



ETAPA D – PROGNÓSTICO DAS DEMANDAS HÍDRICAS

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA
SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL DE SANTA
CATARINA (SDS)
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)
FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA E INOVAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FAPESC)
COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUBATÃO

PRODUTO 4

ETAPA D - PROGNÓSTICO DAS DEMANDAS HÍDRICAS

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS
DOS RIOS CUBATÃO, MADRE E BACIAS CONTÍGUAS

DEZEMBRO/2018

APRESENTAÇÃO

O Plano de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que visa orientar a gestão das águas no âmbito local. Em 2016, a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina (SDS) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) estabeleceram uma parceria para a construção desse instrumento, que é de fundamental importância na manutenção das atividades econômicas, qualidade de vida dos moradores da região e da conservação ambiental.

O projeto está dividido em cinco etapas:

- » Produto 1 – Etapa A – Plano de Trabalho Detalhado e Cronograma de Execução
- » Produto 2 – Etapa B – Estratégia para o Envolvimento da Sociedade na Elaboração do Plano
- » Produto 3 – Etapa C – Diagnóstico dos Recursos Hídricos
- » **Produto 4 – Etapa D – Prognóstico das Demandas Hídricas**
- » Produto 5 – Etapa E – Elaboração do Plano de Recursos Hídricos
- » Produto 6 – Relatório Síntese do Plano de Recursos Hídricos.

O presente documento constitui o Produto 4 – Prognóstico das Demandas Hídricas e atende ao Plano de Trabalho Detalhado e Cronograma de Execução para Elaboração do Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas.

SUMÁRIO

Apresentação	3
Sumário	5
Introdução	7
1. Cenários de demandas hídricas	9
1.1. Série histórica da demanda hídrica	9
1.1.1. Metodologia	10
1.1.2. Resultados	15
1.2. Cenário tendencial de demanda hídrica	20
1.2.1. Metodologia	20
1.2.2. Resultados	28
1.3. Cenários alternativos de demanda hídrica	34
1.3.1. Metodologia	35
1.3.2. Resultados	39
1.4. Análise comparativa dos cenários de demanda hídrica	49
2. Estimativa de carga poluidora	55
2.1. Carga poluidora em águas superficiais	55
2.1.1. Metodologia	55
2.1.2. Resultados	58
2.2. Carga poluidora em águas subterrâneas	69
2.2.1. Cenário tendencial	69
2.2.2. Cenários alternativos	74
3. Balanços hídricos	79
3.1. Balanços hídricos em águas superficiais	79
3.1.1. Metodologia	79
3.1.2. Resultados	87
3.1.3. Conclusões	125
3.2. Balanços hídricos em águas subterrâneas	130
3.2.1. Confronto preliminar	130
3.2.2. Balanço hídrico	135
3.2.3. Conclusões	151
4. Identificação de áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água	153
4.1. Áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água superficial	153
4.1.1. Metodologia	153
4.1.2. Resultados	155
4.1.3. Conclusões	166

4.2. Áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água subterrânea	167
4.2.1. Metodologia	167
4.2.2. Resultados	168
5. Proposta de enquadramento dos cursos d'água	173
5.1. Metodologia	173
5.1.1. Definição da proposta de enquadramento dos cursos d'água	174
5.2. Resultados	175
6. Compatibilização de disponibilidade e demanda.....	179
6.1. Propostas de medidas para compatibilização de disponibilidade e demandas qualitativas	179
6.1.1. Saneamento básico.....	180
6.1.2. Agricultura e irrigação	186
6.1.3. Criação animal	191
6.1.4. Pesca e aquicultura.....	193
6.1.5. Indústria.....	195
6.1.6. Mineração.....	197
6.1.7. Transporte hidroviário e navegação	198
6.1.8. Turismo e lazer	199
6.1.9. Conservação de mananciais e manutenção de ecossistemas	200
6.1.10. Gestão dos recursos hídricos	202
7. Considerações finais	211
Referências	213
Apêndices	227
Apêndice 1 – Mapa de potencial retenção de água no solo	229
Apêndice 2 – Mapa de declividade	231
Apêndice 3 – Mapa de potencialidade e favorabilidade à exploração.....	233
Apêndice 4 – Mapa de potencial de infiltração	235
Apêndice 5 – Mapa de identificação das áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de águas superficiais	237
Apêndice 6 – Proposta de enquadramento dos cursos d'água	239
Apêndice 7 – Oficinas de enquadramento participativo	241
Apêndice 8 – Articulação e compatibilização de interesses internos e externos à bacia.....	259
Lista de siglas	273
Lista de figuras	277
Lista de tabelas.....	280

INTRODUÇÃO

O Plano de Recursos Hídricos é um dos instrumentos de planejamento previstos na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e na Lei Estadual nº 9.748, de 30 de novembro de 1994, que serve para orientar a execução da política de recursos hídricos no território da bacia hidrográfica. No documento, constam o diagnóstico dos recursos hídricos, o prognóstico das demandas hídricas, os objetivos e as metas a serem atingidas para compatibilizar as demandas com a oferta de recursos hídricos, identificando e sistematizando os interesses e anseios dos usuários de água.

O presente documento constitui o Produto da Etapa D – Prognóstico das Demandas Hídricas das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas.

A partir da etapa D, todas as informações são apresentadas em nível de Unidade de Gestão (UG). Conforme justificado no relatório da Etapa C, as UGs são unidades de planejamento formadas por um conjunto de sub-bacias hidrográficas com características socioambientais semelhantes. As UGs da área de estudo são apresentadas na Figura 1.

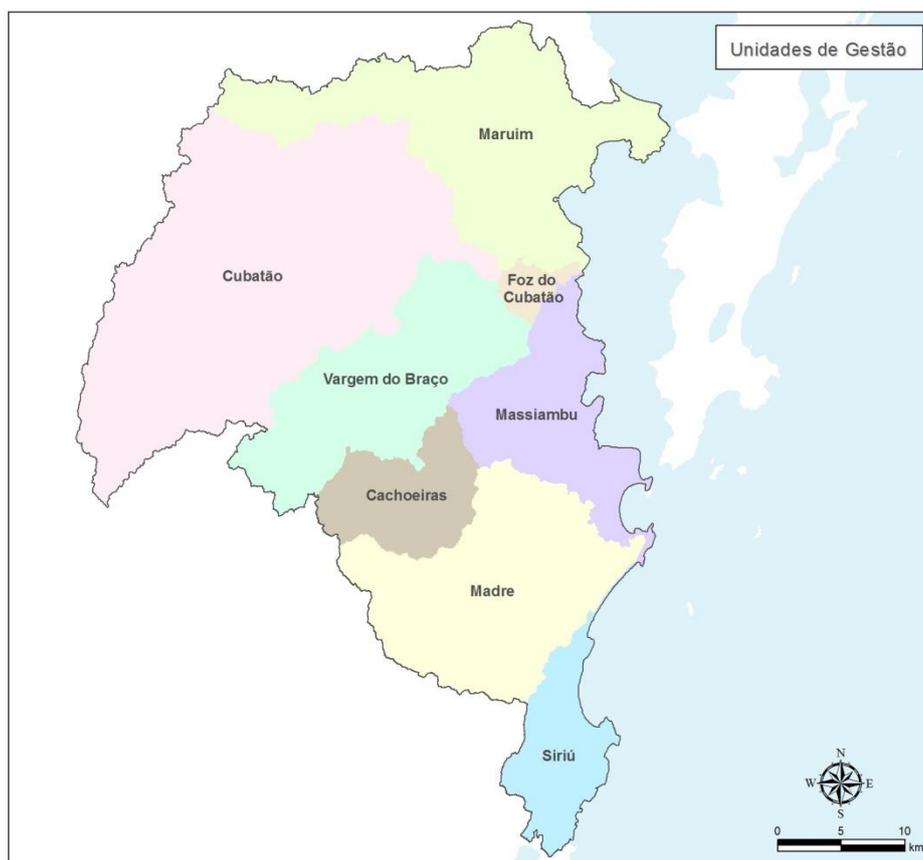


Figura 1 – Unidades de Gestão definidas para as Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas
Elaboração própria (2018)

Este relatório está organizado em seis capítulos, cuja ordem e estruturação difere das atividades apresentadas no Plano de Trabalho (Produto da Etapa A). A reestruturação deste Produto foi realizada de maneira que as informações apresentadas estejam cronologicamente

e tecnicamente consoantes à ordem de execução das atividades e construção da proposta de enquadramento de corpos d'água.

O Capítulo 1 Cenários de demandas hídricas apresenta os cenários de crescimento das demandas hídricas construídos para o Plano. São abordados os três cenários propostos, os horizontes do plano em que são trabalhados os cenários e a metodologia de construção de cada cenário com as hipóteses e premissas assumidas. É apresentada também a série histórica da demanda hídrica, necessária à construção dos cenários. Posteriormente são exibidos os resultados do cálculo de demanda hídrica por UG, horizonte do Plano e cenário. Ao final é apresentada a análise comparativa entre os resultados de demanda hídrica dos três cenários.

No Capítulo 2 é apresentada a estimativa de carga poluidora. As cargas foram estimadas com base na metodologia estabelecida para o cálculo das demandas hídricas, conforme indica-se no Capítulo 1. Foram estimadas as cargas poluidoras em águas superficiais e subterrâneas para cada horizonte do projeto e cenário estabelecido. Da mesma maneira, estas foram estimadas para múltiplos usos d'água, tais quais esgotamento sanitário, criação animal, agricultura e poluição difusa.

O Capítulo 3 Balanços hídricos apresenta os balanços hídricos executados para as bacias em estudo, os quais foram construídos a partir dos resultados das demandas hídricas apresentados no Capítulo 1, as cargas estimadas no Capítulo 2 e as disponibilidades hídricas apresentadas no relatório da Etapa C. São apresentados os balanços hídricos quantitativos e qualiquantitativos realizados para corpos d'águas superficiais e os balanços quantitativos realizados para águas subterrâneas. Além disso, são abordadas as metodologias com as premissas e as hipóteses adotadas para o cálculo dos balanços, os resultados dos balanços por cenário e o horizonte do Plano.

O Capítulo 4 trata do levantamento de áreas críticas para expansão das atividades demandadoras de água. Para águas superficiais, apresentam-se a metodologia com as bases de dados e os critérios adotados para identificação das áreas críticas, os resultados com as áreas críticas identificadas por UG e, ao final, uma avaliação geral das áreas críticas nas bacias em estudo. Para águas subterrâneas são apresentadas as áreas críticas identificadas a partir dos resultados dos balanços hídricos em águas subterrâneas.

O Capítulo 5 apresenta a proposta de enquadramento dos corpos d'água das bacias em estudo. A proposta de enquadramento foi construída a partir dos resultados dos balanços hídricos qualiquantitativos (Capítulo 3), das informações inerentes ao mapeamento de áreas críticas (Capítulo 4) e das oficinas de enquadramento participativo. No Capítulo 5 são descritas as oficinas de enquadramento realizadas, a metodologia e os critérios adotados na definição da proposta de enquadramento e a proposta de enquadramento por trecho hídrico das bacias em estudo.

Por fim, no Capítulo 6 discorre-se sobre as propostas de medidas para compatibilização das disponibilidades e demandas qualiquantitativas. As medidas foram propostas de modo a solucionar os conflitos identificados ao longo desta etapa e das etapas anteriores do Plano e também de modo a atender ao enquadramento sugerido no Capítulo 5.

1. Cenários de demandas hídricas

Nesta atividade foi realizada a montagem dos cenários de crescimento das demandas hídricas. Os cenários foram construídos a partir da série histórica das demandas hídricas, considerando os múltiplos usos da água (abastecimento urbano, abastecimento rural, abastecimento flutuante, aquicultura, criação animal, irrigação, uso industrial e mineração) e três horizontes temporais do Plano: curto (2023), médio (2027) e longo (2031) prazo.

Foram construídos três cenários para o Plano em questão. Um cenário chamado de tendencial e dois cenários alternativos, um otimista e outro moderado. O cenário tendencial, pressupõe-se que seja o mais pessimista em termos de demanda hídrica, uma vez que não define qualquer alteração no índice de perdas de água ou ainda que mais nenhuma ação é tomada para que essa tendência se modifique, seguindo apenas a trajetória tendencial do consumo atual. O cenário alternativo, considerado otimista, é o que apresenta a menor demanda hídrica projetada. O cenário alternativo, considerado moderado em termos de demanda hídrica, parte da premissa de que a redução da demanda hídrica esperada é de apenas 50%, ou metade da redução da demanda hídrica prevista no cenário alternativo com demanda hídrica otimista.

Os horizontes temporais dos cenários foram estabelecidos em consonância com o Plano Plurianual (PPA) do Estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2017g). O PPA é um instrumento de planejamento governamental que orienta as diretrizes, objetivos e metas para os investimentos públicos em um período de quatro anos. Logo, os horizontes definidos foram: curto prazo em 2023; médio prazo em 2027; e longo prazo em 2031. O ano de 2019 foi desconsiderado devido à proximidade da data de conclusão do plano em 2018.

No Capítulo 1.1 são apresentadas as séries históricas de demanda hídrica calculadas de 2010 a 2016 por Unidades de Gestão (UG). No Capítulo 1.2 são apresentadas as estimativas de projeção tendencial e os resultados da demanda hídrica por uso e por UGs para os três horizontes temporais. No Capítulo 1.3 é apresentada a metodologia de construção do cenário alternativo otimista e moderado e os resultados da demanda hídrica para cada um dos cenários, por uso, por UGs e para cada um dos três horizontes temporais do Plano. No Capítulo 1.4 é apresentada a análise comparativa dos cenários de demandas hídricas.

As informações identificadas nesta fase serão utilizadas na realização do balanço hídrico e ao longo das próximas atividades da etapa D.

1.1. SÉRIE HISTÓRICA DA DEMANDA HÍDRICA

Este capítulo apresenta a metodologia de distribuição das demandas hídricas por UG e o resultado da série histórica das demandas hídricas por UGs e por tipo de uso d'água.

1.1.1. Metodologia

1.1.1.1. Cálculo da série histórica municipal

Para o posterior agrupamento das demandas em UG e para a construção dos cenários futuros de demanda hídrica, inicialmente foi realizado o cálculo da série histórica da demanda hídrica por município. Foi calculada a demanda hídrica de retirada para os anos de 2010 a 2016. A série da demanda hídrica tem início no ano de 2010 em decorrência da disponibilidade de dados.

A metodologia utilizada para o cálculo das demandas hídricas municipais é análoga à metodologia apresentada no Relatório da Etapa C. Em decorrência da ausência de alguns dados para a série histórica considerada, foram realizados ajustes na metodologia de cálculo. Os ajustes na metodologia foram realizados para os seguintes usos: abastecimento urbano, abastecimento flutuante, aquicultura, irrigação e uso industrial. As alterações realizadas nestes usos são apresentadas nesta subseção.

Abastecimento urbano

Foi realizada uma análise de sensibilidade dos valores da série histórica dos coeficientes Consumo Médio *Per Capita* de Água, Volume de Água Disponibilizado por Economia e Consumo Médio de Água por Economia, de modo que as demandas hídricas calculadas tivessem tendência de evolução semelhante às tendências de crescimento populacional levantadas.

Os dados de abastecimento de água, coletados através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2013), não apresentaram valores referentes aos indicadores de interesse necessários ao cálculo da demanda hídrica (População Atendida por Sistema de Abastecimento Público, Consumo Médio *Per Capita* de Água, Volume de Água Disponibilizado por Economia e Consumo Médio de Água por Economia) para o município de São Pedro de Alcântara nos anos de 2010 e 2011. De forma a prover a continuidade da série, foram considerados os valores do próximo ano disponível, sendo este 2012 os anos de 2010 e 2011 foram preenchidos com os mesmos valores do ano de 2012.

Abastecimento flutuante

As estimativas de visitantes internacionais e nacionais discriminadas por municipalidades, as quais compuseram os dados desta seção, foram obtidas utilizando dados da Categorização dos Municípios das Regiões Turísticas do Mapa do Turismo Brasileiro, realizada pelo Ministério do Turismo, e do Estudo da Demanda Turística, realizado pela Santa Catarina Turismo S.A. (SANTUR, [2016]). A Categorização do Ministério do Turismo estabelece o número de visitas internacionais e nacionais por município, sendo esta, no entanto, publicada no ano de 2016, com base nos dados de 2012 e 2013. De forma a obter dados para os anos anteriores, foram calculados coeficientes de proporcionalidade das visitas de cada município em relação ao total estadual. Utilizando estes coeficientes, foi possível distribuir, no âmbito de desagregação municipal, os dados de movimentação de turistas, tanto nacionais quanto internacionais, contidos no Estudo de Demanda Turística da Santur, os quais eram de

caráter estadual. Considerando que, no presente estudo, apenas alguns bairros de Florianópolis são considerados, estabeleceu-se também um coeficiente de proporcionalidade no âmbito distrital para delimitar apropriadamente a área de interesse. Estes coeficientes foram calculados anualmente baseando-se na projeção de população flutuante realizada pela Prefeitura de Florianópolis no Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMISB) (FLORIANÓPOLIS, 2011), o qual discrimina estes dados por distrito.

Aquicultura

Em virtude da ausência de dados da área alagada por município na prática da piscicultura (EPAGRI, [2018]), para os anos de 2010 a 2014, foi adotada uma metodologia de estimativa dessa variável com base nos dados de área alagada, em hectares, por municípios, observada no ano de 2015. Para gerar essas estimativas foi utilizada a pesquisa de Produção anual da piscicultura, a qual é realizada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, [2018]). O processo de construção das estimativas foi dividido em três etapas que são expostas a seguir:

- » identificação da região de inserção;
- » construção do coeficiente percentual de área alagada municipal;
- » relação da área regional alagada com o coeficiente de área alagada municipal.

Na primeira etapa foi realizada a identificação da administração regional da Epagri a que cada um dos municípios das bacias em estudo pertence. Em seguida, utilizando os dados de área alagada municipais do ano de 2015, foi gerado o coeficiente de área alagada de cada município em relação a sua região de inserção, sendo esse coeficiente o percentual dos itens supracitados. Como última etapa, esse coeficiente foi multiplicado pelo total de área alagada em cada região, gerando o valor estimado de área alagada (ha) na piscicultura, amadora e profissional, para cada município no período entre 2010 a 2014. A limitação dessa metodologia é desconsiderar as possíveis alterações na distribuição regional de área alagada durante o período analisado.

Área Irrigada

Foram construídas séries de área irrigada para arroz inundado, cana-de-açúcar e demais culturas e sistemas, por município, entre os anos de 2006 e 2030, com periodicidade anual, utilizando os dados do Censo Agropecuário (IBGE, [2007]) e do Atlas de Irrigação (ANA, 2017b). Os dados observados no Censo Agropecuário são referentes ao ano de 2006, enquanto os do Atlas de Irrigação estabelecem as áreas referentes a 2015 e projetam os dados para o ano de 2030. Os valores são relativos à área irrigada para as culturas de arroz inundado, cana-de-açúcar e demais culturas e sistemas, sendo a unidade de medida “hectares”. Os valores para os anos entre os relatórios (2006-2015, 2015-2030) foram obtidos através de interpolação log-linear, realizada com base nos valores dos extremos obtidos previamente, o que proporcionou dados em periodicidade anual entre 2006 e 2030.

Uso industrial

Para realizar o cálculo da demanda hídrica do uso industrial foi aplicada a metodologia A, conforme apresentado no Relatório da Etapa C. Ressalta-se que em decorrência da ausência de informações para os anos anteriores, a metodologia B (também apresentado no Relatório da Etapa C), do uso do industrial não pôde ser replicada.

Depois de calculadas as séries históricas de demanda hídrica municipal, foi realizada a distribuição destas demandas por UGs. A metodologia e as hipóteses atribuídas para a distribuição são apresentadas no Capítulo 1.1.1.2.

1.1.1.2. Agrupamento em Unidades de Gestão

Para a distribuição das demandas hídricas foi desenvolvida uma metodologia que relacionou as demandas às bases de dados espaciais já existentes. Para cada uso de água foi atribuída a distribuição espacial de uma base de dados geográficos. As bases de dados utilizadas foram: Uso e Ocupação do Solo (elaborada e apresentada no relatório C, item referente à “Dinâmica Física e Ambiental”); Processos Minerários (DNPM, [2017]); e ainda Indústrias, gerado a partir de informações da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC, [2017]) e do Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH).

A demanda hídrica de abastecimento urbano e de abastecimento rural tiveram como referência o uso e ocupação do solo de área urbanizada, de forma que a diferenciação entre rural e urbano se deu a partir da base de dados geográficos de Setores Censitários do IBGE (2010).

A demanda hídrica de irrigação teve como referência o uso e ocupação do solo de agricultura.

Para identificar a demanda hídrica para indústrias foi realizada uma pesquisa no banco de dados da FIESC ([2017]) e foram selecionadas aquelas que se caracterizam como potenciais usuários de água. A partir disso, foi feita a alocação das indústrias com os endereços disponibilizados pela FIESC, compilou-se com os usuários do tipo indústria do CEURH e o resultado foi a base de dados de usos industriais da bacia.

A demanda hídrica de mineração foi identificada a partir da base de dados do DNPM ([2017]) de Processos Minerários, com enfoque nos processos de extração realizados em leito de rio. Foram consideradas as seguintes fases do processo de mineração:

- » Concessão de lavra, licenciamento, requerimento de lavra, requerimento de licenciamento.

