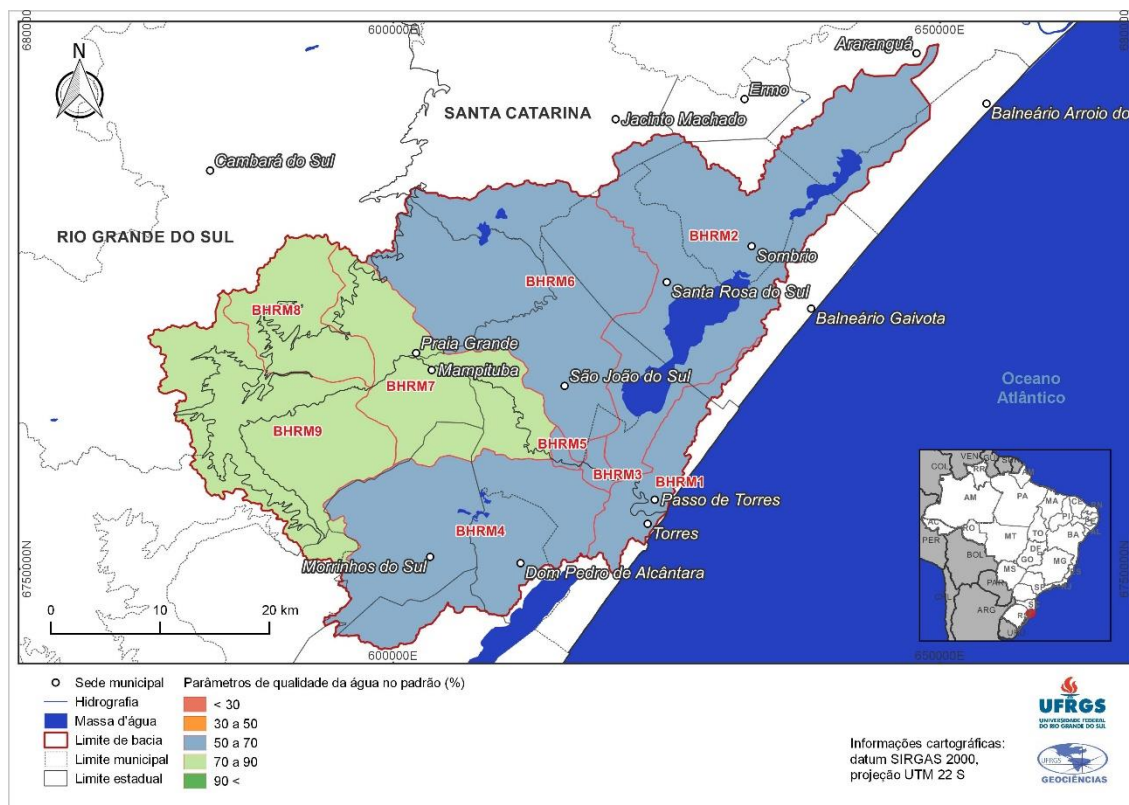
Tabela 10 - Parâmetros de qualidade da água disponíveis

Parâmetro	Unidade	Ponto de monitoramento	
		MPT-001	MPT-025
Temperatura da água	°C	25,00	26,00
Temperatura do ar	°C	22,00	22,00
Cloreto	mg/L	2.136,00	5,50
DBO	mg/L	1,00	1,00
Ferro	mg/L	-	0,72
Nitrogênio amoniacal	mg/L	0,23	0,06
Nitrogênio total Kjeldahl	mg/L	0,50	0,50
pH	-	6,60	-
Sólidos totais	mg/L	4.466,00	64,00
Turbidez	NTU	25,00	10,00

No padrão

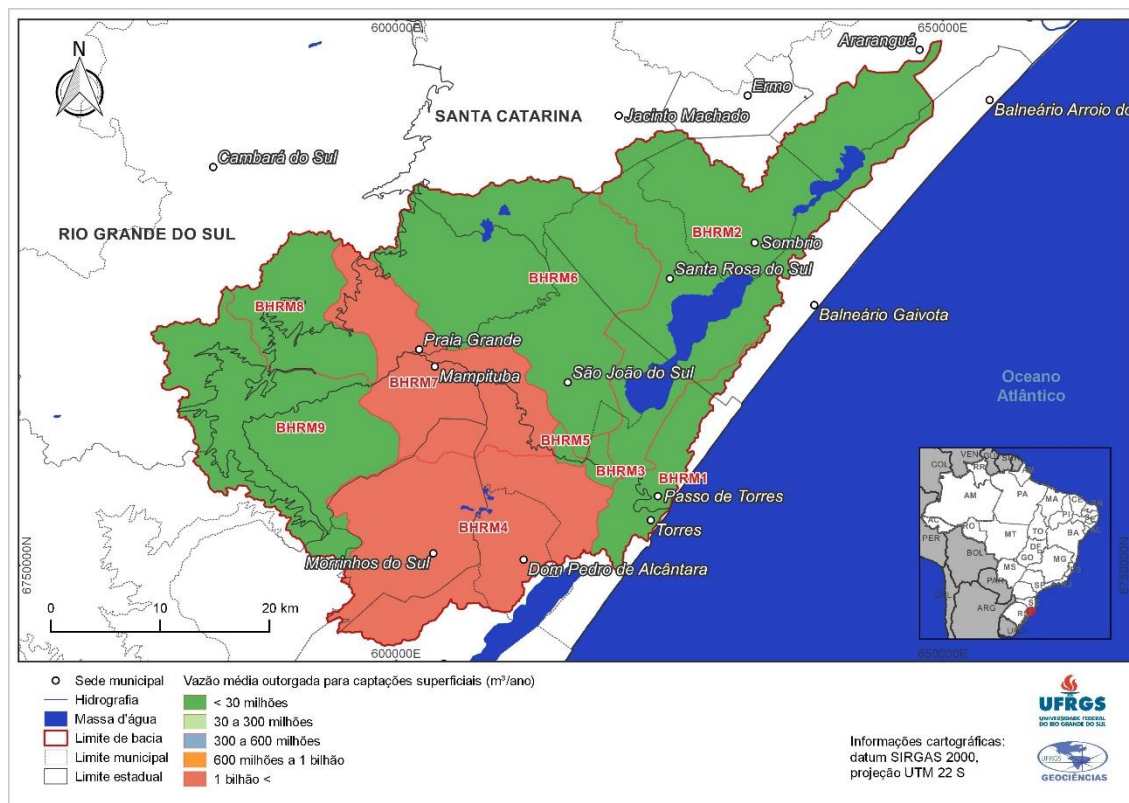
Fora do padrão

Para esse indicador, a balneabilidade das praias também foi considerada. São quatro pontos de coleta de amostras, todos localizados no município de Torres e na BHRM-1. Todas as amostras mostram que as praias são próprias para banho.