As demandas de criação animal e aquicultura foram geradas a partir dos seguintes temas da base de dados de Uso e Ocupação do Solo: pastagem, campos naturais e solo exposto e vegetação natural.

A partir de análises espaciais e processos realizados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) foram calculados os coeficientes de proporção de distribuição das demandas hídricas dos municípios em cada UG. A partir dos coeficientes, foram posteriormente distribuídas as demandas municipais nas UGs. Deste modo, a demanda hídrica de cada UG corresponde ao somatório da demanda hídrica de cada município pertencente a UG multiplicado pelo coeficiente de proporcionalidade de cada município na UG correspondente.

Os coeficientes de proporção de distribuição das demandas hídricas dos municípios em UGs são apresentados na Tabela 1.

Município	Unidades de Gestão	Abastecimento urbano	Abastecimento rural	Abastecimento flutuante	Aquicultura	Criação animal	Irrigação	Uso industrial	Mineração
Florianópolis	Maruim	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
São José	Maruim	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Maruim	0,72	0,19	0,72	0,33	0,33	0,18	0,78	0,31
	Cubatão	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	Foz do Cubatão	0,03	0,00	0,03	0,05	0,05	0,11	0,04	0,13
Palhoça	Vargem do Braço	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
	Massiambu	0,22	0,14	0,22	0,27	0,27	0,23	0,15	0,23
	Cachoeiras	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01
	Madre	0,03	0,67	0,03	0,31	0,31	0,47	0,04	0,32
Águas Mornas	Cubatão	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Cachoeiras	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00
Paulo Lopes	Madre	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00
	Siriú	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
São Pedro de Alcântara	Maruim	1,00	1,00	1,00	0,58	0,58	0,13	1,00	1,00
	Cubatão	0,00	0,00	0,00	0,42	0,42	0,87	0,00	0,00
Garopaba	Siriú	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Maruim	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
Santo Amaro da Imperatriz	Cubatão	0,79	0,78	0,79	0,78	0,78	0,72	0,80	0,73
	Vargem do Braço	0,21	0,22	0,21	0,18	0,18	0,28	0,20	0,27

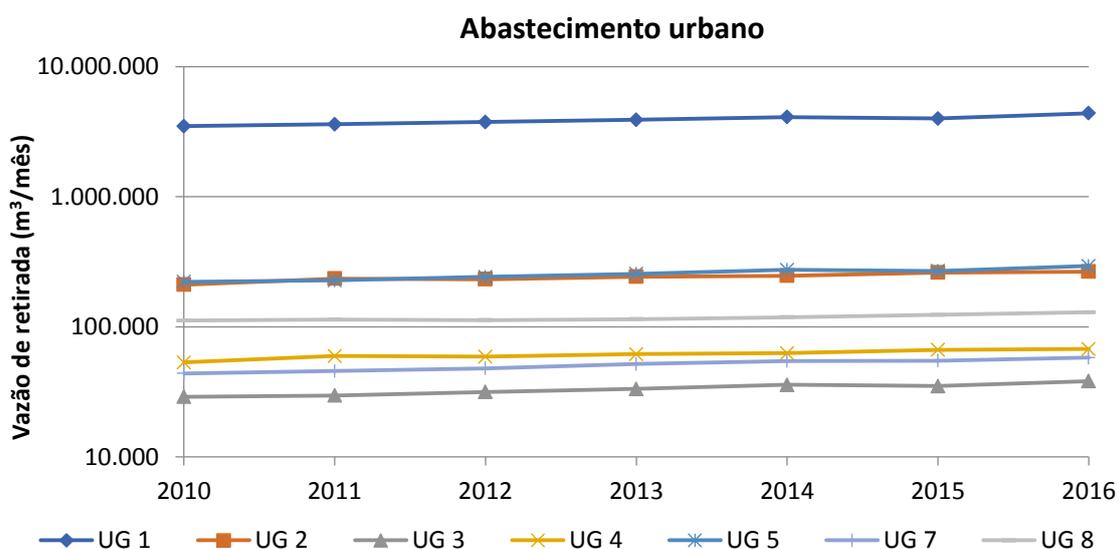
Tabela 1 – Coeficientes de proporção de distribuição das demandas hídricas municipais em Unidades de Gestão

Elaboração própria (2018)

1.1.2. Resultados

É apresentada a série histórica da demanda hídrica mensal de retirada por uso d'água e por UG. É apresentada a demanda hídrica do mês de dezembro, mês este que apresenta a maior vazão total de retirada (somatório das vazões dos múltiplos usos), portanto, considerado o mês mais crítico quanto à demanda hídrica.

Para a atividade de abastecimento urbano, pode ser observado que a UG Maruim apresenta a maior demanda hídrica ao longo dos anos da série histórica. Entre 2010 e 2016, a UG Foz do Cubatão é a Unidade de Gestão com a menor demanda. A UG Cachoeiras não está representada, pois não há demanda hídrica para esse uso.

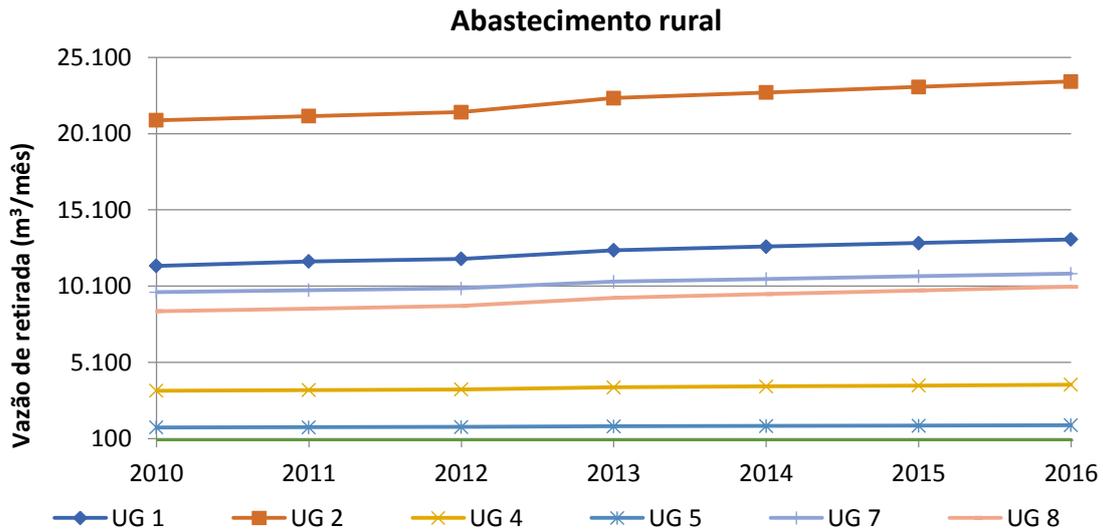


Obs.: UG 1 – Maruim; UG 2 – Cubatão; UG 3 - Foz do Cubatão; UG 4 - Vargem do Braço; UG 5 - Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre; UG 8 – Siriú.

Figura 2 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para o abastecimento urbano

Elaboração própria (2018)

Para a atividade de abastecimento rural há pouca variação de demanda hídrica nas UGs ao longo dos anos de estudo. Apesar de pouca variação, todas as UGs possuem crescimento na vazão de retirada. A UG Cubatão apresenta os maiores valores de demanda hídrica, enquanto a UG Massiambu possui a menor demanda. A UG Foz do Cubatão não está representada no gráfico, pois não há demanda hídrica para abastecimento rural.

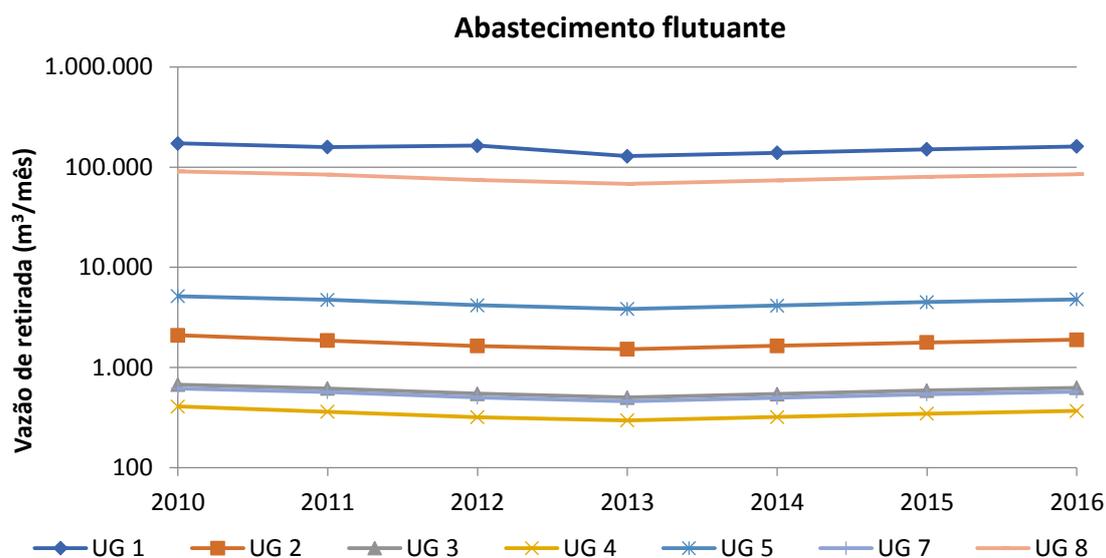


Obs.: UG 1 – Maruim; UG 2 – Cubatão; UG 3 - Foz do Cubatão; UG 4 - Vargem do Braço; UG 5 - Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre; UG 8 – Siriú.

Figura 3 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para o abastecimento rural

Elaboração própria (2018)

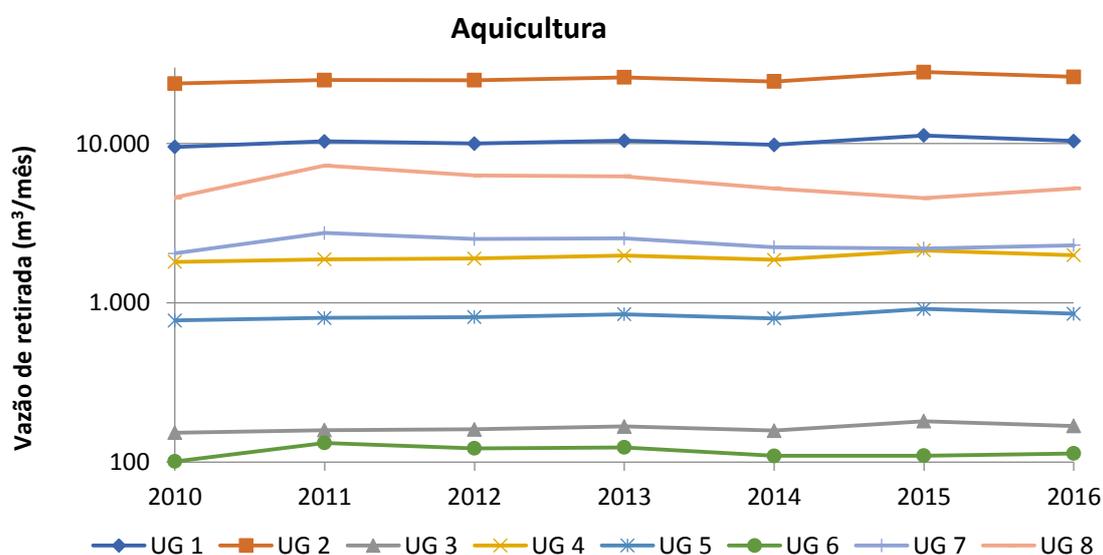
O uso da água para abastecimento flutuante não apresenta grandes variações de demanda hídrica. Com exceção da UG Maruim, todas apresentam um decréscimo entre 2010 e 2013, e um acréscimo entre 2013 e 2016. As UGs com maior e menor demanda ao longo da série histórica são, respectivamente, a UG Maruim e a UG Vargem do Braço. A UG Cachoeiras não está representada, pois não foi identificada demanda hídrica para abastecimento flutuante.



Obs.: UG 1 – Maruim; UG 2 – Cubatão; UG 3 - Foz do Cubatão; UG 4 - Vargem do Braço; UG 5 - Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre; UG 8 – Siriú.

Figura 4 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para o abastecimento flutuante
Elaboração própria (2018)

Nas demandas para a atividade de aquicultura a UG Siriú é a que apresenta maior variação de demanda hídrica ao longo da série histórica. A UG Cubatão e a UG Cachoeiras são as que apresentam a maior e menor demanda hídrica, respectivamente.



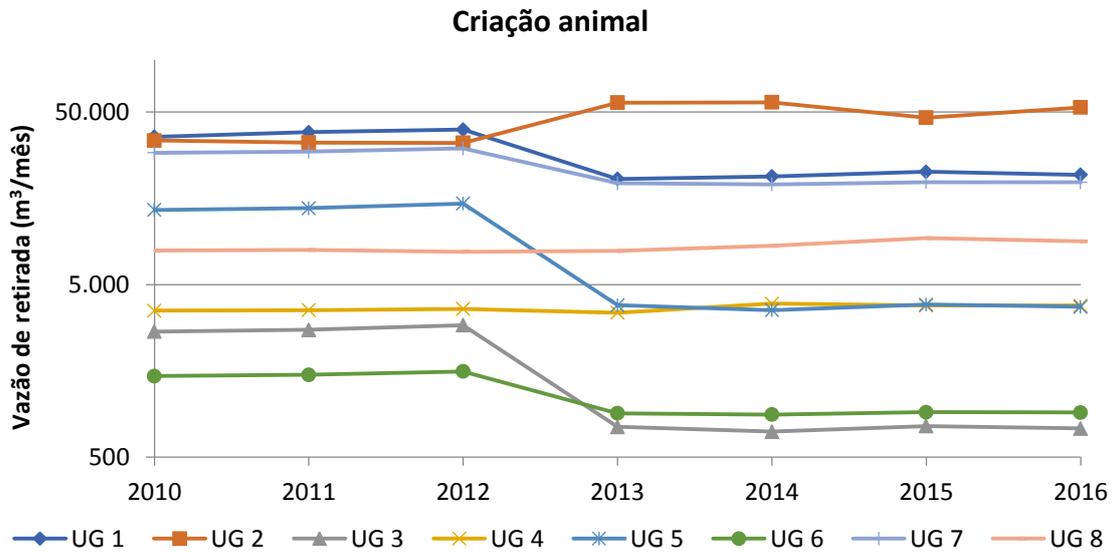
Obs.: UG 1 – Maruim; UG 2 – Cubatão; UG 3 - Foz do Cubatão; UG 4 - Vargem do Braço; UG 5 - Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre; UG 8 – Siriú.

Figura 5 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para a atividade de aquicultura

Elaboração própria (2018)

Para a atividade de criação animal é observado que com exceção das UGs Vargem do Braço e Siriú, as demais apresentam uma variação na demanda hídrica considerável. Entre 2010 e 2012, a maior demanda hídrica é referente à UG Maruim. Já a partir de 2013, a

demanda hídrica preponderante é da UG Cubatão. Entre 2010 e 2012, a menor demanda hídrica era da UG Cachoeiras, e a partir de 2013 passa a ser da UG Foz do Cubatão.

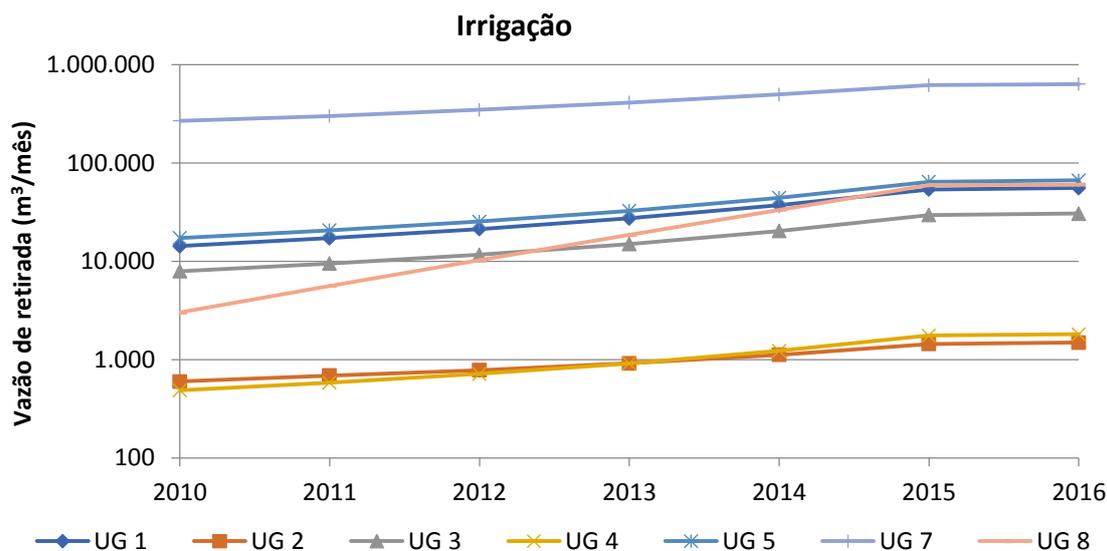


Obs.: UG 1 – Maruíim; UG 2 – Cubatão; UG 3 - Foz do Cubatão; UG 4 - Vargem do Braço; UG 5 - Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre; UG 8 – Siriú.

Figura 6 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para a atividade de criação animal

Elaboração própria (2018)

No uso da água para irrigação todas as UGs possuem crescimento na demanda hídrica ao longo da série histórica. Observa-se que entre 2010 e 2016 houve um grande crescimento na demanda de irrigação da UG Siriú. Entre 2010 e 2013, a menor demanda hídrica era referente à UG Vargem do Braço e, a partir de 2014, a menor demanda passa a ser a da UG Cubatão. A maior demanda hídrica para atividade de irrigação ocorre na UG Madre. A UG Cachoeiras não está representada, pois não há demanda para esse uso.

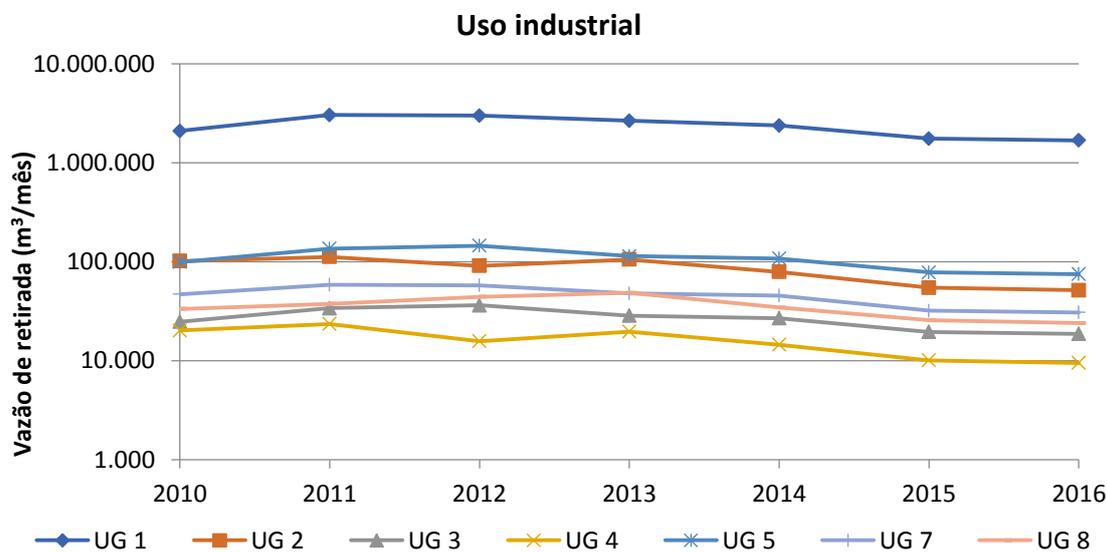


Obs.: UG 1 – Maruim; UG 2 – Cubatão; UG 3 - Foz do Cubatão; UG 4 - Vargem do Braço; UG 5 - Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre; UG 8 – Siriú.

Figura 7 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para a atividade de irrigação

Elaboração própria (2018)

O uso industrial, apresenta um decréscimo de demanda hídrica para todas as UGs a partir de 2013. A maior e mais expressiva demanda é referente à UG Maruim. Já a menor demanda hídrica é da UG Vargem do Braço.



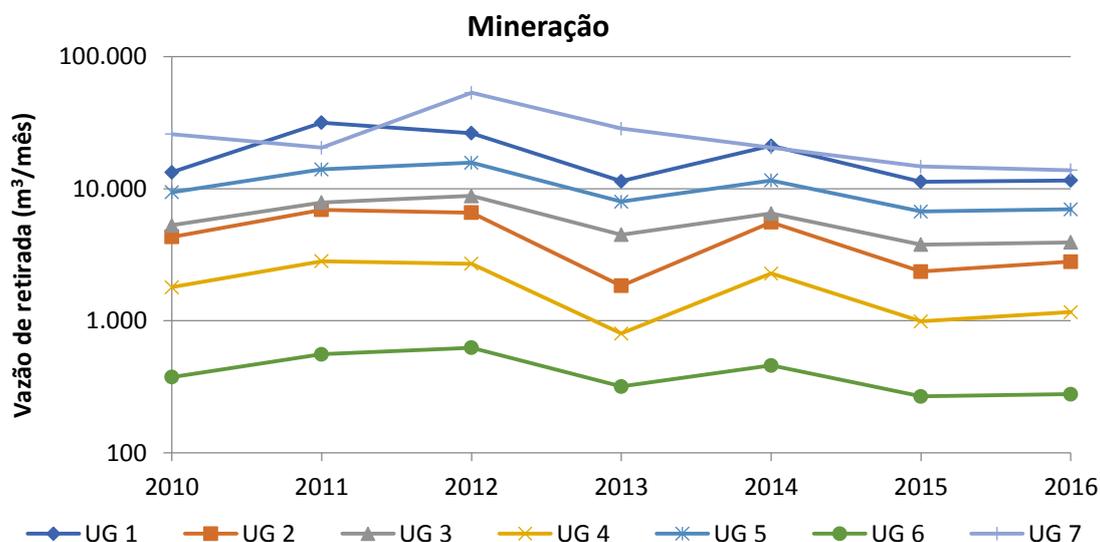
Obs.: UG 1 – Maruim; UG 2 – Cubatão; UG 3 - Foz do Cubatão; UG 4 - Vargem do Braço; UG 5 - Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre; UG 8 – Siriú.

Figura 8 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para o uso industrial

Elaboração própria (2018)

A atividade de mineração possui variações de demanda de água ao longo da série histórica. As maiores demandas são observadas na UG Maruim e na UG Madre, das quais a UG

Maruim é superior apenas nos anos de 2011 e de 2014. A menor demanda é observada na UG Cachoeiras.



Obs.: UG 1 – Maruim; UG 2 – Cubatão; UG 3 - Foz do Cubatão; UG 4 - Vargem do Braço; UG 5 - Massiambu; UG 6 – Cachoeiras; UG 7 – Madre; UG 8 – Siriú.

Figura 9 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para a atividade de mineração

Elaboração própria (2018)

1.2. CENÁRIO TENDENCIAL DE DEMANDA HÍDRICA

O cenário tendencial pressupõe a continuação das tendências de desenvolvimento socioeconômicas verificadas ao longo da série histórica. A construção desse cenário tendencial da demanda hídrica de retirada foi realizada por tipo de uso da água e por Unidade de Gestão.

No Capítulo 1.2.1 é apresentada a metodologia de construção do cenário tendencial. Na metodologia é apresentado brevemente o modelo de dados em painel que é à base da estimação da tendência de crescimento da demanda hídrica de retirada. Além disso, são apresentados os procedimentos de estimação, as equações por tipo de uso d'água e os procedimentos de projeção. No Capítulo 1.2.2 são apresentadas as taxas de crescimento anual e as demandas hídricas de retirada quantificadas por uso e por UG.

1.2.1. Metodologia

A estimação da tendência de crescimento da demanda hídrica é realizada por meio de um modelo econométrico de dados em painel com efeitos aleatórios. O modelo busca reduzir eventual colinearidade entre as variáveis, além de gerar um aumento dos graus de liberdade o que eleva a confiabilidade das estimativas (BALTAGI, 2005, p. 5).

O modelo de dados em painel é apresentado matricialmente na (1).

$$Y = X\beta + \mu \quad (1)$$

Onde Y é um vetor de variáveis dependentes do modelo e X é uma matriz das variáveis explicativas. Os coeficientes estimados são representados pelo vetor β e μ é um vetor de termos de erros, que segue distribuição normal com média zero e variância σ_i^2 .

O modelo com efeitos aleatórios assume o pressuposto de que os efeitos individuais não estão correlacionados. De acordo com Hsiao (2014) no caso de efeitos aleatórios, a inferência condicional dos efeitos é realizada com base na população. No caso da análise do cenário tendencial foram empregadas as informações de todas as UGs dentro da área de estudo, e as estimativas não são generalizadas para outras localidades. Além disso, optou-se pelo efeito aleatório, pois foi empregada uma variável invariante no tempo nas estimações.

Na inferência da taxa de crescimento da demanda hídrica de retirada é realizada a previsão da variável de interesse com base em uma combinação linear dos seus valores passados, além de outras variáveis explicativas, que são destacadas pela literatura da área.

1.2.1.1. Procedimentos de estimação

Para cada uso da demanda hídrica foi aplicada a mesma metodologia de estimação – painel de dados estimados via mínimos quadrados ordinários (MQO) com efeitos aleatórios. O que varia de uso para uso são as variáveis explicativas empregadas na equação. As equações são apresentadas na subseção 1.2.1.2.

O uso de variáveis log-linearizadas torna os dados moderadamente assimétricos mais normalmente distribuídos, além de permitir o uso de regressão linear simples e estabilizar a variação do valor. Por fim, facilita a compreensão da análise, pois possibilita usar a variação no tempo como variação percentual (WOOLDRIDGE, 2013).

Para o prognóstico foi empregada uma série temporal das variáveis explicativas de 2010 até 2016. Considerando o fato do número de observações ser baixo, com um número superior de unidades *cross-section* do que unidades de tempo, isso dificulta a estimação da regressão. Para tornar mais robustas as estimações foram empregadas, complementarmente as informações das bacias dos rios Tijucas, Biguaçu e bacias litorâneas adjacentes para compor a base, foi aplicada uma *dummy* para diferenciar as bacias. Uma *dummy* é uma variável binária, sendo atribuído valor 1 para as bacias do Plano em questão e valor 0 para as bacias dos rios Tijucas, Biguaçu e bacias litorâneas adjacentes.

1.2.1.2. Estimativa de crescimento por uso d'água

Inicialmente são apresentados os procedimentos adotados para distribuir as variáveis explicativas que se encontram no nível municipal para nível de UG. Esses procedimentos são explicados, dado que diversas das variáveis utilizadas são comuns para as equações de projeção do cenário tendencial.

Na Tabela 2 constam as variáveis e os critérios empregados, estes decorrem da desagregação da demanda hídrica de retirada. A fim de distribuir os dados municipais previamente coletados de acordo com as UGs, foram utilizados os critérios de abastecimento urbano, abastecimento rural, abastecimento flutuante, aquicultura, criação animal, irrigação e uso industrial.

Variável	Critério empregado
Produto Interno Bruto (PIB) (em mil reais)	Abastecimento urbano*, Abastecimento rural*, Uso industrial, Mineração, Aquicultura e Irrigação
População rural (em habitantes)	Abastecimento rural e Criação animal
Pessoal ocupado na indústria de transformação (em número de trabalhadores)	Uso industrial
Tarifa Média Praticada (R\$/m ³)	Abastecimento urbano, Abastecimento flutuante e Aquicultura
Quantidade de turistas (em número de turistas)	Abastecimento flutuante
Rebanho efetivo (em cabeças)	Criação animal
Área irrigada (em hectares)	Irrigação
Área alagada (em hectares)	Aquicultura

*A variável referente ao PIB foi dividida de acordo com a média das áreas que compõem as proporções dos critérios de abastecimento rural e urbano, com o objetivo de contemplar todos os setores produtivos na análise.

Tabela 2 – Variáveis e critérios de desagregação empregados na construção do cenário tendencial

Elaboração própria (2018)

A variável tarifa média praticada (R\$/m³) de cada UG, que representa a relação entre a receita operacional direta total de água e esgoto (R\$/ano) dividida pelo volume faturado total de água e esgoto (1.000 m³/ano), foi obtida através da média ponderada das tarifas médias dos municípios componentes da UG em questão, tomando como base a participação territorial municipal em relação ao total da UG.

- » As tarifas de São Pedro de Alcântara para os anos de 2010 e 2011 não constavam na base de dados, sendo que se considerou para estes anos as ocorrências mais próximas.

Uma peculiaridade do Plano em relação às variáveis é a ocorrência de dados quase nulos para a UG Cachoeiras. Essa ocorrência se deve a existência de área de preservação na região, conhecida como Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. O parque é classificado como Unidade de Proteção Integral no âmbito da Lei nº 9.985/2000. Nas Unidades de Proteção Integral só é permitido o uso indireto: "§ 1º: o objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei" (BRASIL, 2000, não paginado). Destaca-se ainda, no âmbito dessa lei, que:

[o] Parque Nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. (BRASIL, 2000, não paginado).

A seguir são apresentadas as equações para cada uso, além dos resultados dessas equações em termos de coeficientes e desvio padrão.

Abastecimento urbano

A demanda hídrica de retirada do abastecimento urbano é estimada pela Equação (2).

(2)

Onde $DHR_URB_{i,t}$ é a demanda hídrica de retirada do abastecimento urbano no período t nas UGs da área de estudo, somadas também aos dados de demanda hídrica das bacias hidrográficas dos rios Tijucas, Biguaçu e demais bacias contíguas litorâneas pertencentes a RH8; α é coeficiente da constante; $DHR_URB(-1)_{i,t}$ é a variável dependente defasada e; $PIB_{i,t}$ é o Produto Interno Bruto; a variável $TARIFA_MÉDIA_PRATICADA_{i,t}$ é a tarifa média praticada; a variável $e_{i,t}$ é o termo do erro; a variável binária $Dummy_bacia$ é para a bacia, assumindo valor 1, no caso das bacias de Cubatão, Madre e bacias contíguas, e valor 0, no caso das bacias de Tijucas, Biguaçu e contíguas. Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes dessa equação.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão
C	0,021906	0,018507
LN_DHR_URB(-1)	0,990201*	0,008043
LN_PIB	0,012391	0,008485
LN_TARIFA_MÉDIA_PRATICADA	-0,009596	0,009638

* Estatisticamente significativa ao nível de 1% $R^2 = 0,999939$.

Tabela 3 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para o abastecimento urbano

Elaboração própria (2018)

Abastecimento rural

A demanda hídrica de retirada do abastecimento rural é estimada pela Equação (3).

(3)

Onde $DHR_RU_{i,t}$ é a demanda hídrica de retirada do abastecimento rural no período t nas UGs da área de estudo, somadas também aos dados de demanda hídrica das bacias hidrográficas dos rios Tijucas, Biguaçu e demais bacias contíguas litorâneas pertencentes a RH8; α é coeficiente da constante; $DHR_RU(-1)_{i,t}$ é a variável dependente defasada; $POPULAÇÃO_RURAL_{i,t}$ é a população rural; $e_{i,t}$ é o termo do erro; a variável binária $Dummy_bacia$ é para a bacia, assumindo valor 1, no caso das bacias de Cubatão, Madre e bacias contíguas, e valor 0, no caso das bacias de Tijucas, Biguaçu e contíguas. Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes dessa equação.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão
C	3,397479*	0,004622
LN_DHR_RU(-1)	0,036276*	0,000439
LN_POPULACAO_RURAL	0,970272*	0,000444
DUMMY_BACIA	-0,845153*	0,005587

* Estatisticamente significativa ao nível de 1% $R^2 = 0,997791$.

Tabela 4 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para o abastecimento rural

Elaboração própria (2018)

Abastecimento flutuante

A demanda hídrica de retirada do abastecimento flutuante é estimada pela Equação (4).

$$\begin{aligned} \ln DHR_FLUTUANTE_{i,t} &= \alpha + \beta_1 \ln DHR_FLUTUANTE(-1)_{i,t} + \beta_2 \ln PIB_{i,t} \\ &+ \beta_3 \ln TARIFA_MÉDIA_PRATICADA_{i,t} \\ &+ \beta_4 \ln QUANTIDADE_TURISTAS_{i,t} + \beta_5 \text{Dummy_bacia} + e_{i,t} \end{aligned} \quad (4)$$

Em que $DHR_FLUTUANTE_{i,t}$ é a demanda hídrica de retirada do abastecimento flutuante no período t nas UGs da área de estudo, somadas também aos dados de demanda hídrica das bacias hidrográficas dos rios Tijucas, Biguaçu e demais bacias contíguas litorâneas pertencentes a RH8; α é coeficiente da constante; $DHR_FLUTUANTE(-1)_{i,t}$ é a variável dependente defasada; $\ln_PIB_{i,t}$ é o Produto Interno Bruto; a variável $TARIFA_MÉDIA_PRATICADA_{i,t}$ é a tarifa média praticada; $QUANTIDADE_TURISTAS_{i,t}$ é a quantidade de turistas; a variável $e_{i,t}$ é o termo do erro; a variável binária Dummy_bacia é para a bacia, assumindo valor 1, no caso das bacias de Cubatão, Madre e contíguas, e valor 0, no caso das bacias de Tijucas, Biguaçu e contíguas. Na Tabela 5 são apresentados os coeficientes dessa equação.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão
C	0,191918*	0,004582
LN_DHR_FLUTUANTE(-1)	0,393452*	0,000864
LN_PIB	0,038262*	0,000467
LN_TARIFA_MEDIA_PRATICADA	-0,302531*	0,001585
LN_QUANTIDADE_TURISTAS	0,605336*	0,000991
DUMMY_BACIA	0,213706*	0,001936

* Estatisticamente significante ao nível de 1% $R^2 = 0,983930$.

Tabela 5 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para o abastecimento flutuante

Elaboração própria (2018)

Uso industrial

A demanda hídrica de retirada do uso industrial é estimada pela Equação (5):

$$\ln DHR_IND_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln PIB_{i,t} + \beta_2 \ln PESSOAL_OCUPADO_{i,t} + e_{i,t} \quad (5)$$

Onde $DHR_IND_{i,t}$ é a demanda hídrica de retirada do abastecimento urbano no período t nas UGs da área de estudo, somadas também aos dados de demanda hídrica das bacias hidrográficas dos rios Tijucas, Biguaçu e demais bacias contíguas litorâneas pertencentes a RH8; α é coeficiente da constante; $PIB_{i,t}$ é o Produto Interno Bruto; a variável $PESSOAL_OCUPADO$ é o pessoal ocupado na indústria de transformação; a variável $e_{i,t}$ é o termo do erro; a variável binária Dummy_bacia não foi significativa e foi, portanto, retirada dessa equação. Na Tabela 6 são apresentados os coeficientes dessa equação.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão
C	0,470913	0,334483
LN_PIB	0,750316*	0,075808
LN_PESSOAL_OCUPADO	0,448862*	0,122258

* Estatisticamente significativa ao nível de 1% $R^2 = 0,920399$.

Tabela 6 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para o uso industrial

Elaboração própria (2018)

Mineração

A demanda hídrica de retirada da mineração é estimada pela Equação (6).

(6)

Onde $DHR_MINERAÇÃO_{i,t}$ é a demanda hídrica de retirada da mineração no período t nas UGs da área de estudo, somadas também aos dados de demanda hídrica das bacias hidrográficas dos rios Tijucas, Biguaçu e demais bacias contíguas litorâneas pertencentes a RH8; α é coeficiente da constante; $DHR_MINERAÇÃO(-1)_{i,t}$ é a variável dependente defasada; $PIB_{i,t}$ é o Produto Interno Bruto; a variável $e_{i,t}$ é o termo do erro; $Dummy_UG6CUB$ é variável binária, assumindo valor 1, no caso da UG Cachoeiras da bacia de Cubatão, Madre e bacias contíguas, e valor 0, nos demais casos. Na Tabela 7 são apresentados os coeficientes dessa equação.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão
C	-0,806774	0,510811
LN_DHR_MINERAÇÃO(-1)	0,979596**	0,013883
LN_PIB	0,066420*	0,035187
DUMMY_UG6CUB	0,932626*	0,521115

* Estatisticamente significativa ao nível de 1%.

** Estatisticamente significativa ao nível de 10% $R^2 = 0,983133$.

Tabela 7 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para a mineração

Elaboração própria (2018)

Aquicultura

A demanda hídrica de retirada da aquicultura é estimada pela Equação (7):

(7)

Em que $DHR_AQUICULTURA_{i,t}$ é a demanda hídrica de retirada do abastecimento urbano no período t nas UGs da área de estudo, somadas também aos dados de demanda hídrica das bacias hidrográficas dos rios Tijucas, Biguaçu e demais bacias contíguas litorâneas pertencentes a RH8; α é coeficiente da constante; $DHR_AQUICULTURA(-1)_{i,t}$ é a variável dependente defasada; $PIB_{i,t}$ é o Produto Interno Bruto; a variável $TARIFA_MÉDIA_PRATICADA_{i,t}$

é a tarifa média praticada; a variável AREA_ALAGADA é a área alagada em hectares; a variável $e_{i,t}$ é o termo do erro; a variável binária Dummy_bacia é para a bacia, assumindo valor 1, no caso das bacias de Cubatão, Madre e contíguas, e valor 0 no caso das bacias de Tijucas, Biguaçu e contíguas. Na Tabela 8 são apresentados os coeficientes dessa equação.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão
C	2,170229*	0,080436
LN_DHR_AQUICULTURA(-1)	0,698529*	0,011021
LN_PIB	0,014775*	0,000884
LN_TARIFA_MEDIA_PRATICADA	-0,051405*	0,006122
LN_AREA_ALAGADA	0,358832*	0,012972
DUMMY_BACIA	0,013456*	0,004887

* Estatisticamente significativa ao nível de 1% $R^2 = 0,997554$.

Tabela 8 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para a aquicultura

Elaboração própria (2018)

Criação animal

A demanda hídrica de retirada da criação animal é estimada pela Equação (8).

$$\ln DHR_CRIAÇÃO_ANIMAL_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln DHR_CRIAÇÃO_ANIMAL(-1)_{i,t} + \beta_2 \ln POPULAÇÃO_RURAL_{i,t} + \beta_3 \ln EFETIVO_REBANHO_{i,t} + \beta_4 \text{Dummy_bacia} + e_{i,t} \quad (8)$$

Onde DHR_CRIAÇÃO_ANIMAL $_{i,t}$ é a demanda hídrica de retirada da criação animal no período t nas UGs da área de estudo, somadas também aos dados de demanda hídrica das bacias hidrográficas dos rios Tijucas, Biguaçu e demais bacias contíguas litorâneas pertencentes a RH8; α é coeficiente da constante; DHR_CRIAÇÃO_ANIMAL(-1) $_{i,t}$ é a variável dependente defasada; POPULAÇÃO_RURAL $_{i,t}$ é a população rural; a variável EFETIVO_REBANHO $_{i,t}$ é o efetivo total dos rebanhos; a variável $e_{i,t}$ é o termo do erro; a Dummy_bacia é a variável binária para a bacia, assumindo valor 1, no caso das bacias de Cubatão, Madre e contíguas, e valor 0, no caso das bacias de Tijucas, Biguaçu e contíguas. Na Tabela 9 são apresentados os coeficientes dessa equação.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão
C	2,810606*	0,366990
LN_DHR_CRIAÇÃO_ANIMAL(-1)	0,550485*	0,048205
LN_POPULAÇÃO_RURAL	0,119931*	0,014465
LN_EFETIVO_REBANHO	0,148590*	0,017800
DUMMY_BACIA	-0,097076**	0,045916

* Estatisticamente significativa ao nível de 1%.

** Estatisticamente significativa ao nível de 5% $R^2 = 0,968054$.

Tabela 9 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para a criação animal

Elaboração própria (2018)

Irrigação

A demanda hídrica de retirada da irrigação é estimada pela Equação (9).

(9)

Onde $DHR_IRRIGAÇÃO_{i,t}$ é a demanda hídrica de retirada da irrigação no período t nas UGs da área de estudo, somadas também aos dados de demanda hídrica das bacias hidrográficas dos rios Tijucas, Biguaçu e demais bacias contíguas litorâneas pertencentes a RH8; α é coeficiente da constante; $ÁREA_IRRIGADA_{i,t}$ é a variável da área irrigada em hectares; $PIB_{i,t}$ é o Produto Interno Bruto, em mil reais; a variável $e_{i,t}$ é o termo do erro; $Dummy_UG6CUB$ é variável binária, assumindo valor 1, no caso da UG Cachoeiras da bacia de Cubatão, Madre e bacias contíguas, e valor 0, nos demais casos. Na Tabela 10 são apresentados os coeficientes dessa equação.

Variável	Coeficiente	Desvio padrão
C	-4,275219	3,273881
LN_AREA_IRRIGADA	0,782787*	0,245831
LN_PIB	0,828628*	0,245831
DUMMY_UG6CUB	4,275219	3,713625

* Estatisticamente significativa ao nível de 1% $R^2 = 0,874857$.

Tabela 10 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para a irrigação
Elaboração própria (2018)

1.2.1.3. Procedimentos de projeção

Para apresentar as tendências de crescimento da demanda hídrica de retirada por UG são necessários os coeficientes das variáveis obtidas nas equações do Capítulo 1.2.1.2e as projeções das variáveis explicativas para o período 2017-2030.

Para obter as projeções das variáveis explicativas, exceto a variável dependente do período anterior, foi estimada a taxa de crescimento anual para o período 2010-2016 de cada variável para cada UG e também para o estado de Santa Catarina. Após, foi estimada a participação relativa da UG em relação ao estado de Santa Catarina para cada variável. Por fim, a participação relativa da UG foi multiplicada pela taxa de crescimento anual de Santa Catarina no período 2017-2030.

Em decorrência da indisponibilidade de informações, a taxa de crescimento anual de Santa Catarina, para o período 2017-2030, foi calculada apenas para as seguintes variáveis população, área irrigada e PIB, sendo que as informações não estão disponíveis para o ano de 2031. No caso da população, os dados provem da projeção de população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), para a área irrigada foram empregadas as informações do Atlas Irrigação da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017b) e a taxa de crescimento anual do PIB foi elaborada com base em um modelo AR (1) em painel de dados para cada microrregião.