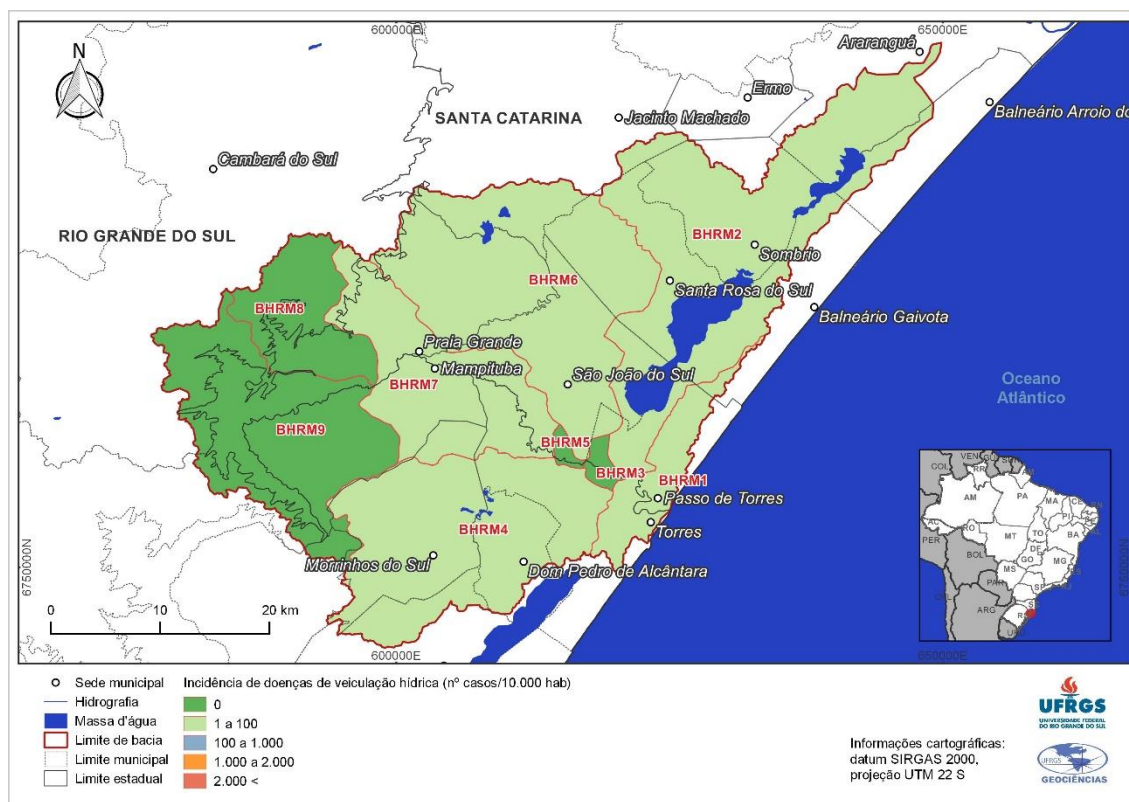
Mapa 22 - Parâmetros de qualidade da água dentro do padrão (Fonte: FEPAM, 2013)

No indicador Produção de Água, foram utilizadas as vazões médias outorgadas para captações superficiais e subterrâneas. Nem todas as sub-bacias possuem outorgas, sendo três para captações superficiais e duas para subterrâneas. As captações superficiais apresentam as maiores vazões, tendo um estado péssimo a BHRM-4 e BHRM-7, além da BHRM. Apenas a BHRM-9 apresenta estado ótimo (Mapa 23).



5.4 INDICADORES DE IMPACTO

As Doenças de Veiculação Hídrica são o indicador de Impacto, considerando as quatro doenças em que existem dados: dengue, hepatite, leptospirose e malária. A BHRM apresenta estado bom, com 36,8 casos a cada 10.000 habitantes. Hepatite A é a doença com maior ocorrência, com 25 casos. A maioria das sub-bacias apresenta estado bom, as demais com estado ótimo não apresentam casos registrados (Mapa 24).



Mapa 24 - Incidência de doenças de veiculação hídrica (Fonte: DataSUS, 2013-2015 adaptado por Porto, 2017)

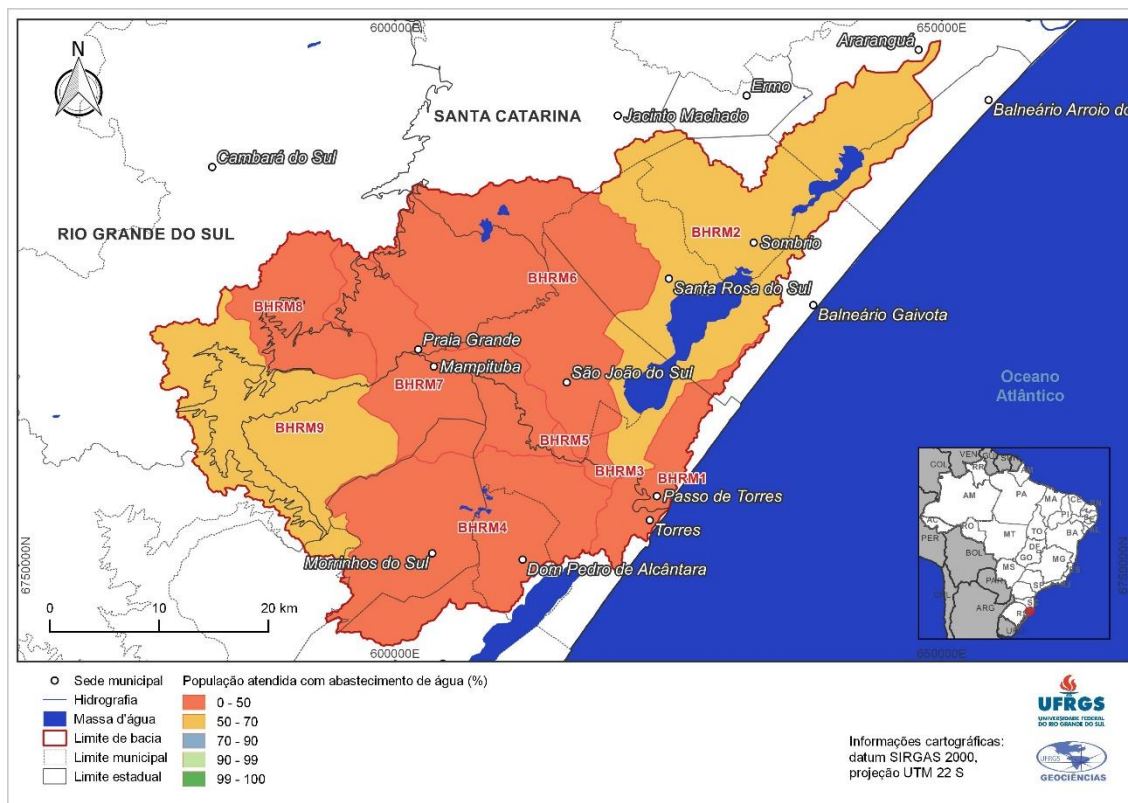
5.5 INDICADORES DE RESPOSTA

Sete são os indicadores de Resposta considerados, apresentados a seguir.