A taxa de crescimento anual da população projetada de Santa Catarina foi aplicada nas variáveis de população rural, pessoal ocupado e quantidade de turistas. Já a taxa de crescimento do PIB foi aplicada no efetivo rebanho. A taxa de crescimento da área irrigada foi

aplicada na área alagada. A exceção foi a variável tarifa média praticada, na qual foi aplicada a sua própria taxa de crescimento, no período de 2010 a 2016.

1.2.2. Resultados

A partir da projeção das variáveis explicativas e dos coeficientes das variáveis obtidos nas equações do Tópico 1.2.1.2, é calculada a taxa de crescimento da demanda hídrica por tipo de uso e por UG¹. Essa taxa de crescimento é apresentada como a taxa de crescimento anual nos períodos, curto prazo (2016-2023), médio prazo (2023-2027) e longo prazo (2027-2031). Os resultados são apresentados na Tabela 11.

¹ Para a projeção da demanda hídrica é necessário retirar o logaritmo natural (ln) dos resultados. Exemplificando, a projeção da demanda hídrica de retirada anual do abastecimento urbano é dada pela seguinte expressão: $\exp(\alpha + \text{dummy_bacia} + \beta_1 \log(\text{DHR_URB}(-1)) + \beta_2 \log(\text{PIB}) + \beta_3 \log(\text{TARIFA_MÉDIA_PRATICADA}))$. Idem para os demais usos, sendo as variáveis na expressão são as que constam nas suas equações da subseção 0.

Atividade	Horizonte	Unidade de Gestão							
		Maruim	Cubatão	Foz do Cubatão	Vargem do Braço	Massiambu	Cachoeiras	Madre	Siriú
Abastecimento urbano	2023	4,1%	3,0%	3,0%	4,8%	3,4%	0,0%	3,5%	2,6%
	2027	3,7%	2,7%	2,9%	4,4%	3,2%	0,0%	3,1%	2,4%
	2031	3,7%	2,6%	3,0%	4,3%	3,3%	0,0%	3,0%	2,4%
Abastecimento rural	2023	1,6%	1,3%	0,0%	1,3%	1,8%	0,0%	1,3%	2,0%
	2027	1,5%	1,2%	0,0%	1,2%	1,7%	0,0%	1,2%	1,8%
	2031	1,5%	1,2%	0,0%	1,2%	1,7%	0,0%	1,2%	1,8%
Abastecimento flutuante	2023	3,5%	3,7%	4,6%	13,2%	4,1%	0,0%	3,1%	2,5%
	2027	1,6%	0,6%	2,1%	1,0%	2,1%	0,0%	1,3%	1,2%
	2031	1,6%	0,6%	2,1%	1,0%	2,1%	0,0%	1,3%	1,2%
Aquicultura	2023	2,0%	2,2%	-10,3%	1,6%	-4,6%	-15,5%	-3,1%	-1,6%
	2027	0,3%	0,3%	-0,7%	0,4%	-0,1%	-1,4%	0,1%	0,4%
	2031	0,2%	0,1%	0,2%	0,2%	0,4%	0,0%	0,4%	0,5%
Criação animal	2023	-4,1%	-0,2%	-11,3%	-0,6%	-7,6%	-14,3%	-13,3%	-3,1%
	2027	-4,3%	0,3%	-10,5%	-2,5%	-10,0%	-9,9%	-9,4%	0,6%
	2031	-4,3%	0,3%	-10,5%	-2,6%	-10,1%	-9,8%	-9,3%	0,7%
Irrigação	2023	1,9%	4,0%	3,5%	2,4%	3,2%	0,0%	3,0%	0,9%
	2027	4,2%	4,3%	4,8%	4,7%	4,8%	0,0%	1,5%	2,7%
	2031	4,2%	4,3%	4,9%	4,7%	4,9%	0,0%	1,5%	2,6%
Uso industrial	2023	-6,3%	13,9%	-21,4%	12,2%	-7,8%	0,0%	9,0%	3,4%
	2027	2,8%	2,2%	2,3%	2,6%	3,5%	0,0%	0,8%	2,7%
	2031	2,8%	2,2%	2,3%	2,6%	3,5%	0,0%	0,8%	2,7%
Mineração	2023	-1,4%	-4,5%	-2,3%	-4,2%	-2,1%	-3,2%	-6,4%	-43,0%
	2027	-0,4%	-3,1%	-0,8%	-2,7%	-0,7%	-2,6%	-5,3%	-36,4%
	2031	0,2%	-2,4%	0,1%	-1,9%	0,2%	-2,4%	-4,8%	-33,7%

Tabela 11 – Taxa de crescimento médio anual do cenário tendencial estimada por UG e uso d'água

Elaboração própria (2018)

A atividade de abastecimento urbano possui maior taxa de crescimento médio anual na UG Vargem do Braço para os horizontes de curto, médio e longo prazo. A menor taxa de crescimento pode ser observada na UG Siriú. A taxa de crescimento é nula para a UG Cachoeiras em todos os horizontes do plano. Tal taxa se dá pelo fato de que a UG Cachoeiras é composta pelo Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

Para o abastecimento rural, a maior taxa de crescimento médio anual ocorre na UG Siriú. Já a menor taxa de crescimento é observada nas UGs Cubatão, Vargem do Braço e Madre, em todos os horizontes do plano.

O abastecimento flutuante possui uma maior taxa de crescimento médio anual para o ano de 2023 na UG Vargem do Braço e menor crescimento na UG Siriú. Nos anos de 2027 e 2031, os valores das taxas de crescimento são as mesmas, sendo assim, o maior crescimento é observado nas UGs Massiambu e Foz do Cubatão, e o menor na UG Cubatão.

Na atividade de aquicultura pode ser observado um comportamento diferente dos apresentados anteriormente. No curto prazo (2023), a maior taxa de crescimento médio anual é observada na UG Cubatão, e há uma redução na taxa da UG Cachoeiras. Para o horizonte de médio prazo, a maior taxa de crescimento é observada nas UGs Siriú e Vargem do Braço, e há uma redução na UG Cachoeiras. No ano de 2031, a exceção da UG Cachoeiras, todas as UGs apresentam crescimento nas taxas, sendo o maior e o menor na UG Siriú e UG Cubatão, respectivamente.

A atividade de criação animal apresenta redução da taxa de crescimento médio anual para o horizonte de curto prazo. A maior redução é observada na UG Cachoeiras e o menor na UG Cubatão. Os horizontes de médio e longo, a menor taxa é apresentada como uma redução na UG Foz do Cubatão e a maior apresenta um crescimento na UG Siriú.

Para a irrigação no cenário de curto prazo, a maior e menor taxa de crescimento médio anual são observadas na UG Cubatão e UG Siriú, respectivamente. Nos cenários de médio e longo prazo, a maior taxa de crescimento é observada nas UGs Foz do Cubatão e Massiambu, enquanto a menor é referente à UG Madre.

No uso industrial, a UG Cubatão tem a maior taxa de crescimento, enquanto a UG Foz do Cubatão a maior redução dessa taxa para o horizonte de curto prazo. Nos horizontes de médio e longo prazo, a maior taxa de crescimento é na UG Massiambu e a menor pode ser observada na UG Madre.

Para a atividade de mineração, os horizontes de curto e médio prazo apresentam apenas valores de redução para a taxa de crescimento. Em ambos os casos, o maior decréscimo é registrado na UG Siriú e o menor na UG Maruim. Para longo prazo, a maior redução também é esperada na UG Siriú, enquanto as menores taxas de crescimento médio são referentes às UGs Maruim e Massiambu.

Em uma análise geral, dentre todas as atividades realizadas nas bacias, o uso industrial é a atividade que apresenta a maior taxa de crescimento médio anual (13,9%), enquanto que a atividade de mineração possui a maior redução (-43,0%).

A Tabela 12 apresenta a demanda hídrica da UG Maruim calculada por uso de água e para cada um dos horizontes temporais do plano. Observa-se que a atividade que apresenta um uso preponderante é o abastecimento urbano. A mineração é a atividade que apresenta o

menor uso, a curto e médio prazo, e a única que oscila em relação à demanda hídrica, apontando um decréscimo entre os anos de 2023 e 2027, e um crescimento entre 2027 e 2031. A atividade de criação animal apresenta o menor uso a longo prazo e é a única que apresenta um decréscimo de demanda hídrica em curto, médio e longo prazo. As demais atividades apontam um crescimento de demanda hídrica ao longo dos anos no cenário tendencial.

UG Maruim

Atividade	Demanda hídrica – cenário tendencial (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	6.041.508	7.261.893	8.728.795
Abastecimento rural	14.974	16.112	17.337
Abastecimento flutuante	213.205	230.475	249.143
Aquicultura	12.156	12.338	12.437
Criação animal	15.489	12.453	10.013
Irrigação	64.611	79.278	97.433
Uso industrial	1.001.357	1.150.559	1.321.992
Mineração	10.313	10.117	10.228

Tabela 12 – Demanda hídrica de retirada da UG Maruim para os três horizontes temporais no cenário tendencial
Elaboração própria (2018)

Na Tabela 13 é possível observar a demanda hídrica da UG Cubatão calculada por uso de água e para cada um dos horizontes temporais do plano. O abastecimento urbano é a atividade que se destaca com a maior demanda hídrica. A atividade que apresenta a menor demanda hídrica é a mineração, que também é a única que exibe um decréscimo de demanda ao longo dos anos no cenário tendencial. Todas as demais atividades apontam um crescimento de demanda hídrica em curto, médio e longo prazo.

UG Cubatão

Atividade	Demanda hídrica – cenário tendencial (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	335.249	382.184	435.307
Abastecimento rural	26.014	27.548	29.174
Abastecimento flutuante	2.535	2.614	2.695
Aquicultura	31.111	31.515	31.673
Criação animal	52.037	52.817	53.610
Irrigação	2.044	2.524	3.117
Uso industrial	146.650	163.808	182.973
Mineração	1.934	1.652	1.460

Tabela 13 – Demanda hídrica de retirada da UG Cubatão para os três horizontes temporais no cenário tendencial
Elaboração própria (2018)

A demanda hídrica da UG Foz do Cubatão está apresentada na Tabela 14. Observa-se que o uso preponderante é verificado, em curto e médio prazo, na atividade de abastecimento urbano e, à longo prazo, no uso para irrigação. A atividade que apresenta o menor uso foi a aquicultura. As atividades de abastecimento urbano, abastecimento flutuante, irrigação e uso industrial apresentam um aumento de demanda hídrica ao longo dos anos no cenário tendencial. Já a atividade de criação animal aponta um decréscimo de demanda hídrica. A mineração e a aquicultura apresentam um decréscimo entre 2023 e 2027, e um crescimento entre 2027 e 2031.

UG Foz do Cubatão

Atividade	Demanda hídrica – cenário tendencial (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	48.300	55.641	64.488
Abastecimento flutuante	899	998	1.107
Aquicultura	71	68	69
Criação animal	281	161	93
Irrigação	40.383	51.125	64.826
Uso industrial	2.736	3.067	3.438
Mineração	3.270	3.143	3.152

Tabela 14 – Demanda hídrica de retirada da UG Foz do Cubatão para os três horizontes temporais no cenário tendencial

Elaboração própria (2018)

A Tabela 15 apresenta o cenário tendencial da UG Vargem do Braço. A atividade que demonstra um uso preponderante é o abastecimento urbano. O menor uso é verificado na atividade de mineração. Apenas as atividades de criação animal e mineração apontam um decréscimo da demanda hídrica no cenário tendencial determinado. As demais atividades apresentam um crescimento de demanda hídrica ao longo dos anos no cenário tendencial.

UG Vargem do Braço

Atividade	Demanda hídrica – cenário tendencial (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	98.468	121.805	150.429
Abastecimento rural	4.035	4.277	4.534
Abastecimento flutuante	991	1.042	1.094
Aquicultura	2.255	2.296	2.324
Criação animal	3.607	3.171	2.781
Irrigação	2.186	2.746	3.449
Uso industrial	23.875	27.146	30.865
Mineração	825	720	654

Tabela 15 – Demanda hídrica de retirada da UG Vargem do Braço para os três horizontes temporais no cenário tendencial

Elaboração própria (2018)

A demanda hídrica do cenário tendencial da UG Massiambu é apresentada na Tabela 16. O abastecimento urbano é a atividade que se destaca com a maior demanda hídrica. A aquicultura é a atividade que apresenta a menor demanda hídrica. As atividades de abastecimento urbano, abastecimento rural, abastecimento flutuante, irrigação e uso industrial apresentam crescimentos na demanda hídrica ao longo dos anos no cenário tendencial. A atividade de criação animal é a única que apresenta um decaimento gradual da demanda hídrica ao longo dos anos analisados. Já as atividades aquicultura e mineração apresentam oscilação.

UG Massiambu

Atividade	Demanda hídrica – cenário tendencial (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	382.579	448.765	529.094
Abastecimento rural	1.136	1.236	1.344
Abastecimento flutuante	6.602	7.328	8.134
Aquicultura	588	586	596
Criação animal	1.971	1.161	681
Irrigação	86.091	108.991	138.200
Uso industrial	39.276	46.621	55.339
Mineração	5.891	5.697	5.743

Tabela 16 – Demanda hídrica de retirada da UG Massiambu para os três horizontes temporais no cenário tendencial

Elaboração própria (2018)

A Tabela 17 apresenta a demanda hídrica da UG Cachoeiras calculada por usos de água e para cada um dos três horizontes temporais do plano. Observa-se que as atividades que apresentam demandas para esta UG são a criação animal, a mineração e a aquicultura. As três atividades apontam decrescimentos na demanda ao longo dos anos no cenário tendencial. Não são identificadas demandas hídricas para as demais atividades.

UG Cachoeiras

Atividade	Demanda hídrica – cenário tendencial (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Aquicultura	30	28	28
Criação animal	264	157	94
Mineração	214	187	166

Tabela 17 – Demanda hídrica de retirada da UG Cachoeiras para os três horizontes temporais no cenário tendencial

Elaboração própria (2018)

Na Tabela 18 é apresentada a demanda hídrica da UG Madre calculada para o cenário tendencial. A atividade que se destaca com a maior demanda hídrica é a irrigação. O menor uso é verificado na atividade de abastecimento flutuante. As atividades de abastecimento urbano, abastecimento rural, abastecimento flutuante, aquicultura, irrigação e uso industrial apresentam crescimentos graduais de demandas hídricas. Já as atividades de

criação animal e de mineração apresentam decaimentos de demandas hídricas ao longo dos anos no cenário tendencial.

UG Madre

Atividade	Demanda hídrica – cenário tendencial (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	76.146	88.557	102.638
Abastecimento rural	12.124	12.864	13.648
Abastecimento flutuante	729	778	830
Aquicultura	1.790	1.801	1.839
Criação animal	6.257	3.829	2.351
Irrigação	803.445	866.917	936.270
Uso industrial	61.407	64.047	66.801
Mineração	8.145	6.223	4.854

Tabela 18 – Demanda hídrica de retirada da UG Madre para os três horizontes temporais no cenário tendencial
Elaboração própria (2018)

A Tabela 19 apresenta a demanda hídrica da UG Siriú calculada por uso de água e para cada um dos três horizontes temporais do plano. A atividade que se destaca com a maior demanda hídrica é o abastecimento urbano. O menor uso é verificado na atividade de aquicultura. Não é identificada demanda hídrica para a atividade de mineração. Todas as atividades com demandas hídricas identificadas apresentaram crescimentos ao longo dos anos no cenário tendencial.

UG Siriú

Atividade	Demanda hídrica – cenário tendencial (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	159.323	179.558	202.541
Abastecimento rural	11.806	12.939	14.181
Abastecimento flutuante	103.606	110.133	117.071
Aquicultura	4.601	4.684	4.815
Criação animal	6.937	7.145	7.388
Irrigação	64.963	74.058	84.278
Uso industrial	31.436	35.962	41.141

Tabela 19 – Demanda hídrica de retirada da UG Siriú para os três horizontes temporais no cenário tendencial
Elaboração própria (2018)

1.3. CENÁRIOS ALTERNATIVOS DE DEMANDA HÍDRICA

Nesta seção são apresentados a construção e os resultados dos cenários alternativos de crescimento das demandas hídricas. O Capítulo 1.3.1 expõe a metodologia e as hipóteses assumidas na construção dos cenários, enquanto que o Capítulo 1.3.2 apresenta os resultados obtidos. As informações identificadas nesta fase serão utilizadas na realização dos balanços hídricos e ao longo das próximas atividades da etapa D.

1.3.1. Metodologia

Conforme apresentado anteriormente, são elaborados dois cenários alternativos de evolução da demanda hídrica:

- » **Cenário com redução de demandas otimista:** um cenário elaborado a partir de uma redução expressiva nas demandas hídricas, associado a uma trajetória tendencial de crescimento econômico.
- » **Cenário com redução de demandas moderada:** um cenário elaborado a partir de uma redução moderada nas demandas hídricas, associado a uma trajetória tendencial de crescimento econômico.

Os cenários alternativos pressupõem reduções distintas na demanda hídrica e consideram ainda as tendências de desenvolvimento socioeconômicas e ambientais verificadas ao longo da série histórica de demanda hídrica. A construção dos índices de demanda para os cenários é realizada por tipo de uso da água e por Unidade de Gestão (UG), assim como no cenário tendencial.

O Capítulo 1.3.1 apresenta a metodologia utilizada na construção do cenário com redução de demandas hídricas otimista, e o Capítulo 1.3.2 trata sobre a metodologia empregada na elaboração do cenário com redução de demandas hídricas moderada.

1.3.1.1. Cenário com redução de demandas otimista

Para a construção do cenário com redução de demandas otimista são assumidas premissas e hipóteses de redução das demandas por uso de água.

Para o uso abastecimento urbano, assumiu-se que a redução da demanda hídrica corresponde à redução da oferta hídrica, e esta é relacionada ao índice de perda de água.

Estabeleceu-se um coeficiente de redução de perdas para abastecimento urbano, por UG. Esse coeficiente é composto pela média dos coeficientes de redução de perdas dos municípios que fazem parte da respectiva UG. As reduções de perdas foram obtidas nos Planos Municipais de Saneamento Básico dos Municípios² que compõem as Bacias Hidrográficas em estudo. A variação do índice adotada por UG corresponde à média das variações previstas nos planos de saneamento dos municípios de cada UG. A Tabela 20 e a Tabela 21 apresentam as reduções dos índices de perdas assumidas para abastecimento urbano. Os resultados são expostos por UG e por horizonte temporal do plano.

² Florianópolis (2011), Palhoça (2015), Santo Amaro da Imperatriz (2012), Santa Catarina (2011b; 2011c) e Garopaba (2012).

UG	2023	2027	2031
Maruim	-11,56%	-12,68%	-13,50%
Cubatão	-11,25%	-12,36%	-13,20%
Foz do Cubatão	-9,00%	-13,36%	-16,70%
Vargem do Braço	-12,00%	-14,24%	-15,90%
Massiambu	-9,00%	-13,36%	-16,70%
Cachoeiras	-9,00%	-13,36%	-16,70%
Madre	-9,00%	-13,36%	-16,70%
Siriú	-10,00%	-10,00%	-10,00%

Tabela 20 – Redução do índice de perdas para o uso de abastecimento urbano por UG e por horizonte temporal para o cenário com redução de demandas otimista

Elaboração própria (2018)

Para a atividade de irrigação, seguem-se as projeções do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2017d) e do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Araranguá (SANTA CATARINA, 2014b). Além disso, considera-se uma redução de 20% das demandas hídricas de todas as UGs ao final do período. A escolha dessa redução baseou-se em ações não estruturais que resultam da otimização do setor produtivo, visando tornar os processos de irrigação ecoeficientes e sustentáveis. Leva-se em conta também uma taxa de crescimento da demanda hídrica de -1,22% ao ano, cuja acumulação ano a ano resulta, para 2031, em uma taxa de crescimento negativa de 20% da demanda hídrica em relação ao cenário tendencial. Essa evolução é apresentada na Tabela 21.

Ano	Taxa de crescimento em relação a 2016
2017	-1,22%
2018	-2,46%
2019	-3,71%
2020	-4,98%
2021	-6,27%
2022	-7,57%
2023	-8,88%
2024	-10,21%
2025	-11,56%
2026	-12,92%
2027	-14,31%
2028	-15,70%
2029	-17,12%
2030	-18,55%
2031	-20,00%

Tabela 21 – Evolução da taxa de crescimento da demanda hídrica para irrigação para o cenário com redução de demandas otimista

Elaboração própria (2018)

A redução do índice de demandas hídricas para os demais usos da água tem uma diminuição correspondente a 50% da variação do índice de perdas médio do abastecimento

urbano da bacia, segundo a pesquisa realizada através dos Planos de Saneamento Urbano dos Municípios³, sendo ponderados por UG. Considerando a taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica, obtida a partir da evolução média prevista dos índices de perdas, entre 2017 e 2023 estipula-se o valor de -0,81%, entre 2023 e 2027 de -0,031%, e entre 2027 e 2031 de -0,23%, de modo que essas taxas são acumuladas ano a ano. O crescimento adotado é aplicado em relação ao cenário tendencial, obtendo-se, assim, a evolução da taxa de crescimento acumulada, que está exposta na Tabela 22.

Ano	Taxa de crescimento em relação a 2016
2017	-0,81%
2018	-1,62%
2019	-2,44%
2020	-3,27%
2021	-4,11%
2022	-4,95%
2023	-5,80%
2024	-6,13%
2025	-6,45%
2026	-6,78%
2027	-7,11%
2028	-7,36%
2029	-7,61%
2030	-7,86%
2031	-8,12%

Tabela 22 – Evolução da taxa de crescimento da demanda hídrica para os demais usos da água para o cenário com redução de demandas otimista

Elaboração própria (2018)

1.3.1.2. Cenário com redução de demandas moderada

Para a construção deste cenário, é estabelecida uma diminuição em 50% dos índices de perdas hídricas para abastecimento urbano e de demandas para irrigação e demais usos. Dessa maneira, é estipulada uma redução na demanda hídrica em relação ao cenário tendencial, porém de forma menos significativa em relação ao cenário com redução de perdas otimista.

A Tabela 23 apresenta as reduções dos índices de perdas assumidas para abastecimento urbano para o cenário com redução de demandas moderada. Os resultados são apresentados por UG e para os horizontes temporais do plano.

³ Florianópolis (2011), Palhoça (2015), Santo Amaro da Imperatriz (2012), Santa Catarina (2011b; 2011c) e Garopaba (2012).

Unidades de Gestão	2023	2027	2031
Maruim	-5,65%	-6,17%	-6,57%
Cubatão	-5,50%	-6,02%	-6,42%
Foz do Cubatão	-4,42%	-6,49%	-8,08%
Vargem do Braço	-5,85%	-6,91%	-7,71%
Massiambu	-4,42%	-6,49%	-8,08%
Cachoeiras	-4,42%	-6,49%	-8,08%
Madre	-4,42%	-6,49%	-8,08%
Siriú	-4,90%	-4,90%	-4,90%

Tabela 23 – Redução do índice de perdas para o uso de abastecimento urbano por UG e por horizonte temporal para o cenário com redução de demandas moderada

Elaboração própria (2018)

Para a atividade de irrigação, foi considerado uma demanda hídrica 50% menor em relação ao cenário com redução da demanda hídrica otimista, portanto ao final do período de estudo terá uma redução de 10% para irrigação de todas as UGs. O crescimento adotado é aplicado em relação ao cenário tendencial. Assim, considera-se uma taxa de crescimento médio da demanda hídrica em -0,64% ao ano, de modo que essa taxa é acumulada ano a ano até se obter, em 2031, uma taxa de crescimento negativa de 10% da demanda hídrica. Essa evolução segue conforme indica a Tabela 24.

Ano	Taxa de crescimento em relação a 2016
2017	-0,64%
2018	-1,28%
2019	-1,93%
2020	-2,58%
2021	-3,24%
2022	-3,90%
2023	-4,57%
2024	-5,24%
2025	-5,91%
2026	-6,59%
2027	-7,27%
2028	-7,96%
2029	-8,65%
2030	-9,34%
2031	-10,00%

Tabela 24 – Evolução da taxa de crescimento da demanda hídrica para irrigação para o cenário com redução de demandas moderada

Elaboração própria (2018)

A taxa de crescimento das demandas hídricas para os demais usos da água tem uma redução correspondente a 50% da variação média do cenário com redução da demanda hídrica otimista, sendo ponderados por UG. Considerando a taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica, obtida a partir da evolução média prevista dos índices de perdas, entre 2017 e 2023 define-se o valor de -0,40%, entre 2023 e 2027 de -0,15%, e entre 2027 e 2031 de -0,12%, de modo que essas taxas são acumuladas ano a ano. O crescimento adotado é

aplicado em relação ao cenário tendencial, obtendo-se então a evolução da taxa de crescimento acumulada, exposta na Tabela 25.

Ano	Taxa de crescimento em relação a 2016
2017	-0,40%
2018	-0,81%
2019	-1,22%
2020	-1,63%
2021	-2,04%
2022	-2,45%
2023	-2,86%
2024	-3,02%
2025	-3,18%
2026	-3,34%
2027	-3,50%
2028	-3,62%
2029	-3,74%
2030	-3,86%
2031	-3,99%

Tabela 25 – Evolução da taxa de crescimento da demanda hídrica para os demais usos da água para o cenário com redução de demandas moderada

Elaboração própria (2018)

1.3.2. Resultados

A Tabela 26 apresenta a taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica para o cenário com redução de perdas otimista, estimada por UG e por cada um dos usos múltiplos da água. Para a construção das taxas médias de crescimento, observa-se a razão entre a demanda hídrica por uso e por UG estimada no ano final e a demanda hídrica por uso e por UG de 2016, verificada na série histórica construída. O valor obtido é elevado a 1 sobre o número de anos decorridos, e o resultado é descontado em 1.

As taxas de crescimento médio anual da demanda hídrica do cenário com demanda otimista apresentaram, para o uso do abastecimento urbano, um crescimento maior para a UG Vargem do Braço nos horizontes de curto, médio e longo prazo, sendo seguida pela UG Maruim. Apesar de a UG Siriú apresentar a menor taxa de crescimento até 2023, esse resultado não se mantém para os outros horizontes, de forma que em 2031 sua taxa de crescimento é maior do que as estimadas para as UGs Foz do Cubatão e Madre. A taxa de crescimento da demanda hídrica para a UG Cachoeiras é nula em todos os horizontes do plano, uma vez que a UG Cachoeiras é composta pelo Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

Com relação à demanda hídrica para abastecimento rural, as maiores taxas de crescimento médio anual são estimadas para a UG Massiambu até o horizonte 2023, porém, em 2027 e 2031, a UG Siriú apresenta as maiores taxas de crescimento anual. As menores taxas de crescimento são observadas na UG Cubatão, também em todos os horizontes temporais.

Estima-se que o uso de água para abastecimento flutuante possuirá a maior taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica para 2023 na UG Vargem do Braço e menor na UG Siriú, assim como na estimativa do cenário tendencial. Para os horizontes de projeto de 2027 e 2031, as maiores taxas se referem às UGs Foz do Cubatão e Massiambu, enquanto que as menores são esperadas na UG Cubatão.

A atividade de aquicultura tem algumas taxas de crescimento médio anual negativas. Para o ano de 2023, as taxas com maiores reduções são observadas na UG Cachoeiras, ao passo que a UG Cubatão apresenta as maiores taxas de crescimento positivas. Para 2027, a maior redução na taxa de crescimento é observada na UG Cachoeiras e a maior é estimada para a UG Siriú. No ano de 2031, estima-se que as UGs Maruim, Cubatão, Foz do Cubatão e Cachoeiras permaneçam com taxas de crescimento negativas. A UG Cachoeiras apresenta a maior taxa de crescimento negativa entre elas. As UGs Vargem do Braço, Massiambu, Madre e Siriú apresentam crescimento nas taxas, a maior é esperada na UG Siriú.

O uso de água para criação animal apresenta, para o horizonte de curto prazo, a maior redução da taxa de crescimento para a UG Cachoeiras, e a UG Vargem do Braço responde pela maior taxa de crescimento. Para os horizontes de médio e longo prazo, a UG Foz do Cubatão apresenta a maior redução da taxa de crescimento, enquanto a UG Siriú a maior taxa de crescimento.

Para a irrigação, no cenário de curto prazo, a maior taxa de crescimento médio anual é observada na UG Cubatão, para esse horizonte, espera-se que a taxa de crescimento da UG Siriú seja negativa. Nos cenários de médio e longo prazo, as maiores taxas de crescimento são observadas nas UGs Foz do Cubatão e Massiambu, e as menores são referentes à UG Madre.

No uso industrial, a UG Foz do Cubatão apresenta a maior redução da taxa de crescimento, enquanto que a UG Cubatão a maior taxa para o horizonte de curto prazo. Já para os horizontes de médio e longo prazo, a UG Madre apresenta as menores taxas de crescimento, e a UG Massiambu as maiores taxas.

A demanda hídrica para mineração tem, nos horizontes de curto e médio prazo, redução das taxas de crescimento. Em ambos os casos, a maior queda estimada é para a UG Siriú e a menor para a UG Maruim, assim como no cenário tendencial. Para o horizonte de longo prazo, a maior redução também é esperada na UG Siriú, e a maior taxa de crescimento é referente à UG Maruim.

Ao se realizar uma análise geral, que considera todos os usos da água nas bacias, o uso industrial é a atividade que apresenta a maior taxa de crescimento médio anual (15,10% para a UG Cubatão até 2023), ao passo que a atividade de mineração possui a maior redução (-47,99% para a UG Siriú até 2023).

Atividade	Horizonte	UG							
		Maruim	Cubatão	Foz do Cubatão	Vargem do Braço	Massiambu	Cachoeiras	Madre	Siriú
Abastecimento urbano	2023	2,89%	1,63%	2,01%	3,63%	2,49%	0,00%	2,58%	1,48%
	2027	4,38%	3,01%	2,34%	4,79%	2,80%	0,00%	2,58%	3,04%
	2031	4,45%	3,05%	2,72%	4,89%	3,16%	0,00%	2,72%	3,05%
Abastecimento rural	2023	0,98%	0,59%	0,00%	0,61%	1,24%	0,00%	0,64%	1,19%
	2027	1,49%	1,09%	0,00%	1,12%	1,78%	0,00%	1,14%	2,12%
	2031	1,57%	1,17%	0,00%	1,20%	1,86%	0,00%	1,23%	2,02%
Abastecimento flutuante	2023	3,16%	3,40%	4,42%	14,25%	3,80%	0,00%	2,62%	1,69%
	2027	1,61%	0,42%	2,29%	0,91%	2,29%	0,00%	1,29%	1,35%
	2031	1,68%	0,49%	2,36%	0,96%	2,36%	0,00%	1,36%	1,25%
Aquicultura	2023	1,42%	1,59%	-12,48%	0,92%	-6,00%	-18,16%	-4,33%	-2,90%
	2027	0,03%	-0,02%	-1,28%	0,09%	-0,44%	-2,10%	-0,21%	0,26%
	2031	-0,08%	-0,15%	-0,03%	0,03%	0,17%	-0,28%	0,25%	0,39%
Criação animal	2023	-5,46%	-1,12%	-13,54%	1,51%	-9,44%	-16,90%	-15,76%	-4,57%
	2027	-5,63%	0,01%	-13,28%	-3,51%	-12,70%	-12,47%	-11,86%	0,54%
	2031	-5,57%	0,11%	-13,21%	-3,49%	-12,72%	-12,30%	-11,71%	0,54%
Irrigação	2023	0,80%	3,19%	2,66%	1,34%	2,35%	0,00%	2,05%	-0,26%
	2027	3,65%	3,82%	4,46%	4,25%	4,46%	0,00%	0,36%	1,76%
	2031	3,49%	3,62%	4,31%	4,07%	4,31%	0,00%	0,20%	1,53%
Uso industrial	2023	-7,99%	15,10%	-24,71%	13,04%	-9,59%	0,00%	9,45%	2,78%
	2027	3,18%	2,44%	2,54%	2,90%	4,02%	0,00%	0,70%	3,21%
	2031	3,26%	2,52%	2,63%	2,98%	4,10%	0,00%	0,78%	3,12%
Mineração	2023	-2,45%	-5,95%	-3,40%	-5,58%	-3,24%	-4,48%	-8,06%	-47,99%
	2027	-0,82%	-4,21%	-1,33%	-3,67%	-1,19%	-3,61%	-6,85%	-43,26%
	2031	0,01%	-3,29%	-0,19%	-2,65%	-0,06%	-3,28%	-6,27%	-40,35%

Tabela 26 – Taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica do cenário com redução de demandas otimista estimada por UG e atividade

Elaboração própria (2018)

A Tabela 27 apresenta a taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica para o cenário com redução de perdas moderada, estimada por UG e por cada um dos usos múltiplos da água.

A taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica do cenário com redução de perdas moderada apresentou, para o uso do abastecimento urbano, um crescimento maior para a UG Vargem do Braço para os horizontes de curto, médio e longo prazo. A taxa de crescimento da demanda hídrica para a UG Siriú apresenta a menor taxa para todos os horizontes. A taxa de crescimento da demanda hídrica para a UG Cachoeiras é nula em todos os horizontes do plano, uma vez que a UG Cachoeiras é composta pelo Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

Com relação à demanda hídrica para abastecimento rural, as maiores taxas de crescimento médio anual são estimadas para a UG Siriú para todos os horizontes de projeto. As menores taxas de crescimento são observadas na UG Cubatão, também em todos os horizontes temporais.

Estima-se que o uso de água para abastecimento flutuante possuirá a maior taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica para 2023 na UG Vargem do Braço e a menor na UG Siriú, assim como na estimativa do cenário tendencial. As taxas de crescimento projetadas para 2027 e 2031 serão menores do que para 2023 para todas as UGs, no entanto as taxas são mais altas nas UGs Foz do Cubatão e Massiambu e mais baixas na UG Cubatão.

Na atividade de aquicultura, a taxa de crescimento médio anual apresenta algumas estimativas negativas. Para o ano de 2023, as taxas de crescimento médio anual com maiores reduções são observadas na UG Cachoeiras, já a UG Cubatão apresenta as maiores taxas de crescimento positivas. Para 2027, a maior redução na taxa de crescimento é observada na UG Cachoeiras e a maior taxa de crescimento é estimada para a UG Siriú. No ano de 2031, estima-se que as UGs Cubatão e Cachoeiras permaneçam com taxas de crescimento negativas. A UG Cachoeiras exibe a maior taxa de crescimento negativa, e as demais UGs apresentam crescimento nas taxas, a maior esperada na UG Siriú.

O uso de água para criação animal apresenta, para o horizonte de curto prazo, reduções na taxa de crescimento. A maior redução é observada na UG Cachoeiras, enquanto que a menor na UG Cubatão. Para os horizontes de médio e longo prazo, a UG Foz do Cubatão apresenta a maior redução da taxa de crescimento, e a UG Siriú a maior.

Para a irrigação, no cenário de curto prazo, a maior taxa de crescimento médio anual é observada na UG Cubatão, ao passo que a menor é esperada na UG Siriú. Nos cenários de médio e longo prazo, as maiores taxas de crescimento são observadas nas UGs Foz do Cubatão e Massiambu, e as menores são referentes à UG Madre.

No uso industrial, a UG Massiambu apresenta a maior redução da taxa de crescimento, enquanto a UG Foz do Cubatão a maior taxa para o horizonte de curto prazo. Para os horizontes de médio e longo prazo, a UG Madre exibe as menores taxas de crescimento, e a UG Massiambu as maiores taxas.

A demanda hídrica para mineração apresenta, nos horizontes de curto e médio prazo, apenas uma redução das taxas de crescimento. Em ambos os casos, a maior queda estimada é para a UG Siriú e a menor para a UG Maruim, assim como para o cenário

tendencial. Para o horizonte de longo prazo, a maior redução também é esperada na UG Siriú, enquanto que a maior taxa de crescimento médio é referente à UG Maruim.

Ao se realizar uma análise geral, que considera todos os usos de água realizados nas bacias, o uso industrial é a atividade que apresenta a maior taxa de crescimento médio anual (24,38% para a UG Foz do Cubatão até 2023), ao passo que a atividade de mineração possui a maior redução (-47,69% para a UG Siriú até 2023).

Atividade	Horizonte	UG							
		Maruim	Cubatão	Foz do Cubatão	Vargem do Braço	Massiambu	Cachoeiras	Madre	Siriú
Abastecimento urbano	2023	3,85%	2,55%	2,73%	4,63%	3,21%	0,00%	3,30%	2,28%
	2027	4,56%	3,19%	3,04%	5,17%	3,50%	0,00%	3,27%	3,04%
	2031	4,59%	3,19%	3,31%	5,20%	3,75%	0,00%	3,31%	3,05%
Abastecimento rural	2023	1,43%	1,03%	0,00%	1,05%	1,68%	0,00%	1,08%	1,77%
	2027	1,68%	1,28%	0,00%	1,31%	1,97%	0,00%	1,33%	2,22%
	2031	1,72%	1,32%	0,00%	1,35%	2,01%	0,00%	1,37%	2,18%
Abastecimento flutuante	2023	3,61%	3,86%	4,88%	14,76%	4,26%	0,00%	3,07%	2,28%
	2027	1,80%	0,60%	2,48%	1,10%	2,48%	0,00%	1,48%	1,46%
	2031	1,83%	0,63%	2,51%	1,11%	2,51%	0,00%	1,51%	1,41%
Aquicultura	2023	1,86%	2,04%	-12,10%	1,36%	-5,59%	-17,80%	-3,91%	-2,34%
	2027	0,21%	0,17%	-1,09%	0,27%	-0,26%	-1,92%	-0,02%	0,36%
	2031	0,06%	-0,01%	0,12%	0,18%	0,32%	-0,13%	0,40%	0,55%
Criação animal	2023	-5,04%	-0,69%	-13,16%	-1,07%	-9,05%	-16,53%	-15,39%	-4,02%
	2027	-5,46%	0,20%	-13,12%	-3,33%	-12,54%	-12,30%	-11,69%	0,64%
	2031	-5,44%	0,25%	-13,09%	-3,35%	-12,59%	-12,17%	-11,58%	0,70%
Irrigação	2023	1,50%	3,90%	3,37%	2,04%	3,06%	0,00%	2,76%	0,43%
	2027	4,54%	4,71%	5,35%	5,14%	5,35%	0,00%	1,22%	2,63%
	2031	4,53%	4,66%	5,36%	5,11%	5,36%	0,00%	1,21%	2,55%
Uso industrial	2023	-7,58%	15,60%	24,38%	13,54%	-9,19%	0,00%	9,93%	3,37%
	2027	3,37%	2,63%	2,74%	3,09%	4,21%	0,00%	0,89%	3,32%
	2031	3,41%	2,67%	2,78%	3,13%	4,26%	0,00%	0,93%	3,28%
Mineração	2023	-2,03%	-5,54%	-2,97%	-5,16%	-2,82%	-4,06%	-7,66%	-47,69%
	2027	-0,64%	-4,03%	-1,14%	-3,49%	-1,00%	-3,43%	-6,67%	-43,20%
	2031	0,16%	-3,15%	-0,05%	-2,50%	0,08%	-3,14%	-6,14%	-40,25%

Tabela 27 – Taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica do cenário com redução de demandas moderada estimada por UG e atividade

Elaboração própria (2018)

A partir da Tabela 28 até a Tabela 35 são apresentados os resultados de demanda hídrica de retirada por UG e por horizonte temporal para cada um dos cenários alternativos.

A Tabela 28 exhibe os resultados de demanda hídrica de retirada na UG Maruim por horizonte temporal e por cenário alternativo. De acordo com os resultados, a atividade que apresentou a maior contribuição para a demanda hídrica total da UG Maruim para os dois cenários é a demanda hídrica para abastecimento urbano, seguida pelo uso industrial. A estimativa de demanda hídrica para mineração apresentou a menor demanda considerando o curto e médio prazo. Para o longo prazo, estima-se que a atividade de criação animal passará a apresentar a menor demanda hídrica para todos os cenários dessa UG.

UG Maruim – Demandas hídricas

Atividade	Cenário com redução de demandas moderada ($m^3.mês^{-1}$)			Cenário com redução de demandas otimista ($m^3.mês^{-1}$)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	5.701.482	6.814.829	8.155.651	5.343.953	6.342.348	7.548.740
Abastecimento rural	14.542	15.541	16.636	14.103	14.960	15.920
Abastecimento flutuante	207.051	222.328	239.062	200.797	214.006	228.779
Aquicultura	11.813	11.914	11.944	11.456	11.469	11.431
Criação animal	15.040	12.016	9.609	14.586	11.566	9.195
Irrigação	61.810	73.821	88.145	58.888	67.975	77.983
Uso industrial	972.331	1.110.335	1.269.932	942.962	1.068.776	1.215.308
Mineração	10.019	9.765	9.826	9.716	9.400	9.404
Total	6.994.088	8.270.549	9.800.805	6.596.461	7.740.500	9.116.760

Tabela 28 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Maruim por horizonte temporal e por cenário alternativo

Elaboração própria (2018)

Conforme a Tabela 29, a atividade de abastecimento urbano é a que apresenta a maior contribuição para a demanda hídrica total da UG Cubatão para os dois cenários e todos os horizontes temporais, seguida da atividade industrial. As menores demandas hídricas são referentes à mineração, também para ambos os cenários e todos os horizontes do plano.

UG Cubatão – Demandas hídricas

Atividade	Demanda hídrica – cenário com redução de demandas moderada (m ³ .mês ⁻¹)			Demanda hídrica – cenário com redução de demandas otimista (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	316.863	359.235	407.273	297.572	335.001	377.743
Abastecimento rural	25.273	26.592	28.024	24.509	25.596	26.818
Abastecimento flutuante	2.462	2.522	2.587	2.388	2.428	2.476
Aquicultura	30.215	30.419	30.413	29.302	29.281	29.105
Criação animal	50.539	50.940	51.456	49.013	49.034	49.243
Irrigação	1.955	2.349	2.819	1.862	2.163	2.494
Uso industrial	142.458	158.042	175.609	138.155	152.127	168.055
Mineração	1.879	1.594	1.403	1.822	1.534	1.342
Total	571.644	631.693	699.584	544.623	597.164	657.276

Tabela 29 – Demanda hídrica (m³.mês⁻¹) na UG Cubatão por horizonte temporal e por cenário alternativo

Elaboração própria (2018)

Para a UG Foz do Cubatão é observado na Tabela 30 que a atividade de abastecimento urbano apresenta os maiores valores de demanda hídrica para os dois cenários e todos os horizontes do plano, seguida pela atividade de irrigação. Ambas as atividades apresentam valores superiores aos das demais atividades. As menores demandas são referentes à atividade de aquicultura, seguida pela criação animal.