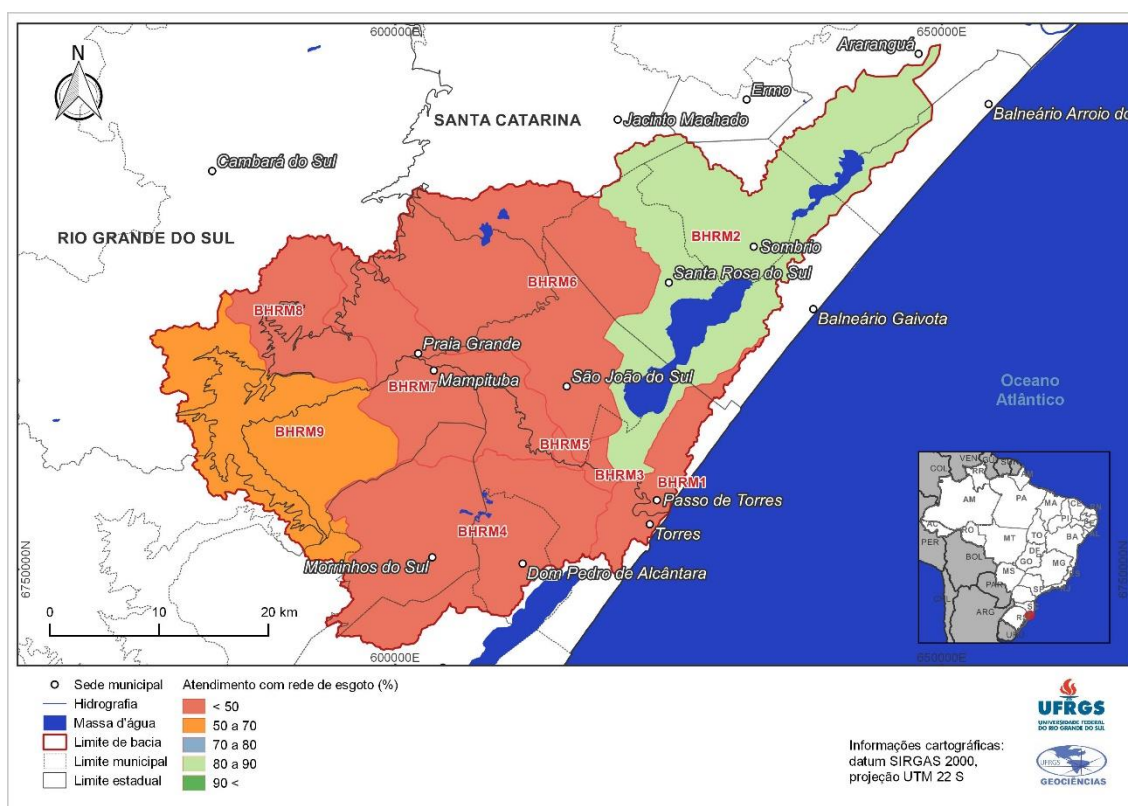
No indicador Abastecimento de Água, a BHRM apresenta um índice de atendimento de água considerado péssimo, assim como sete das sub-bacias, enquanto outras duas têm um estado ruim (Mapa 25). Na BHRM, apenas 41,5 % da população é atendida com abastecimento de água, sendo que na BHRM-3 e BHRM-5, o índice é zero. A BHRM-2 e BHRM-9 apresentam mais de 60 % da população atendida (Tabela 9).

No indicador denominado Efluentes Sanitários, o índice de atendimento com rede de esgoto alcança 51,3 % na BHRM, o que é considerado um nível ruim. Apesar da BHRM-2 apresentar 89,9 % de atendimento em rede de esgoto, a BHRM-3 e BHRM-5 têm índice zero (Mapa 26).

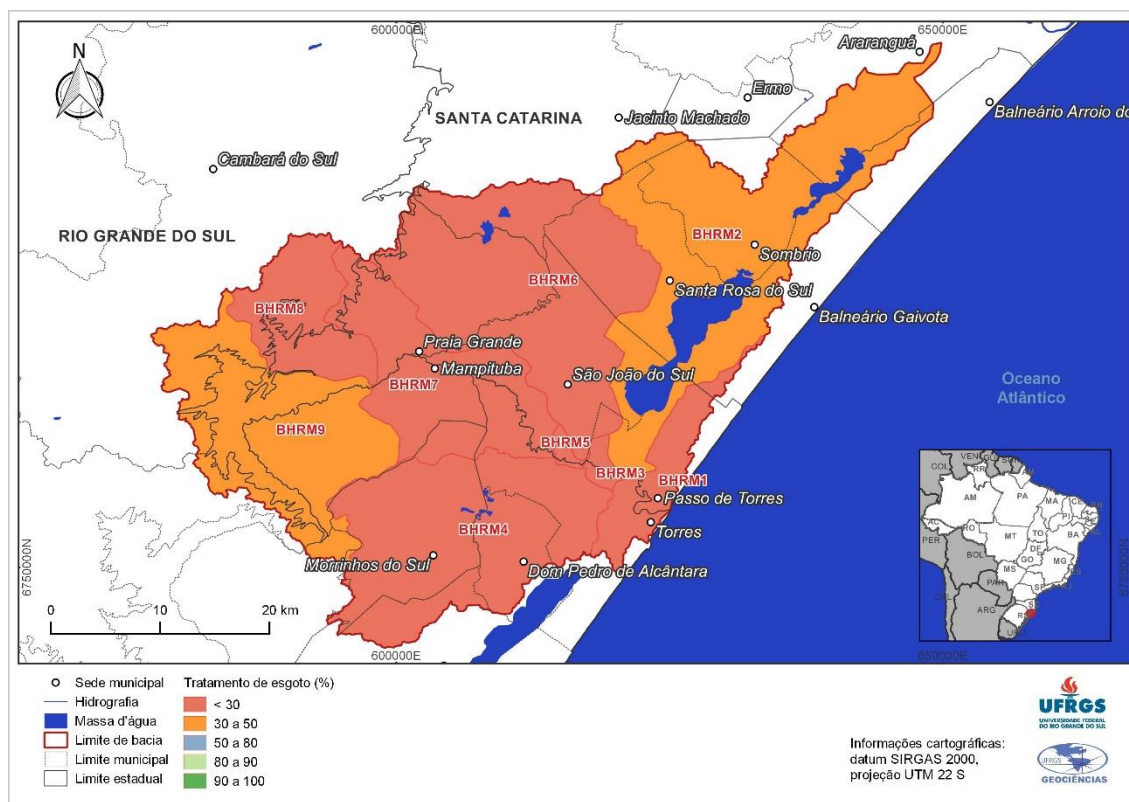
O índice de tratamento de esgoto é péssimo em sete sub-bacias, e ruim em duas. Na totalidade, a BHRM apresenta índice péssimo de tratamento, com apenas 23,6 % da população atendida (Mapa).