UG Foz do Cubatão – Demandas hídricas

Atividade	Demanda hídrica – cenário com redução de demandas moderada (m ³ .mês ⁻¹)			Demanda hídrica – cenário com redução de demandas otimista (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	46.174	52.047	59.281	43.960	48.223	53.681
Abastecimento flutuante	873	963	1.064	847	927	1.018
Aquicultura	68	66	66	66	63	63
Criação animal	274	156	89	265	150	85
Irrigação	38.636	47.595	58.648	36.809	43.826	51.886
Uso industrial	2.650	2.953	3.294	2.570	2.842	3.153
Mineração	3.178	3.035	3.029	3.082	2.922	2.899
Total	91.853	106.815	125.471	87.599	98.953	112.785

Tabela 30 – Demanda hídrica (m³.mês⁻¹) na UG Foz do Cubatão por horizonte temporal e por cenário alternativo

Elaboração própria (2018)

A Tabela 31 apresenta os valores de demanda hídrica total para a UG Vargem do Braço. A maior contribuição para a demanda total é da atividade de abastecimento urbano,

com valores superiores aos das demais atividades, seguida pelo uso industrial. A atividade que exibe a menor demanda para os dois cenários e todos os horizontes do plano é a mineração.

UG Vargem do Braço – Demandas hídricas

Atividade	Demanda hídrica – cenário com redução de demandas moderada (m ³ .mês ⁻¹)			Demanda hídrica – cenário com redução de demandas otimista (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	92.672	113.393	138.864	86.622	104.463	126.458
Abastecimento rural	3.918	4.127	4.353	3.799	3.972	4.166
Abastecimento flutuante	962	1.005	1.051	933	968	1.005
Aquicultura	2.190	2.214	2.230	2.124	2.131	2.134
Criação animal	3.502	3.058	2.668	3.396	2.943	2.553
Irrigação	2.092	2.556	3.120	1.993	2.353	2.760
Uso industrial	23.190	26.193	29.632	22.490	25.213	28.357
Mineração	802	696	628	778	670	601
Total	129.328	153.242	182.546	122.135	142.713	168.034

Tabela 31 – Demanda hídrica (m³.mês⁻¹) na UG Vargem do Braço por horizonte temporal e por cenário alternativo
Elaboração própria (2018)

De acordo com a Tabela 32, a atividade que apresentou a maior contribuição para a demanda hídrica total da UG Massiambu é a de abastecimento urbano, seguida pela de irrigação, para os dois cenários e todos os horizontes temporais. A estimativa de demanda hídrica para aquicultura exibe as menores demandas hídricas para todos os horizontes temporais e para todos os cenários dessa UG.

UG Massiambu – Demandas hídricas

Atividade	Demanda hídrica – cenário com redução de demandas moderada (m ³ .mês ⁻¹)			Demanda hídrica – cenário com redução de demandas otimista (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	365.573	419.496	486.080	348.044	388.676	440.167
Abastecimento rural	1.103	1.193	1.292	1.070	1.148	1.236
Abastecimento flutuante	6.415	7.074	7.813	6.221	6.810	7.477
Aquicultura	571	566	573	554	544	548
Criação animal	1.915	1.120	654	1.857	1.078	626
Irrigação	82.337	101.430	124.985	78.444	93.397	110.575
Uso industrial	38.175	45.029	53.198	37.022	43.344	50.909
Mineração	5.722	5.497	5.515	5.549	5.291	5.278
Total	501.811	581.405	680.110	478.761	540.288	616.816

Tabela 32 – Demanda hídrica (m³.mês⁻¹) na UG Massiambu por horizonte temporal e por cenário alternativo
Elaboração própria (2018)

A Tabela 33 apresenta os valores de demanda hídrica por atividade realizada na UG Cachoeiras. As únicas atividades presentes nessa UG são aquicultura, criação animal e mineração. No horizonte de curto prazo, a atividade com maior demanda é a criação animal para os dois cenários. Em médio e longo prazo, essa demanda é superada pela atividade de mineração. A atividade de aquicultura tem a menor demanda hídrica para os dois cenários e todos os horizontes temporais.

UG Cachoeiras – Demandas hídricas

Atividade	Demanda hídrica – cenário com redução de demandas moderada (m ³ .mês ⁻¹)			Demanda hídrica – cenário com redução de demandas otimista (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Aquicultura	29	27	27	28	26	25
Criação animal	256	152	90	249	146	86
Mineração	208	181	159	201	174	152
Total	493	360	276	478	346	263

Tabela 33 – Demanda hídrica (m³.mês⁻¹) na UG Cachoeiras por horizonte temporal e por cenário alternativo
Elaboração própria (2018)

É observado na Tabela 34 que a irrigação é a atividade que apresentou a maior demanda hídrica para os dois cenários e todos os horizontes do plano, seguida pelo abastecimento urbano. O abastecimento flutuante requer a menor demanda hídrica para os dois cenários e os três horizontes temporais do projeto.

UG Madre – Demandas hídricas

Atividade	Demanda hídrica – cenário com redução de demandas moderada (m ³ .mês ⁻¹)			Demanda hídrica – cenário com redução de demandas otimista (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	72.787	82.801	94.329	69.297	76.717	85.419
Abastecimento rural	11.779	12.420	13.116	11.423	11.955	12.552
Abastecimento flutuante	709	751	798	687	723	763
Aquicultura	1.738	1.737	1.764	1.686	1.672	1.688
Criação animal	6.069	3.690	2.256	5.885	3.552	2.159
Irrigação	768.372	806.551	846.302	732.048	742.679	748.731
Uso industrial	59.648	61.798	64.126	57.846	59.485	61.368
Mineração	7.915	6.005	4.661	7.676	5.780	4.461
Total	929.017	975.753	1.027.352	886.548	902.563	917.141

Tabela 34 – Demanda hídrica (m³.mês⁻¹) na UG Madre por horizonte temporal e por cenário alternativo
Elaboração própria (2018)

A atividade que apresentou a maior contribuição para a demanda hídrica total da UG Siriú, segundo as informações que constam na Tabela 35, é a de abastecimento urbano, seguida pela de abastecimento flutuante, para os dois cenários e os três horizontes temporais. A estimativa de demanda hídrica para aquicultura exibiu as menores demandas hídricas para todos os horizontes temporais e cenários dessa UG.

UG Siriú – Demandas hídricas

Atividade	Demanda hídrica – cenário com redução de demandas moderada (m ³ .mês ⁻¹)			Demanda hídrica – cenário com redução de demandas otimista (m ³ .mês ⁻¹)		
	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)	Curto prazo (2023)	Médio prazo (2027)	Longo prazo (2031)
Abastecimento urbano	151.473	170.725	192.503	143.347	161.565	182.176
Abastecimento rural	11.372	12.418	13.536	10.923	11.878	12.866
Abastecimento flutuante	99.754	105.705	111.806	95.814	101.107	106.274
Aquicultura	4.429	4.494	4.594	4.254	4.298	4.367
Criação animal	6.681	6.854	7.048	6.417	6.556	6.699
Irrigação	62.155	68.946	76.261	59.217	63.487	67.469
Uso industrial	30.287	34.515	39.267	29.091	33.014	37.324
Total	366.151	403.657	445.015	349.063	381.905	417.175

Tabela 35 – Demanda hídrica (m³.mês⁻¹) na UG Siriú por horizonte temporal e por cenário alternativo
Elaboração própria (2018)

1.4. ANÁLISE COMPARATIVA DOS CENÁRIOS DE DEMANDA HÍDRICA

Neste Capítulo é feita a comparação das demandas dos cenários tendencial, redução das demandas otimista e das demandas moderada. Para tal, são comparadas as demandas totais (somatório das demandas hídricas por tipo de uso de água) para cada um dos três cenários nos horizontes temporais do plano e para cada UG.

Os resultados apresentados da Figura 10 até a Figura 17 ilustram graficamente a evolução projetada das demandas hídricas totais. De modo geral, os maiores valores de demanda hídrica são referentes ao cenário tendencial, seguido pelo cenário com redução de perdas moderado e pelo cenário de redução de perdas otimista, respectivamente. A UG Cachoeiras, que representa o Parque do Tabuleiro, tem como a maior demanda hídrica para 2023 a atividade de criação animal, sendo posteriormente projetada para o ano de 2027 a 2031 uma maior demanda hídrica para a mineração. Todas as UGs, com exceção da UG Cachoeiras, apresentam um crescimento de demanda hídrica.

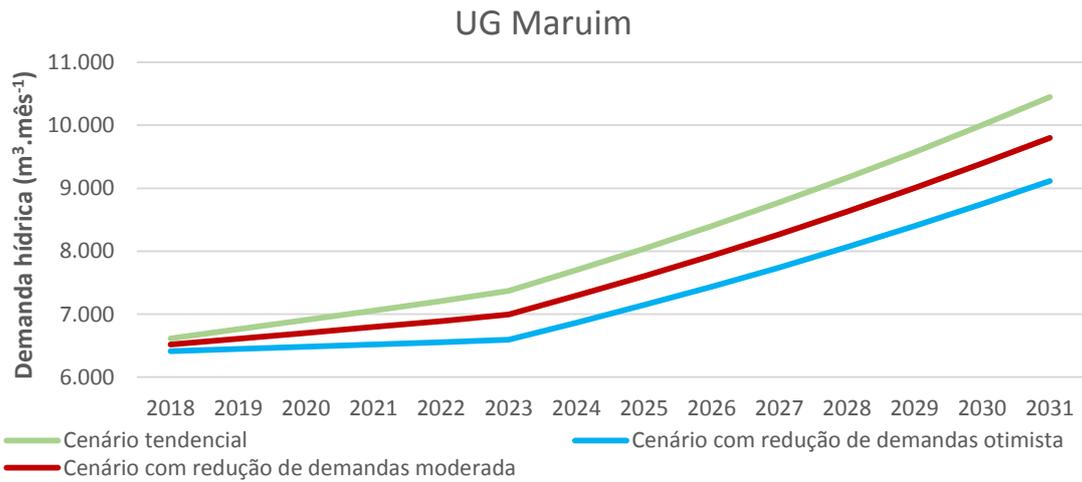


Figura 10 – Demanda hídrica total (m³.mês⁻¹) na UG Maruim para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

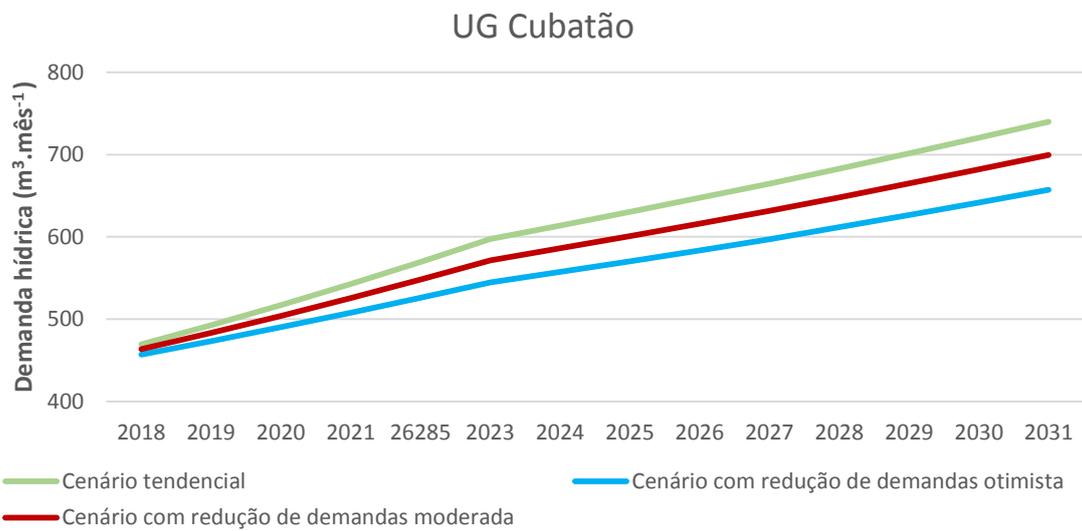


Figura 11 – Demanda hídrica total (m³.mês⁻¹) na UG Cubatão para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

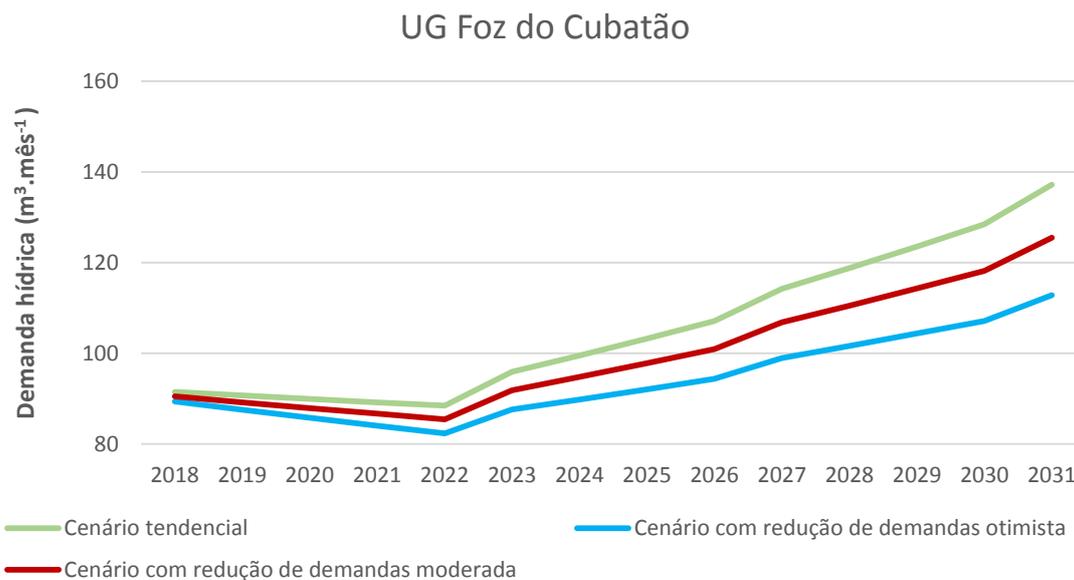


Figura 12 – Demanda hídrica total (m³.mês⁻¹) na UG Foz do Cubatão para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

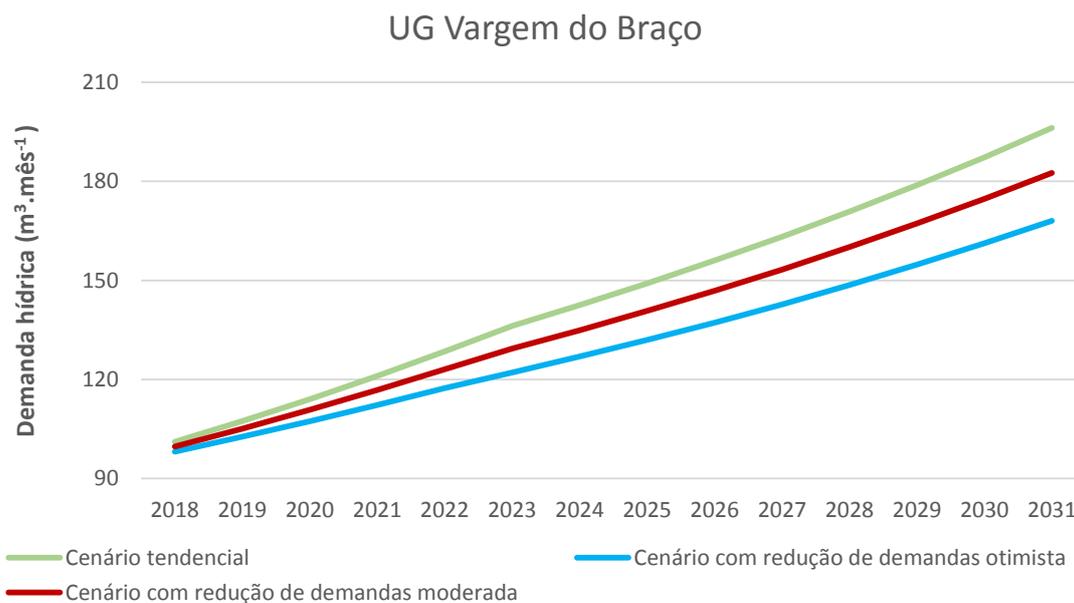


Figura 13 – Demanda hídrica total (m³.mês⁻¹) na UG Vargem do Braço para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

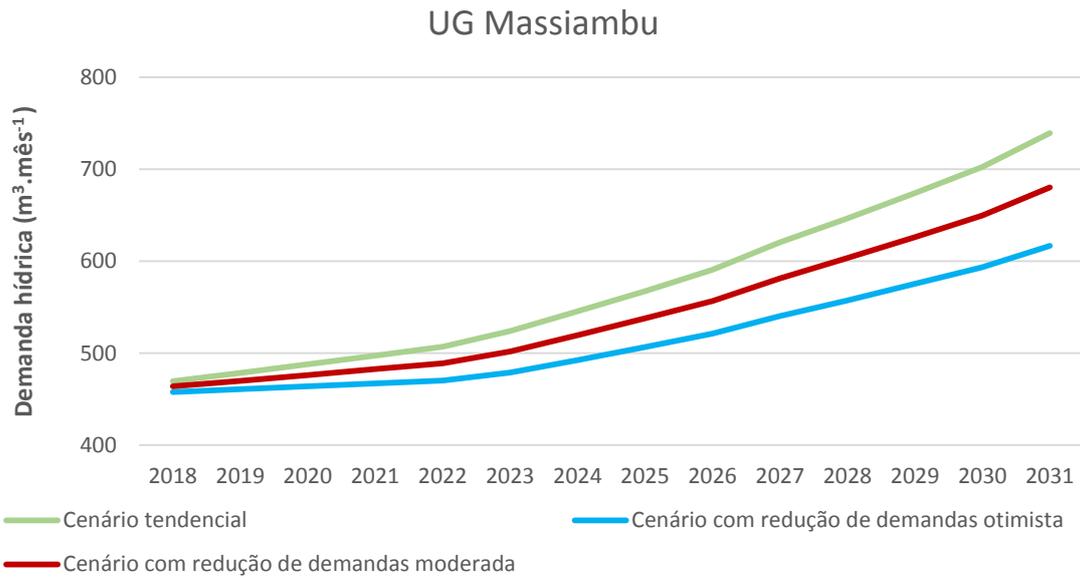


Figura 14 – Demanda hídrica total (m³.mês⁻¹) na UG Massiambu para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

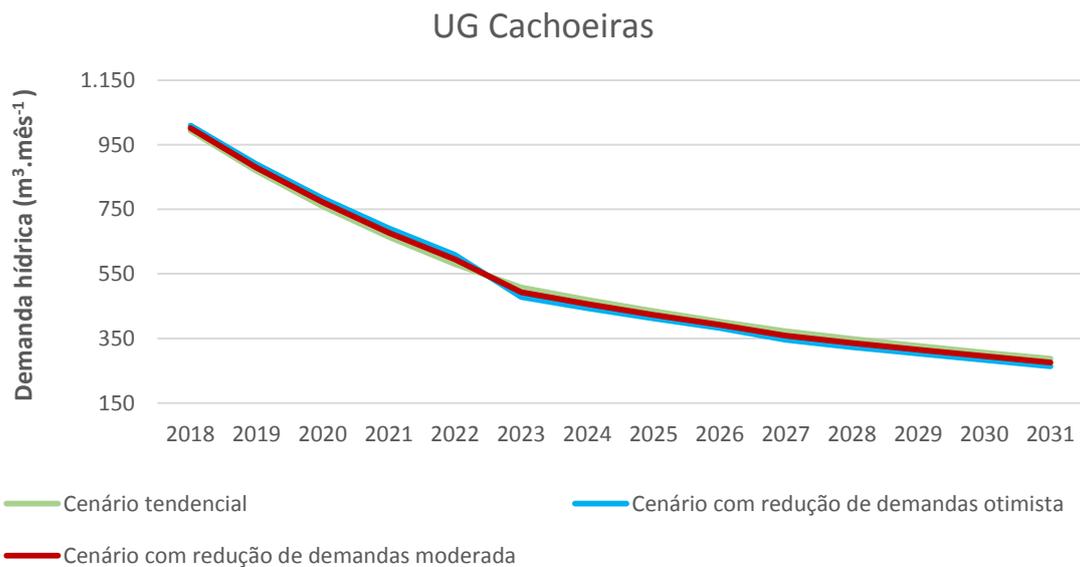


Figura 15 – Demanda hídrica total (m³.mês⁻¹) na UG Cachoeiras para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

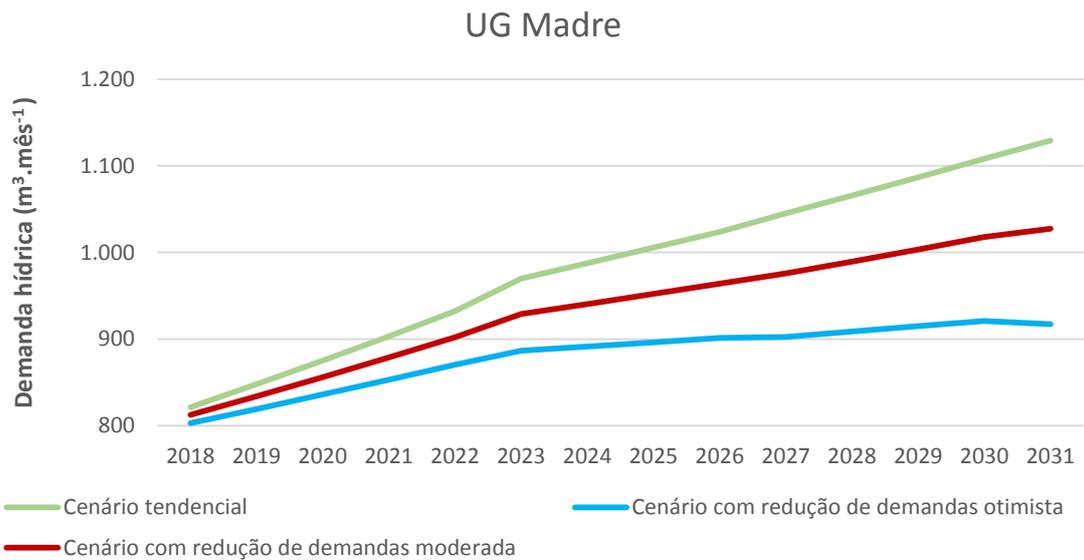


Figura 16 – Demanda hídrica total (m³.mês⁻¹) na UG Madre para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados

Elaboração própria (2018)

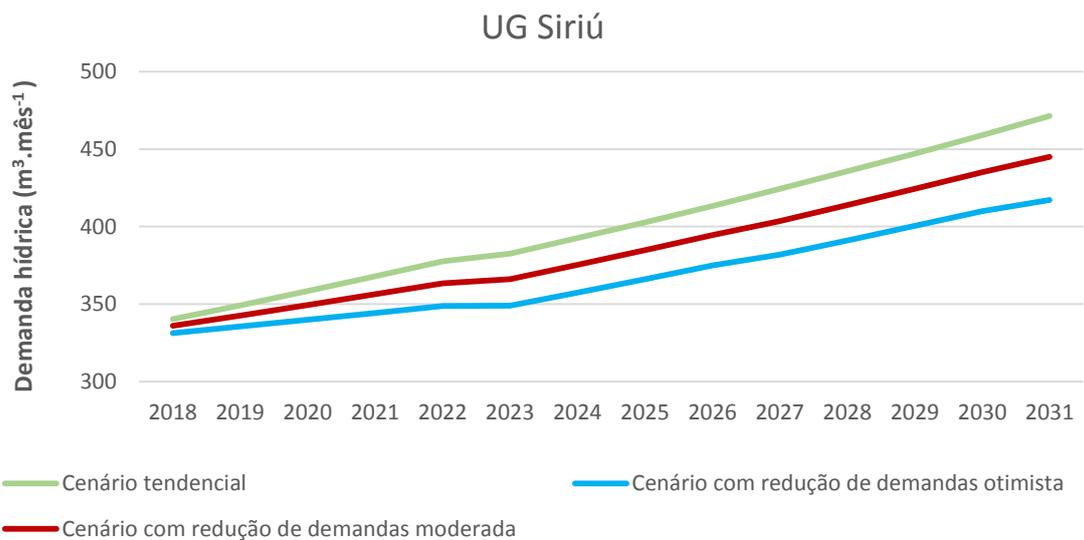


Figura 17 – Demanda hídrica total (m³.mês⁻¹) na UG Siriú para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados

Elaboração própria (2018)

2. Estimativa de carga poluidora

A estimativa de carga poluidora tem como objetivo auxiliar no diagnóstico de qualidade das águas nas bacias em estudo. O Capítulo 2.1 apresenta a estimativa de cargas poluidoras em corpos de água superficiais enquanto o Capítulo 2.2 apresenta a estimativa para corpos de água subterrâneos.

2.1. CARGA POLUIDORA EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

A estimativa de carga poluidora em águas superficiais subsidiará a realização do balanço qualiquantitativo das águas superficiais das bacias em estudo. Em virtude da disponibilidade de dados, foi realizada a estimativa de carga orgânica efluente para as atividades de esgotamento sanitário, criação animal, agricultura e poluição difusa. O Capítulo 2.1.1 apresenta a metodologia de cálculo de carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) por tipo de uso d'água, e o Capítulo 2.1.2 apresenta os resultados.

2.1.1. Metodologia

A estimativa foi realizada com base nas metodologias apresentadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH-SC) (SANTA CATARINA, 2017c), no Estudo dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2006a), no PERH-ES (ESPÍRITO SANTO, 2017) e nos Planos de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itapocu (UNISUL, 2017) e do Rio Araranguá (SANTA CATARINA, 2014b). Segundo as metodologias propostas, a carga orgânica é estimada a partir da $DBO_{5,20}$, que é a medida de oxigênio consumido pelos microrganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica durante cinco dias a 20 °C (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005). A DBO é um importante parâmetro para o controle da poluição das águas por matéria orgânica. Nas águas naturais a DBO representa a demanda potencial de oxigênio dissolvido que poderá ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, o que poderá acarretar níveis de oxigênio nas águas abaixo dos padrões mínimos exigidos para a sobrevivência da biota aquática.

Para realizar as estimativas de cargas, foram utilizadas as taxas de crescimento do cenário tendencial e dos cenários alternativos, atribuídas às demandas hídricas, conforme apresentado no Capítulo 1.

O Capítulo 2.1.1.1 e o Capítulo 2.1.1.2 apresentam, respectivamente, as metodologias de cálculo de carga de DBO para as atividades de criação animal, esgotamento sanitário, agrícola e poluição difusa.

2.1.1.1. Criação animal

As cargas de $DBO_{5,20}$ de criação animal foram estimadas pelo produto do efetivo de rebanhos de criação animal associado aos coeficientes de produção de $DBO_{5,20}$ por animal vivo.

Os dados de efetivo dos rebanhos por espécie e por município são provenientes da Pesquisa Pecuária Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016) e

foram estimados para o presente do projeto, conforme apresentado no Produto da Etapa C do Plano.

No estabelecimento do coeficiente de produção, análogo aos Planos de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itapocu (UNISUL, 2017) e o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Araranguá (SANTA CATARINA, 2014b), assumiu-se a hipótese de que a poluição em águas superficiais proveniente da criação animal se caracteriza como poluição difusa. Tal fato se justifica pelas características dos sistemas de criação animal nas bacias em estudo, com propriedades mais extensivas, em que a carga orgânica produzida é depurada ou utilizada para fins de adubação e, dessa forma, apenas uma parte da carga (aproximadamente 10%) chega diretamente aos corpos hídricos superficiais.

A Tabela 36 apresenta os coeficientes de produção de $DBO_{5,20}$ por tipo de espécie animal criada nas bacias.

Espécie animal	kg$DBO_{5,20}$/cabeça/dia
Bovinos e bubalinos	0,0038
Equinos	0,0023
Suínos	0,0216
Ovinos e caprinos	0,0030
Aves	0,0001

Tabela 36 – Coeficientes de produção de $DBO_{5,20}$ por espécie animal

Fonte: IMHOFF e IMHOFF (1996) e PERH-RS (RIO GRANDE DO SUL, 2007). Elaboração própria (2018)

Para calcular as cargas de criação animal para os horizontes de projeto, foram utilizadas as taxas de crescimento de demanda hídrica dessa atividade para os cenários alternativos e para o tendencial.

2.1.1.2. Esgotamento sanitário

Em relação ao esgotamento sanitário, foram consideradas as cargas lançadas diretamente em corpos hídricos superficiais. As cargas de DBO de esgotamento sanitário foram utilizadas para a população urbana estimadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), por município, para o ano de 2013, no “Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas” (ANA, 2017a). Assumiu-se a hipótese de que as cargas lançadas diretamente em corpos hídricos superficiais correspondem ao somatório das seguintes cargas estimadas pela ANA:

- » Parcela da carga lançada sem coleta e sem tratamento.
- » Parcela da carga lançada com coleta e sem tratamento.
- » Parcela da carga lançada com coleta e com tratamento.

No cálculo das cargas de esgotamento sanitário para o presente e para os horizontes de projeto foram utilizadas as taxas de crescimento de demanda hídrica de abastecimento urbano para os cenários alternativos e o cenário tendencial. Tais taxas foram projetadas em cima das cargas estimadas pela ANA para o ano de 2013.

Para o município de Florianópolis foi considerada somente a população residente nos bairros da região continental, e que, portanto, tem potencial de lançamento de esgotamento sanitário nos corpos hídricos da bacia. Para o município de São José, o qual tem seu território inserido parcialmente na área de estudo, foi empregada como critério de divisão a média

entre as porcentagens da área e da população do município inseridas na área de estudo, conforme apresentado no Relatório da Etapa C.

2.1.1.3. Uso agrícola e poluição difusa

As cargas poluidoras difusas são provenientes de atividades que depositam poluentes de forma dispersa na bacia hidrográfica. São cargas poluidoras que chegam aos corpos hídricos de forma intermitente, associadas principalmente a eventos de precipitação.

O cálculo das cargas provenientes da agricultura e da poluição difusa foi realizado com base na metodologia adotada no PERH-ES (ESPÍRITO SANTO, 2017). A metodologia utilizada consiste no cruzamento das informações espaciais de uso e ocupação do solo de cada UG e um coeficiente de estimativa de carga de DBO associado a cada uso do solo.

As informações de uso e ocupação do solo utilizadas estão apresentadas no Relatório da Etapa C. Consoante às categorias estabelecidas de uso e ocupação do solo e às tipologias adotadas no PERH-ES, foram assumidas as seguintes premissas: área urbanizada corresponde à categoria urbano; e somatório das áreas de vegetação e reflorestamento corresponde à categoria de cobertura florestal.

A Tabela 37 apresenta as áreas (ha) por Unidade de Gestão (UG) dos usos do solo que são considerados no cálculo da poluição agrícola e difusa.

UG	Área (ha)		
	Agricultura	Urbano	Cobertura florestal
Maruim	140	7.983	12.591
Cubatão	2.814	1.257	37.589
Foz do Cubatão	71	115	1.036
Vargem do Braço	386	271	17.238
Massiambu	161	1.105	11.167
Cachoeiras	0	0	8.976
Madre	1.755	466	16.414
Siriú	26	926	3.600

Tabela 37 – Áreas (ha) por UG e por tipo de uso do solo para o cálculo da poluição agrícola e difusa

Elaboração própria (2018)

A Tabela 38 apresenta os coeficientes de estimativa de carga de DBO (kg/ha.dia) para cada uma das tipologias adotadas e as taxas de remoção de DBO associadas. Foram adotadas taxas de remoção de 95% sobre a carga gerada por tipologia, representando o decaimento deste parâmetro ao longo dos trechos de rio até atingir os exutórios das bacias.

Tipologia	Carga de DBO unitária (kgDBO _{5,20} /ha.dia)	Taxa de remoção (%)
Agricultura	0,0491	95
Urbano	0,1600	95
Cobertura Florestal	0,0117	95

Tabela 38 – Coeficientes de estimativa de carga de DBO (kg/ha.dia) e taxas de remoção para cada tipologia de uso do solo

Fonte: Espírito Santo (2017)⁴. Elaboração própria (2018)

Para calcular as cargas provenientes de atividade agrícola e poluição difusa urbana para os horizontes de projeto, foram utilizadas as taxas de crescimento de demanda hídrica do cenário tendencial e dos cenários alternativos. Para o uso agrícola foi atribuída a taxa de crescimento de irrigação, para a poluição difusa urbana a taxa de crescimento de abastecimento urbano.

Para as cargas difusas provenientes de cobertura florestal, utilizando dados da área em hectares de cobertura de Mata Atlântica por municípios que compõem a área em estudo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2011), para os anos de 2010 e 2016, calculou-se a taxa de crescimento média anual das áreas nesse período. Assume-se a hipótese que as taxas de crescimento de Mata Atlântica são análogas às taxas de toda a cobertura florestal da área em estudo. As taxas de crescimento médias da cobertura florestal de Mata Atlântica foram então projetadas por UG e por horizonte temporal do projeto.

2.1.2. Resultados

Neste Capítulo são apresentados os resultados das estimativas de cargas de DBO_{5,20} por tipo de uso: criação animal, esgotamento sanitário, agrícola e poluição difusa e por UG. Além disso, são apresentados os resultados de carga total de DBO_{5,20} para cada UG e para cada um dos três cenários nos três horizontes temporais do plano.

2.1.2.1. Criação animal

Na Tabela 39 estão apresentados os resultados das cargas de DBO_{5,20} por UG para criação animal para os três cenários nos três horizontes temporais do plano.

De acordo com os resultados, a UG que apresenta a maior carga de DBO_{5,20} é a UG Cubatão, e a que apresenta a menor carga de DBO_{5,20} é a UG Cachoeiras. A UG Cubatão é composta pelos municípios Palhoça, Águas Mornas, São Pedro de Alcântara e Santo Amaro da Imperatriz, que por sua vez possui características rurais dentro da área de estudo, logo o rebanho efetivo desta UG é superior ao rebanho efetivo das demais UGs. Sendo assim, a UG Cubatão proporciona a maior contribuição de carga para a produção de DBO_{5,20} proveniente da criação animal.

A maior parte das UGs apresentou redução de carga de DBO_{5,20} para criação animal ao longo dos horizontes temporais do projeto. Tal fato é justificado pelas taxas de crescimento

⁴ O PERH do Espírito Santo (2017) estabeleceu os coeficientes de estimativa de carga e as taxas de remoção de DBO a partir dos estudos de IEMA (2008), São Paulo (2011), ANA (2013), ÁGUASPARANA (2013a, 2013b), Goiás (2015) e Gomes; Perez; Curcio (1998).

negativas das respectivas UGs para criação animal, conforme apresentado no Capítulo 1.2.2. Do cenário presente para os três cenários de 2023, apenas a UG Vargem do Braço manteve o valor da carga, as demais UGs apresentaram uma redução. De 2023 a 2031, somente a UG Cubatão e a UG Siriú apresentaram aumentos de cargas conforme os coeficientes dos cenários tendenciais e alternativos.

UG	Carga de $DBO_{5,20}$ ($kgDBO.dia^{-1}$) para criação animal									
	Presente	2023			2027			2031		
		Tendencial	Moderado	Otimista	Tendencial	Moderado	Otimista	Tendencial	Moderado	Otimista
Maruim	72	52	50	49	42	40	39	33	32	31
Cubatão	108	106	103	99	107	103	100	109	104	100
Foz do Cubatão	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Vargem do Braço	9	9	9	9	8	8	7	7	7	6
Massiambu	12	7	6	6	4	4	4	2	2	2
Cachoeiras	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Madre	55	17	17	16	11	10	10	7	6	6
Siriú	23	18	18	17	19	18	17	19	19	18

Tabela 39 – Carga de $DBO_{5,20}$ por UG para criação animal

Elaboração própria (2018)

2.1.2.2. Esgotamento sanitário

Na Tabela 40 estão apresentados os resultados das cargas de $DBO_{5,20}$ por UG para esgotamento sanitário para os três cenários nos três horizontes temporais do plano. A UG que apresenta a maior carga de $DBO_{5,20}$ é a UG Maruim e a que apresenta a menor carga de $DBO_{5,20}$ é, até 2027, a UG Vargem do Braço e, em 2031, a UG Foz do Cubatão. A UG Cachoeiras está completamente inserida no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, onde os usos geradores de cargas são restritos, logo a carga de DBO gerada é praticamente nula.

As cargas de $DBO_{5,20}$ para esgotamento sanitário variam em função do número de habitantes em cada UG. A UG Maruim é composta pelos municípios Florianópolis, São José, Palhoça, São Pedro de Alcântara e Santo Amaro da Imperatriz, os quais apresentam a maior população dentre os municípios da área em estudo e, portanto, são responsáveis pela maior carga de $DBO_{5,20}$ estimada. Já a UG Vargem do Braço, que apresenta a menor carga, contempla os municípios Palhoça e Santo Amaro da Imperatriz, localizados na vertente interior da área de estudo e com um número de habitantes e densidade populacional significativamente menores do que as demais UGs.

Do cenário presente aos cenários de 2023, 2027 e 2031, todas as UGs apresentaram crescimento de carga de $DBO_{5,20}$ proveniente do esgotamento sanitário. Observa-se um aumento gradativo da carga que está relacionado ao aumento populacional dos municípios contribuintes.

UG	Carga de DBO _{5,20} (kgDBO.dia ⁻¹) para esgotamento sanitário									
	Presente	2023			2027			2031		
		Tendencial	Moderado	Otimista	Tendencial	Moderado	Otimista	Tendencial	Moderado	Otimista
Maruim	10.998	15.177	14.323	13.425	18.243	17.120	15.933	21.928	20.488	18.963
Cubatão	641	809	765	718	922	867	808	1.051	983	912
Foz do Cubatão	183	231	221	210	266	249	231	309	284	257
Vargem do Braço	139	202	190	178	250	233	215	309	285	260
Massiambu	1.403	1.832	1.750	1.666	2.149	2.008	1.861	2.533	2.327	2.107
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Madre	642	843	806	767	980	916	849	1.136	1.044	945
Siriú	1.282	1.579	1.501	1.421	1.779	1.692	1.601	2.007	1.908	1.805

Tabela 40 – Carga de DBO_{5,20} por UG, horizonte e cenário para esgotamento sanitário

Elaboração própria (2018)

2.1.2.3. Uso agrícola e poluição difusa

Na Tabela 41 estão apresentados os resultados das cargas de $DBO_{5,20}$ por UG para o uso agrícola e poluição difusa para os três cenários nos três horizontes temporais do plano.

Observa-se que os resultados variam em função, principalmente, do uso urbano, que apresenta uma maior geração de carga por hectare, e da agricultura que, de maneira geral, representa boa parte da área das UGs. A UG que apresenta a maior carga de $DBO_{5,20}$ para este uso é a UG Cubatão e a que apresenta a menor é a UG Foz do Cubatão. A UG Cubatão apresenta a maior carga, pois as proporções de área de agricultura e uso urbano são consideravelmente mais altas em relação às outras UGs. Já na UG Foz do Cubatão, que apresenta a menor carga, ambas as proporções das áreas de agricultura e de uso urbano são as menores em comparação com as demais UGs.

Análogo à metodologia estabelecida, as UGs que apresentam maior carga de $DBO_{5,20}$ são as que possuem as maiores áreas totais e as UGs com menor carga são as que possuem as menores áreas totais. A UG Cubatão apresenta maior área total e maior carga, enquanto que a UG Foz do Cubatão apresenta menor área total e menor carga.

UG	Carga de DBO _{5,20} (kgDBO.dia ⁻¹) para uso agrícola e poluição difusa									
	Presente	2023			2027			2031		
		Tendencial	Moderado	Otimista	Tendencial	Moderado	Otimista	Tendencial	Moderado	Otimista
Maruim	0,00197	0,00259	0,00246	0,00233	0,00306	0,00289	0,00271	0,00362	0,00340	0,00316
Cubatão	0,00239	0,00294	0,00284	0,00274	0,00340	0,00322	0,00304	0,00396	0,00368	0,00337
Foz do Cubatão	0,00008	0,00010	0,00009	0,00009	0,00011	0,00011	0,00010	0,00013	0,00012	0,00011
Vargem do Braço	0,00062	0,00068	0,00067	0,00065	0,00076	0,00073	0,00070	0,00085	0,00081	0,00076
Massiambu	0,00055	0,00064	0,00062	0,00061	0,00072	0,00069	0,00065	0,00081	0,00076	0,00071
Cachoeiras	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
Madre	0,00127	0,00151	0,00146	0,00141	0,00161	0,00153	0,00144	0,00173	0,00160	0,00146
Siriú	0,00028	0,00033	0,00031	0,00030	0,00036	0,00034	0,00033	0,00039	0,00038	0,00036

Tabela 41 – Carga de DBO_{5,20} por UG para uso agrícola e poluição difusa
 Elaboração própria (2018)

2.1.2.4. Cargas totais

Da Figura 18 até a Figura 25 estão apresentados os gráficos com os valores de carga total de $DBO_{5,20}$ para cada UG e para cada um dos três cenários nos horizontes temporais do Plano. As cargas totais de DBO correspondem ao somatório das cargas provenientes de esgotamento sanitário, criação animal, uso agrícola e poluição difusa.

Com exceção da UG Cachoeiras, os maiores valores de carga são referentes ao cenário tendencial, seguido pelo cenário moderado e pelo cenário otimista, respectivamente. Na maioria das UGs, com exceção à UG Cachoeiras, a atividade que teve maior contribuição na carga total de $DBO_{5,20}$ foi a de esgotamento sanitário. Observa-se que a UG Cubatão apresenta a proporção de carga proveniente do esgotamento sanitário menos preponderante do que as demais UGs. Já em relação à carga de $DBO_{5,20}$ proveniente do uso agrícola e poluição difusa, observa-se um resultado menor, principalmente em decorrência da taxa de remoção de DBO atribuída. A UG Maruim respondeu pelo maior aumento de cargas (maior taxa de crescimento), enquanto que a UG Cachoeiras respondeu pelo menor aumento de cargas (menor taxa de crescimento).