Mapa 25 - Índice de atendimento de água (Fonte: MC, 2015 adaptado por Porto, 2017)

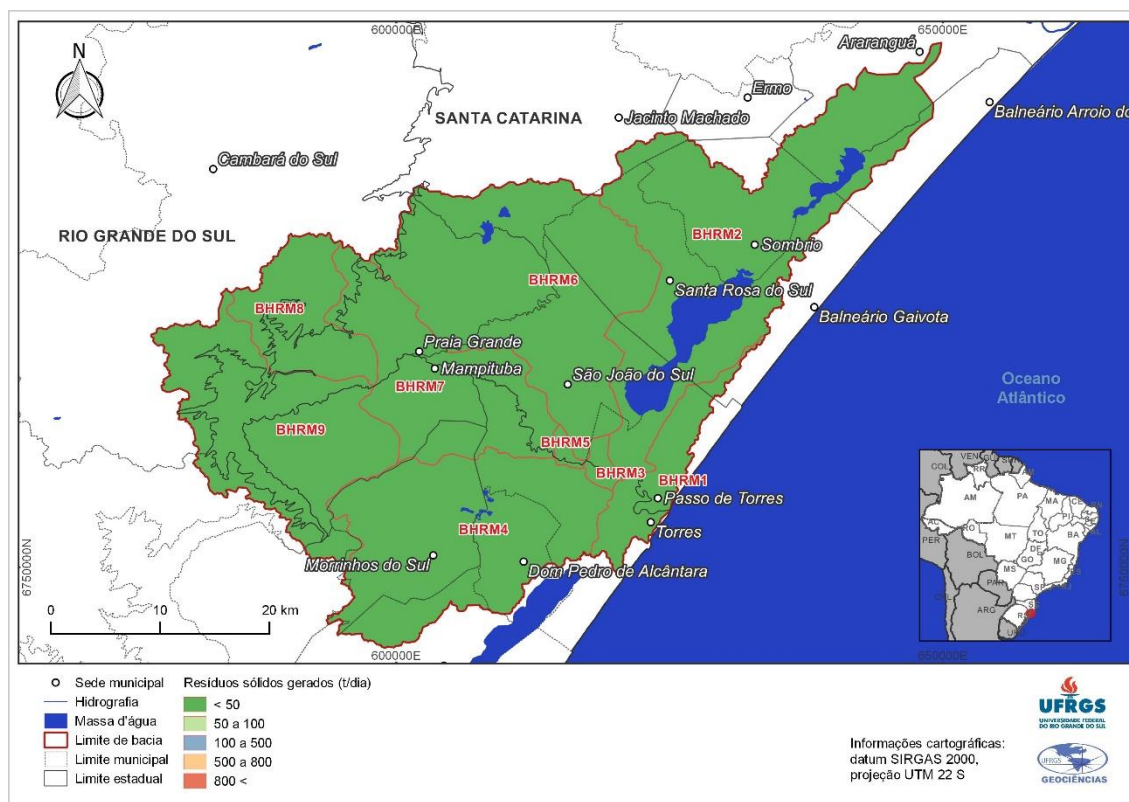


Mapa 26 - Índice de atendimento com rede de esgoto (Fonte: MC, 2015 adaptado por Porto, 2017)



Mapa 27 - Índice de tratamento de esgoto (Fonte: MC, 2015 adaptado por Porto, 2017)

Em relação ao indicador Resíduos Sólidos, a BHRM tem taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos de 82,1 %, ultrapassando 95 % na BHRM-5 e BHRM-7. A BHRM-1, BHRM-3, BHRM-6 e BHRM-8 apresentam estado regular (Mapa 28).



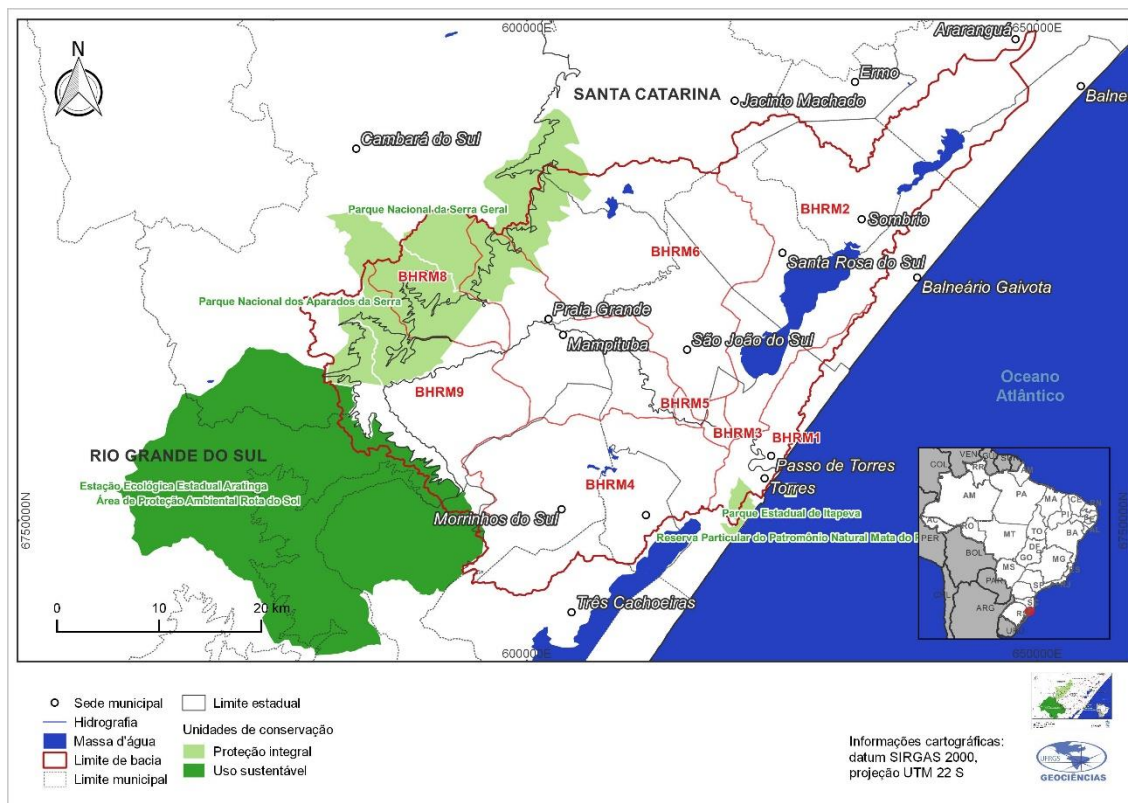
Mapa 28 - Taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos (Fonte: MC, 2015 adaptado por Porto, 2017)

No indicador Monitoramento da Qualidade da Água, considerando os dois pontos de monitoramento da FEPAM, a densidade da rede de controle é péssima, com apenas duas sub-bacias sendo atendidas, e mesmo assim com número de pontos insuficientes (Mapa 21). A BHRM apresenta densidade de 1,7 ponto a cada 1.000 km². Quanto às amostras de balneabilidade, os quatro pontos estão na BHRM-1 (Tabela 9).

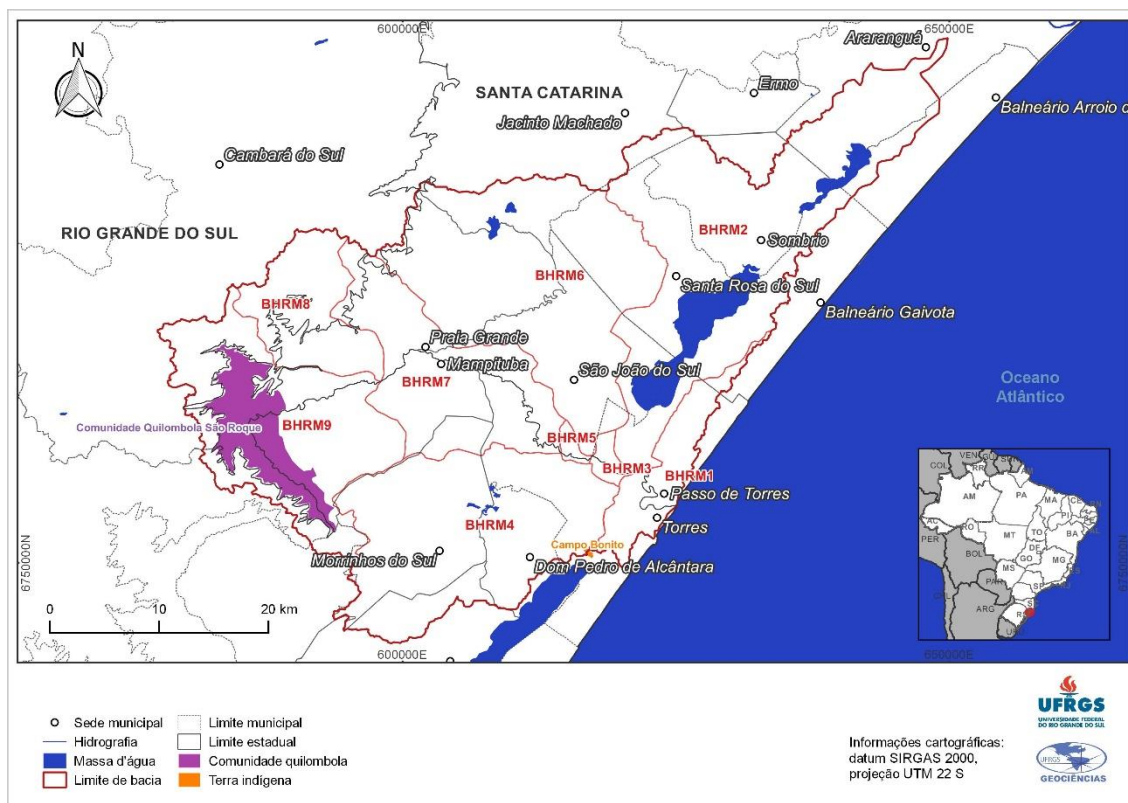
Para o indicador Cobertura Natural, a cobertura de mata na BHRM ocupa 24,1 % da sua área, sendo que na BHRM-9 a mata ocupa quase 9 %. Nas demais sub-bacias, a cobertura de mata é baixa, apresentando estado péssimo (Mapa 10).

Já para o indicador Áreas Protegidas, as unidades de conservação ocupam 15,1 % da BHRM, abrangendo 85,3 % da BHRM-8. As UCs de proteção integral predominam com 13,3 % da área da BHRM (Mapa 29).

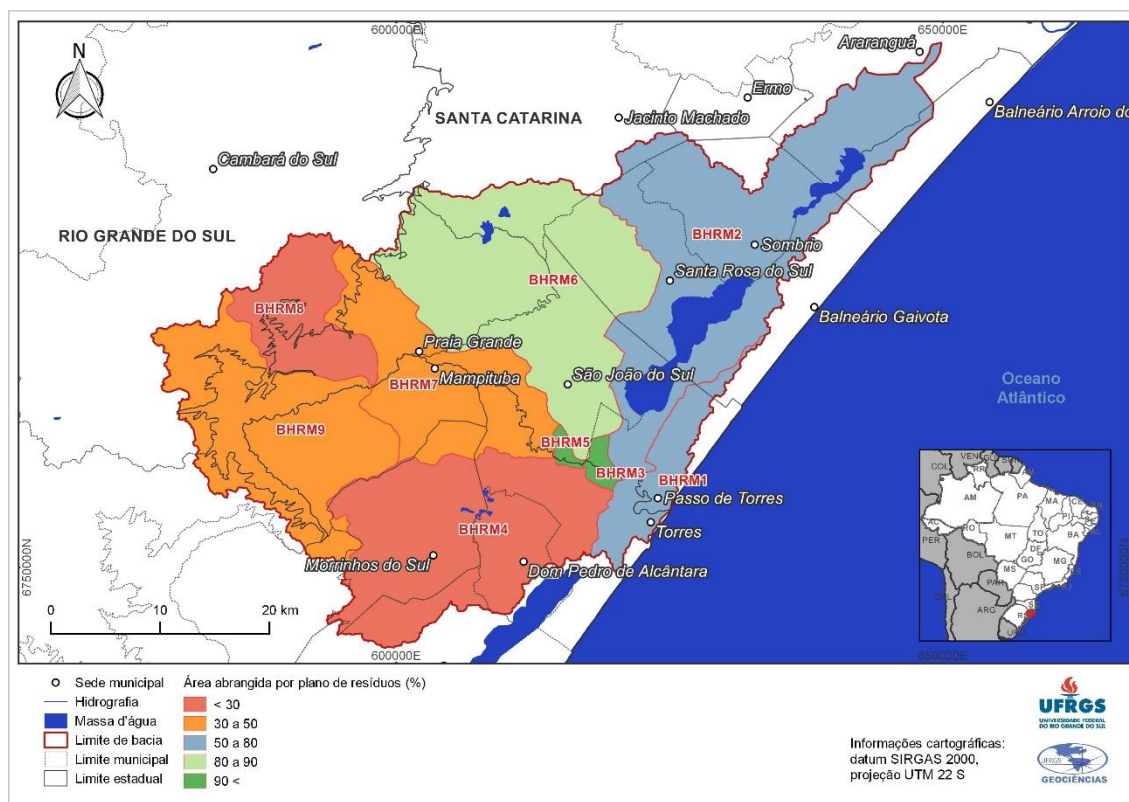
As terras indígenas ocupam apenas 0,2 % da área da BHRM-4 com o assentamento Campo Bonito. A comunidade quilombola São Roque ocupa 27,9 % da BHRM-9, sendo 4,2 % da BHRM (Mapa 30).



Mapa 29 - Unidades de conservação (Fonte: MMA, 2015)



Mapa 30 - Terras indígenas e comunidades quilombolas (Fontes: FUNAI, 2017; INCRA, 2017)



Mapa 32 - Plano municipal de resíduos sólidos

5.6 SÍNTESE DA SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BHRM

A síntese da situação dos recursos hídricos da BHRM foi elaborada a partir da análise das relações entre os indicadores de Estado com os demais de Força Motriz, Pressão, Impacto e Resposta, que estão apresentados na Tabela 8 e na Tabela 9.

Para isso, os parâmetros apresentados foram normalizados e a média foi calculada para cada sub-bacia e para a BHRM, conforme a Tabela 11. Os índices gerados foram classificados conforme a Tabela 12. Para o cálculo do índice da Situação dos recursos hídricos da BHRM, os índices da Síntese dos indicadores EIR foram invertidos conforme a fórmula:

$$I_{inv} = 1 - I$$

Onde I_{inv} é o índice invertido e I o índice calculado inicialmente.

Tabela 11 - Índices normalizados da matriz FPEIR e síntese dos recursos hídricos da BHRM

BHRM	BHRM-1	BHRM-2	BHRM-3	BHRM-4	BHRM-5	BHRM-6	BHRM-7	BHRM-8	BHRM-9
Síntese dos indicadores de Força Motriz e Pressão									
0,29	0,42	0,60	0,18	0,50	0,21	0,31	0,25	0,03	0,11
			Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito alta		
Síntese dos indicadores de Estado, Impacto e Resposta									
0,26	0,20	0,46	0,15	0,41	0,13	0,24	0,20	0,24	0,43
			Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo		
Síntese da matriz FPEIR									
0,49	0,39	0,43	0,49	0,46	0,46	0,47	0,48	0,61	0,66
			Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima		

Tabela 12 – Classificação dos índices da matriz FPEIR e da situação da BHRM

Síntese dos indicadores de Força Motriz e Pressão	Índice	Síntese dos indicadores de Estado, Impacto e Resposta	Índice	Síntese da situação da BHRM	Índice
Muito baixa	0 a 0,20	Ótimo	0,80 a 1,00	Ótima	0,80 a 1,00
Baixa	0,20 a 0,40	Bom	0,60 a 0,80	Boa	0,60 a 0,80
Média	0,40 a 0,60	Regular	0,40 a 0,60	Regular	0,40 a 0,60
Alta	0,60 a 0,80	Ruim	0,20 a 0,40	Ruim	0,20 a 0,40
Muito alta	0,80 a 1,00	Péssimo	0 a 0,20	Péssima	0 a 0,20

A partir desses valores, foram produzidos os mapas de síntese que subsidiaram a análise da situação dos recursos hídricos da BHRM.

Para os quatro parâmetros do indicador Estado, a maioria das sub-bacias não possui dados disponíveis e apenas alguns parâmetros de qualidade são verificados nos pontos de monitoramento, impossibilitando o cálculo do IQA e prejudicando um diagnóstico geral da BHRM. Com os elementos disponíveis, a qualidade das águas das sub-bacias do baixo e médio Mampituba apresenta condição regular, enquanto que a montante a qualidade é boa, o que contribui para a classificação da BHRM como boa. A balneabilidade é analisada apenas no litoral, na BHRM-1, e todas as amostras apontam para praias próprias para banho. A vazão das captações superficiais é alta em duas das três sub-bacias com captações outorgadas, contribuindo para uma condição péssima nesse parâmetro. De modo geral, dos quatro parâmetros de Estado, dois estão ótimos, um está bom e um péssimo, justamente o referente à vazão de captações superficiais, e nota-se a diferença de situação do baixo/médio para o alto Mampituba, estando o primeiro em condição pior.

Quanto à capacidade dos indicadores de Força Motriz gerar pressões, as sub-bacias BHRM-3 e BHRM-5 apresentam as maiores densidades demográficas e áreas usadas para agricultura. Entretanto, com exceção da BHRM-4, todas as bacias apresentam grandes áreas agrícolas. Os estabelecimentos agropecuários são bastante numerosos na BHRM-2, BHRM-4 e BHRM-6. Apesar das áreas urbanas não serem grandes, a taxa de urbanização da BHRM-1 supera os 90%, concentrando população na foz do rio Mampituba. Portanto, áreas e estabelecimentos agrícolas, que têm potencial de gerar poluição difusa, aliados às taxas de urbanização na foz do Mampituba, são as principais forças que geram pressão.

Quanto à intensidade dos indicadores de Pressão, quase todos os parâmetros mostram potencial baixo e muito baixo. No item referente à proporção de outorgas superficiais, o parâmetro é péssimo em função da BHRM-4, que também apresenta a mesma condição para as outorgas superficiais em relação à sua área. A área de solo exposto na BHRM-8 também se destaca como alta, e o IDH-M das bacias do alto Mampituba apresenta capacidade média de pressão. A demanda hídrica é muito baixa, entretanto a maior é para a irrigação, pressão gerada pela atividade agrícola expressiva, seguida da demanda urbana.

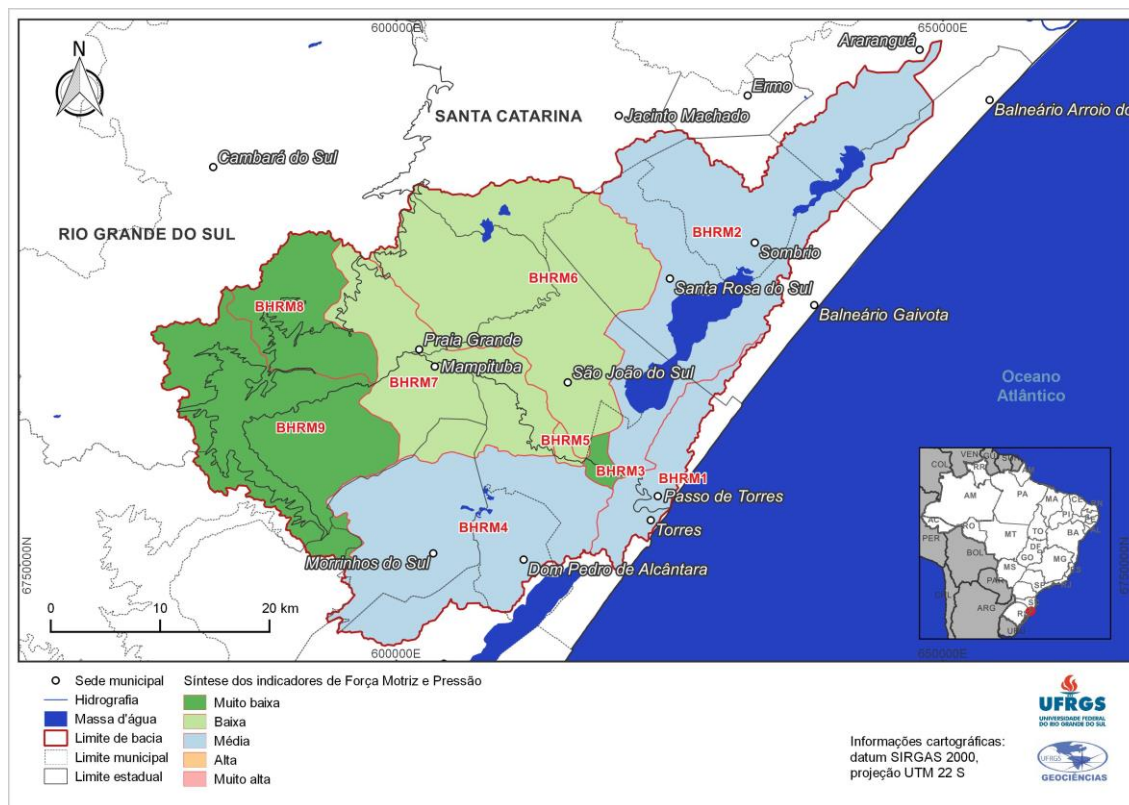
Quanto aos indicadores de Impacto, os parâmetros de incidência de doenças de veiculação hídrica apresentam condição boa na maioria das sub-bacias, e muito boa nas demais. Destaca-se a incidência maior de casos de hepatite A, principalmente na BHRM-4, e a quase inexistência de casos de doenças na BHRM-8 e BHRM-9.

Os indicadores de Resposta apresentam os piores resultados. Os parâmetros de saneamento básico estão praticamente todos em situação péssima, com destaque para a BHRM-3 e BHRM-5, onde não há atendimento de água e nem rede, coleta e tratamento de esgoto. A situação da BHRM-1 fica prejudicada pela indisponibilidade dos dados do município de Torres. Entretanto, a coleta de resíduos sólidos apresenta condição um pouco melhor, com a BHRM em situação ótima e as sub-bacias variando entre regular e ótima. O monitoramento da qualidade da água também se destaca pela insuficiência de pontos proporcionais às áreas das bacias, apresentando condição péssima.

A cobertura natural de mata e as áreas protegidas apresentam condição péssima na maioria das sub-bacias. Exceção para a BHRM-8 que chega a ter 85

% de sua área abrangida por unidades de conservação. Quanto aos instrumentos de gestão, a condição da BHRM é regular tanto para áreas cobertas por plano de saneamento quanto por plano de gerenciamento de resíduos sólidos. A BHRM-1, BHRM-3 e BHRM-5 estão com 100 % de suas áreas abrangidas por pelo menos um plano. A BHRM-8 mostra a pior situação, classificada como péssima, com menos de 1 % de área abrangida.

Em síntese, verifica-se que a principal atividade geradora de pressão sobre os recursos hídricos da BHRM é a agricultura, geradora de poluição difusa no ambiente. Entretanto, conforme o Mapa 33, a pressão sobre a qualidade dos recursos hídricos na maioria das sub-bacias é Baixa/Muito baixa.

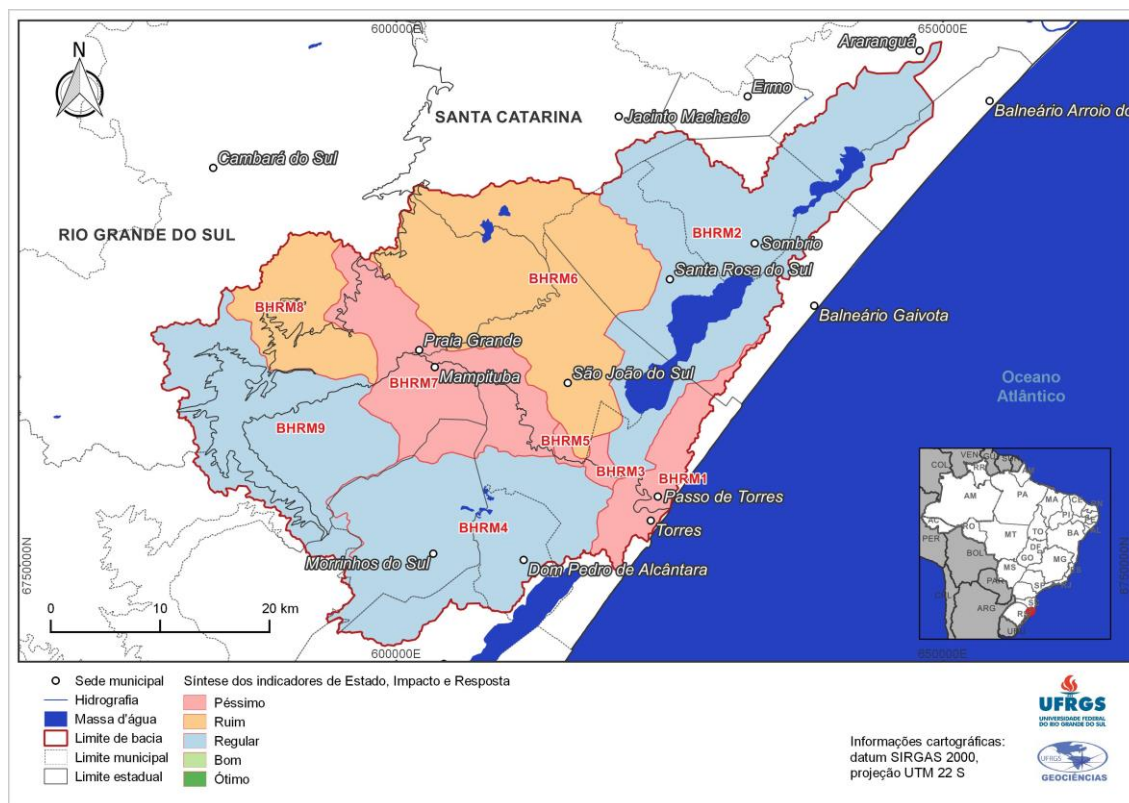


Mapa 33 - Síntese dos indicadores de Força Motriz e Pressão

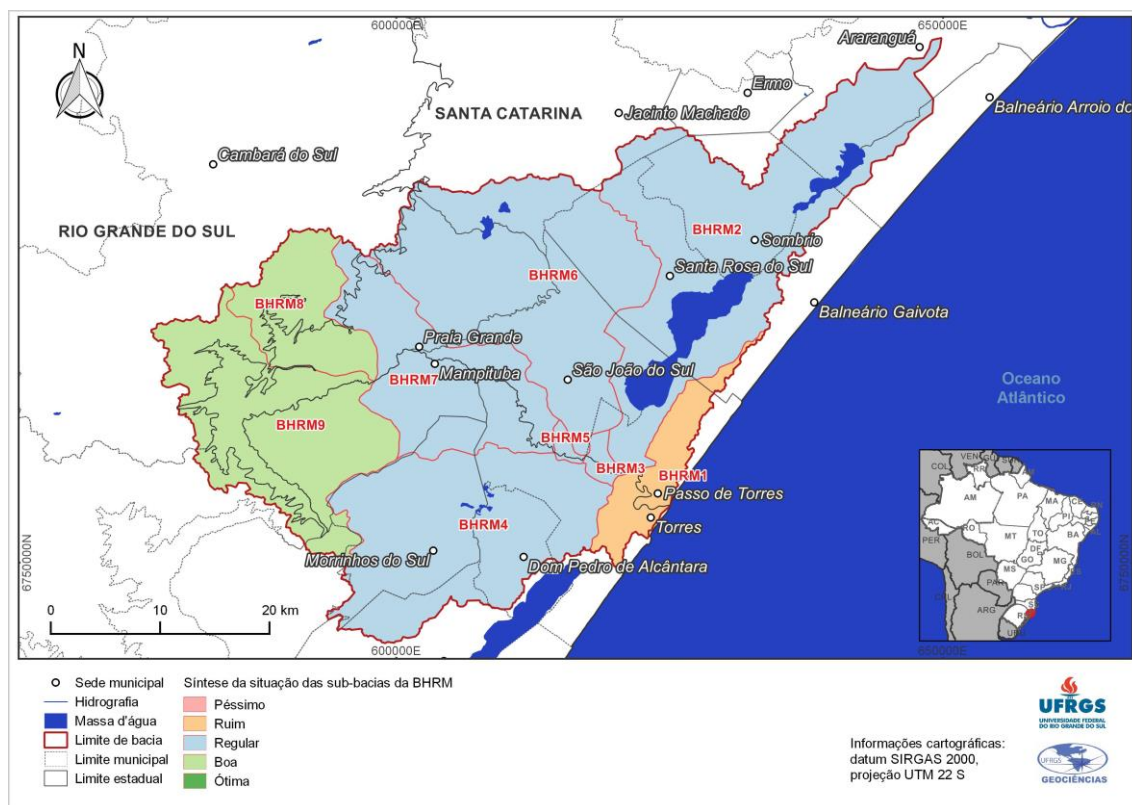
Já no Mapa 34, a situação é de Regular à Péssima em toda a bacia. Verifica-se a falta de infraestrutura de abastecimento de água e saneamento básico e de ações de monitoramento, proteção e gestão ambiental.

O Mapa 35 apresenta a síntese dos indicadores da matriz FPEIR e a situação dos recursos hídricos da BHRM. Observa-se uma situação Regular na grande maioria da bacia, Ruim na BHRM-1 e Boa apenas no Alto Mampituba. Assim,

apesar do Estado e do Impacto ainda serem baixos, as medidas de resposta são insuficientes para atenuar as pressões geradas pelas principais forças motrizes identificadas.



Mapa 34 - Síntese dos indicadores de Pressão, Impacto e Resposta



Mapa 35 - Síntese da situação dos recursos hídricos da BHRM

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A BHRM compreende dezoito municípios de dois estados e abarca quase 130 mil habitantes. Mesmo com a escassez de dados, a maior parte das informações utilizadas neste trabalho foi obtida em órgãos gaúchos e federais. De Santa Catarina há apenas dados municipais. A escassa informação sobre a bacia se reflete nas poucas ações de monitoramento, proteção e resposta às pressões antrópicas no ambiente, onde a atividade agrícola é o principal agente, em especial a atividade arrozeira e sua agroindústria, com grande potencial poluidor dos solos e dos recursos hídricos. Apesar das pressões ainda serem baixas (Mapa 33), a bacia está vulnerável (Mapa 34), configurando uma situação Regular (Mapa 35) em relação à sua sustentabilidade ambiental.

Diante dos aspectos observados, faz-se necessária a ampliação da rede de monitoramento da qualidade da água, da abrangência dos planos municipais de saneamento básico e gerenciamento de resíduos sólidos, além da infraestrutura de saneamento. Também é necessária a criação de comitê que gerencie os dois lados da divisa estadual da bacia, que atualmente compreende apenas o lado do Rio Grande do Sul.

Para obter-se o diagnóstico da situação dos recursos hídricos da BHRM, o método da matriz FPEIR mostrou-se flexível para ser adaptado conforme os parâmetros e indicadores disponíveis. Além disso, abrange uma ampla gama de aspectos que influenciam a dinâmica socioambiental da bacia hidrográfica, e aliado ao SIG, é possível apontar quais elementos estão prejudicando o ambiente e onde estão os principais problemas.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, 22, n. 6, jan. 2014. p. 711–728.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013**. Brasília: ANA, 2013. 432 p.

BASSO, L. A. A crise dos recursos hídricos. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, jun. 1999. p. 141-153.

BITENCOURT, N. D. L. D. R.; LALANE, H. D. C.; ROCHA, I. D. O. O processo de ocupação dos espaços costeiros do extremo sul de Santa Catarina, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, ago.-dez. 2011. p. 1-15.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**, Brasília, 1981.

BRASIL. Lei nº 7.661, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da CF, e altera o art. 1 da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de , Brasília, 1997.**

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**, Brasília, 2005.

EEA. **Environmental indicators: typology and overview**. EEA. Copenhagen, p. 18. 1999.

HINATA, S. D. S.; BASSO, L. A. Qualidade da água associada ao cultivo de banana na sub-bacia hidrográfica do Rio das Pacas - RS. In: BASSO, L. A.; MOURA, N. S.

V.; STROHAECKER, T. M. **Geografia: dinâmica, conflitos e proposições**. Porto Alegre: wwlivros, 2017. p. 274.

IBGE. **Mapa de solos. Folha Gravataí SH.22-X-C. 250.000**. IBGE. Rio de Janeiro. 2003.

IBGE. **Mapa de vegetação. Folha Gravataí SH.22-X-C. 250.000**. IBGE. Rio de Janeiro. 2003.

IBGE. **Mapa geológico. Folha Gravataí SH.22-X-C. 250.000**. IBGE. Rio de Janeiro. 2003.

IBGE. **Mapa geomorfológico. Folha Gravataí SH.22-X-C. 250.000**. IBGE. Rio de Janeiro. 2003.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 154 p. Manuais Técnicos em Geociências nº 7.

IPT. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) - SP/MG (Relatório síntese - R3)**. IPT. São Paulo, p. 51. 2008.

KUNST, A. V.; MOURA, N. S. V. Impactos ambientais urbanos: o caso do setor norte do litoral gaúcho. In: BASSO, L. A.; MOURA, N. S. V.; STROHAECKER, T. M. **Geografia: dinâmica, conflitos e proposições**. Porto Alegre: wwlivros, 2017. p. 274.

MEIER, M. A. **A conjuntura dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: [s.n.], 2011. 238 f. p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria.

PEREIRA, J. P. **Espacialização do uso de agrotóxico por região de saúde no RS**. Porto Alegre: [s.n.], 2014. 120 f. Monografia (Graduação) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. D. Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de bacia Hidrográfica. **urbe – Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 13-25, jul./dez. 2013.

RAMOS, J. **Dinâmica sócio espacial da cadeia produtiva do arroz irrigado na Microregião de Araranguá - SC**. Florianópolis: [s.n.], 2011. 146 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. Porto Alegre: [s.n.], 2011. 240 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental - Conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 584 p.

SANTOS, R. F. D. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SOARES, A. B. et al. Revisando a estruturação do modelo DPSIR como base para um sistema de apoio à decisão para a sustentabilidade de bacias hidrográficas. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 4, n. 3, p. 521-545, set./dez. 2011.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, v. 1, 1996.

STROHAECKER, T. M. **A urbanização no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa**. Porto Alegre: [s.n.], 2007. 398 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

STROHAECKER, T. M. Trajetória do planejamento territorial no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 27, mar. 2016. p. 68-93.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 302 p.

VAZ, C. A. B.; SILVEIRA, G. L. D. O modelo PEIR e base SIG no diagnóstico da qualidade ambiental em sub-bacia hidrográfica urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, abr./jun. 2014. p. 281-298.