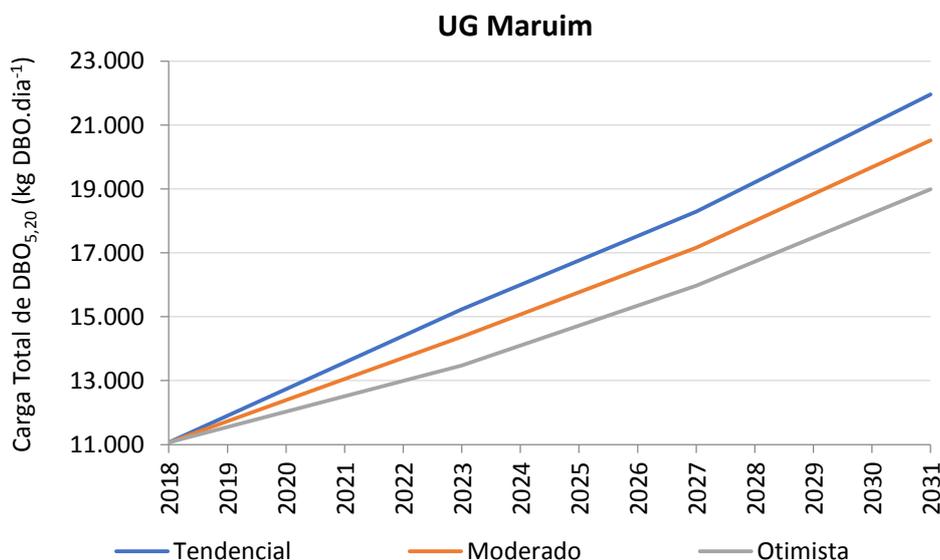


Figura 18 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Maruim para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados

Elaboração própria (2018)

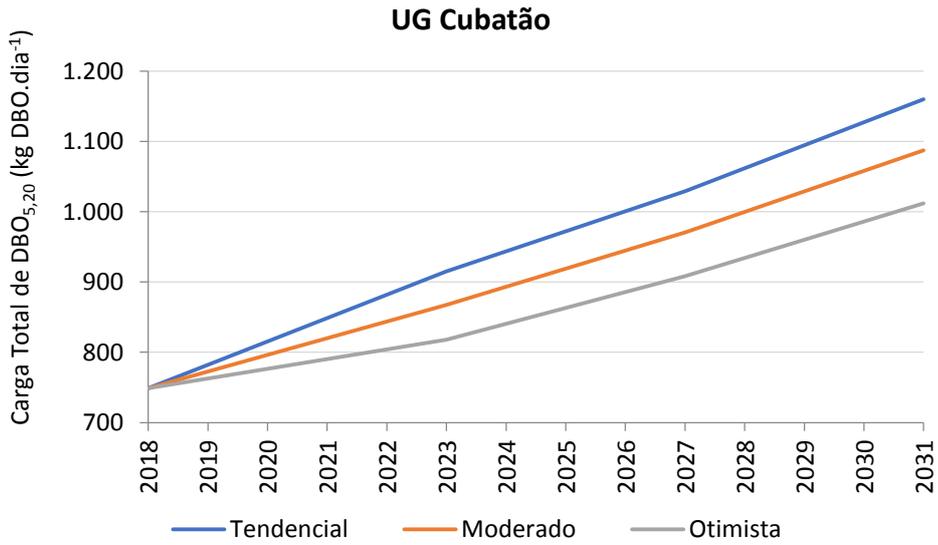


Figura 19 – Carga total de DBO_{5,20} na UG Cubatão para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

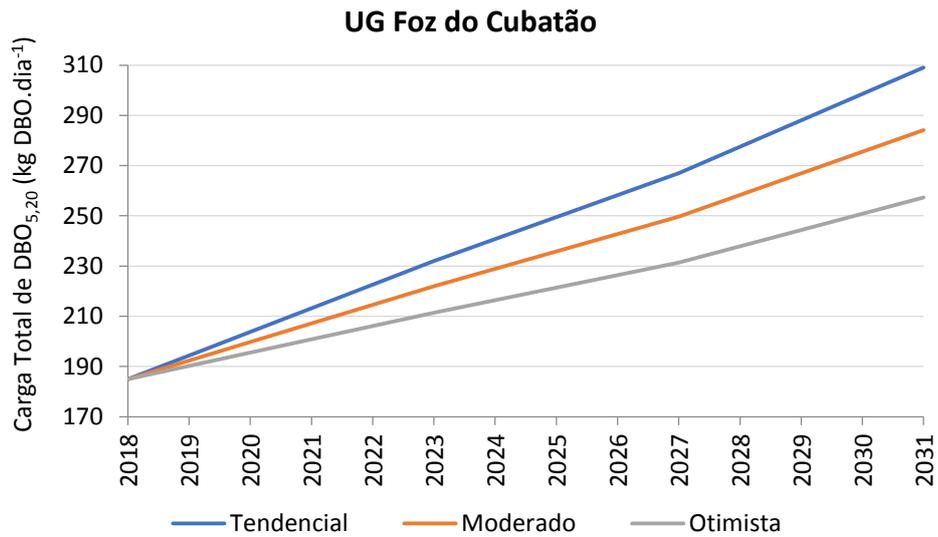


Figura 20 – Carga total de DBO_{5,20} na UG Foz do Cubatão para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

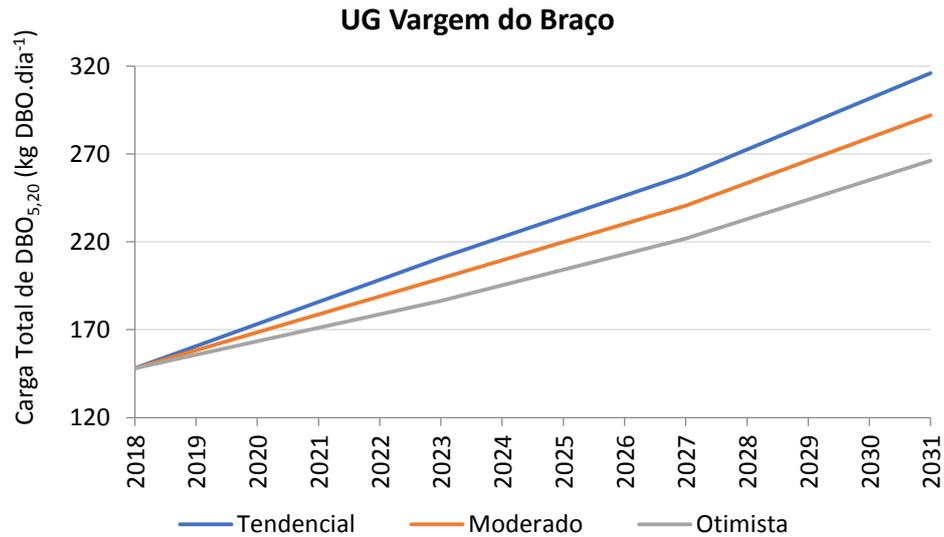


Figura 21 – Carga total de DBO_{5,20} na UG Vargem do Braço para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

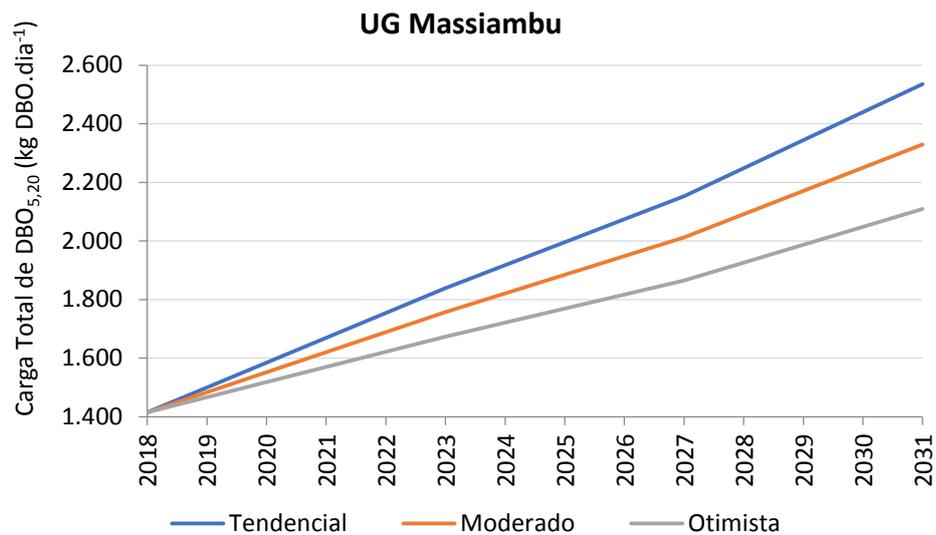


Figura 22 – Carga total de DBO_{5,20} na UG Massiambu para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

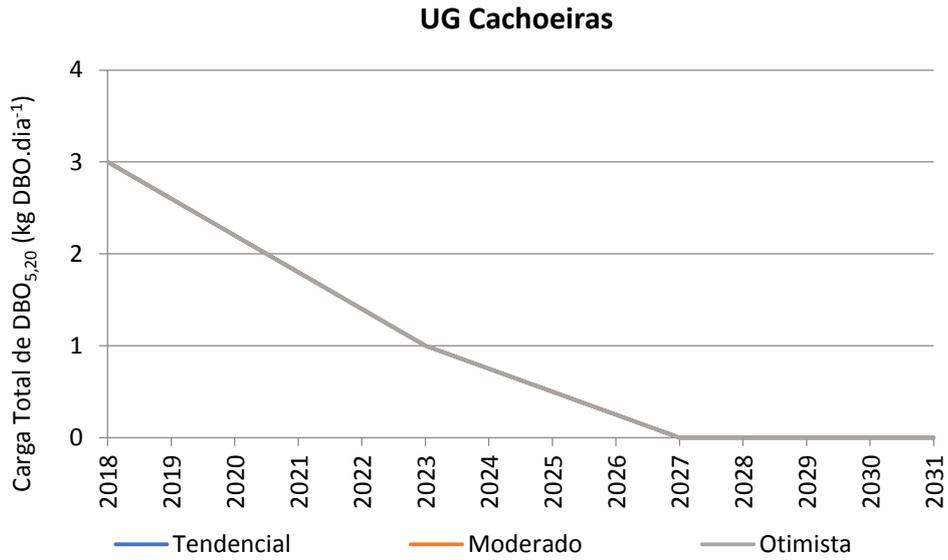


Figura 23 – Carga total de DBO_{5,20} na UG Cachoeiras para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

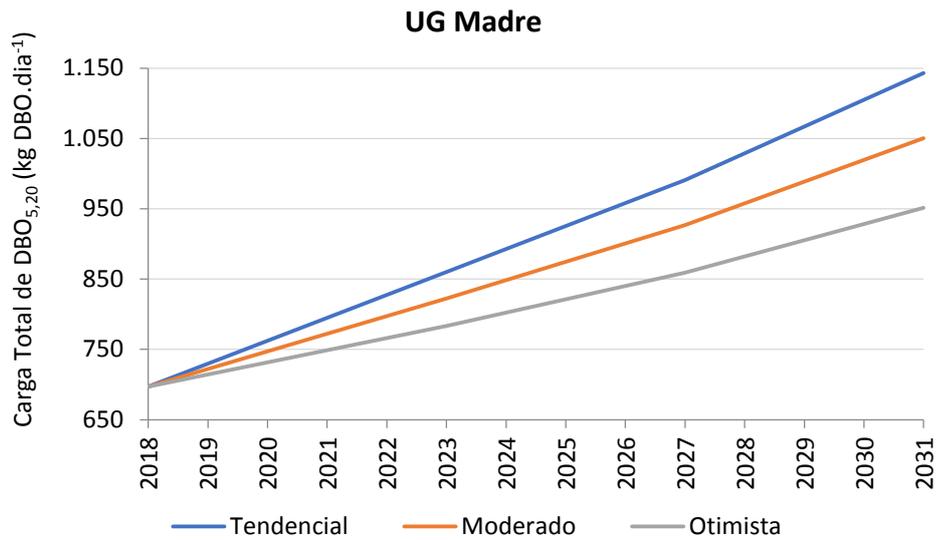


Figura 24 – Carga total de DBO_{5,20} na UG Madre para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

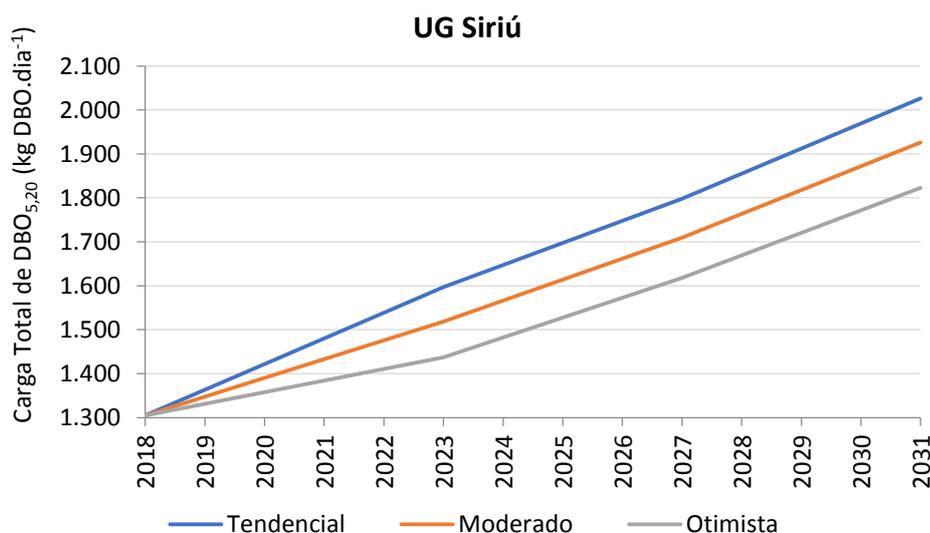


Figura 25 – Carga total de DBO_{5,20} na UG Siriú para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados
Elaboração própria (2018)

2.2. CARGA POLUIDORA EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

2.2.1. Cenário tendencial

A análise do cenário qualitativo das águas subterrâneas é apresentada a partir da estimativa da carga orgânica, expressa no parâmetro de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}). Para compor esta avaliação foram estimadas as cargas orgânicas provenientes do esgoto doméstico e as cargas orgânicas derivadas do esgoto animal.

2.2.1.1. Metodologia

A carga orgânica doméstica é estimada com base nas cargas orgânicas apresentadas no Atlas Esgotos – Despoluição de Bacias Hidrográficas, elaborado pela ANA (2017a). Para integrar a estimativa da carga doméstica, é contabilizada a parcela de carga proveniente de solução individual, referente à porcentagem de carga orgânica lançada em fossa séptica. Observa-se que os dados publicados no Atlas Esgotos (ANA, 2017a) são referentes ao ano de 2013. Dessa forma, utiliza-se coeficientes de projeção para obter os dados de carga orgânica para o cenário atual (2016).

A eficiência das fossas sépticas varia conforme os diferentes fatores de carga de entrada, de geometria e de condições de operação. Observa-se que, de acordo com a literatura, a eficiência de remoção de DBO_{5,20} em fossas sépticas é estimada no intervalo de 30% a 55% (CHERNICHARO, 2007). Para ponderar a parcela de carga orgânica lançada em água subterrânea, considera-se a eficiência do sistema de fossa séptica seguido de infiltração no solo, com 95% de remoção de DBO_{5,20}, mesma porcentagem de remoção aplicada para a utilização de efluentes de criação animal em fertirrigação (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005). Para lançamentos em solo (infiltração rápida), foi considerado uma remoção de DBO_{5,20} de 90% (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005).

A carga orgânica animal é estimada a partir do rebanho efetivo para o cenário atual. A produção de DBO_{5,20} por cabeça considera os mesmos valores utilizados para a estimativa de carga orgânica animal em recursos hídricos superficiais, porém desconsiderando o coeficiente de carga remanescente. Isso ocorre pois a depuração e utilização dos dejetos para fins de adubação no solo estima a infiltração desta carga diretamente no solo. Sendo assim, são contabilizados os seguintes valores:

- » 0,378 kg DBO/cabeça/dia para bovinos e bubalinos;
- » 0,230 kg DBO/cabeça/dia para equídeos;
- » 0,216 kg DBO/cabeça/dia para suínos;
- » 0,297 kg DBO/cabeça/dia;
- » 0,00927 kg DBO/cabeça/dia para aves.

Com base nas informações dos lançamentos declarados no Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos (BRASIL, [2016]), é determinada a porcentagem de 44% da carga orgânica que atinge as águas subterrâneas, sendo considerados, nesta parcela, os lançamentos em fossa ou sumidouro, solo e fertirrigação. A partir dos dados do cadastro, é calculada a eficiência média de remoção de DBO, conforme a porcentagem de cada tipo de lançamento.

2.2.1.2. Resultados

A seguir são apresentados os resultados para a estimativa de carga orgânica lançada em água subterrânea e por área de drenagem da bacia.

Cenário atual

A Tabela 42 apresenta as estimativas de carga orgânica doméstica e a animal lançadas em águas subterrâneas para o cenário atual.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/dia	kgDBO/dia/km ²	kgDBO/dia	kgDBO/dia/km ²	kgDBO/dia	kgDBO/dia/km ²
Maruim	541,57	1,91	231,00	0,814	772,58	2,72
Cubatão	27,48	0,05	375,19	0,723	402,67	0,78
Foz do Cubatão	7,06	0,42	8,76	0,516	15,83	0,93
Vargem do Braço	5,63	0,03	34,42	0,167	40,05	0,19
Massiambu	54,11	0,39	44,37	0,318	98,48	0,71
Cachoeiras	0,00	0,00	9,31	0,102	9,31	0,10
Madre	9,37	0,04	198,17	0,810	207,54	0,85
Siriú	21,43	0,25	85,28	1,011	106,72	1,27

Tabela 42 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário atual

Elaboração própria (2018)

A partir dos resultados é possível aferir que a UG Maruim apresenta a maior parcela de carga orgânica lançada em águas subterrâneas, especialmente devido à carga orgânica proveniente do esgoto doméstico, equivalente a 541,57 kg DBO/dia. A UG Maruim consiste na unidade com maior área urbanizada da bacia, abrangendo parcialmente os municípios de São José, Palhoça e a parte continental de Florianópolis. Observa-se que, de acordo com o

diagnóstico da bacia, a maior parte da população de São José dispõe de sistema de esgotamento sanitário individualizado (fossa séptica). Analogamente, no município de Palhoça, a maior parte da população, cerca de 90%, também dispõe de tratamento individualizado. Dessa forma, atribui-se a maior contribuição de carga orgânica da bacia às regiões mais urbanizadas, cuja alternativa de tratamento de efluentes consiste, predominantemente, em soluções individuais do tipo tanque séptico.

No que se refere ao lançamento de carga orgânica de esgoto animal, a UG Cubatão apresentou a maior parcela de lançamento em águas subterrâneas, 375,19 kg DBO/dia. Esta UG abrange o município de Águas Mornas e, parcialmente, os municípios de São Pedro de Alcântara e Santo Amaro da Imperatriz, caracterizados por terem uma representatividade no setor agropecuário da economia local. Ademais, conforme o mapeamento de uso e cobertura do solo, é possível identificar que esta UG apresenta uma área voltada à pastagem, caracterizada principalmente por uma pecuária extensiva.

A UG Cachoeiras é a unidade que apresentou a menor contribuição de carga orgânica, apenas 9,31 kg DBO/dia, o que representa uma carga/área de drenagem de 0,10 kg DBO/dia/km². Esta UG encontra-se quase integralmente inserida na área do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, caracterizando uma área que abrange um espaço contínuo de proteção da Mata Atlântica. Sendo assim, a carga produzida nesta UG é referente a uma pequena área de pastagem no município de Paulo Lopes.

Analisando-se o cenário geral de lançamento de carga orgânica na bacia, a carga proveniente de criação animal representa a maior parcela, cerca de 986,5 kg DBO/dia, considerando a contribuição de todas as UGs. A carga orgânica proveniente de esgoto doméstico representa uma contribuição de 666,65 kg DBO/dia. Observa-se também que as UGs que exibem as maiores parcelas de lançamento de carga orgânica (Maruim e Cubatão) compreendem as unidades que apresentam o maior número de pontos de captação subterrânea. Dessa forma, estas unidades compõem um cenário que caracteriza uma região de possível impacto na qualidade das águas subterrâneas, comprometendo a qualidade do abastecimento nesta área.

Adicionalmente, considerando a relação do lançamento de cargas totais por área de drenagem, as UGs Maruim (2,72 kg DBO/dia/km²) e Siriú (1,27 kg DBO/dia/km²) manifestam as maiores razões. Ressalta-se que estas UGs têm as maiores demandas hídricas subterrâneas voltadas ao abastecimento público da bacia. Os resultados apontam que essas áreas consistem em locais que necessitam de uma maior atenção quanto à qualidade das águas subterrâneas.

Cenário tendencial e horizonte de curto prazo

A Tabela 43 apresenta as estimativas de carga orgânica doméstica e carga orgânica animal lançadas em águas subterrâneas na bacia para a projeção do cenário de curto prazo.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	747,51	2,63	165,57	0,583	913,08	3,22
Cubatão	34,68	0,07	368,01	0,709	402,69	0,78
Foz do Cubatão	8,92	0,53	3,36	0,198	12,28	0,72
Vargem do Braço	8,22	0,04	32,85	0,159	41,07	0,20
Massiambu	70,65	0,51	23,52	0,169	94,17	0,67
Cachoeiras	0,00	0,00	2,71	0,030	2,71	0,03
Madre	12,31	0,05	63,32	0,259	75,63	0,31
Siriú	26,40	0,31	66,44	0,788	92,83	1,10

Tabela 43 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário de curto prazo – 2016-2023

Elaboração própria (2018)

Para a projeção de cenário de curto prazo, observa-se um aumento na produção da carga orgânica na UG Maruim, especialmente devido ao aumento da população e ao aumento de carga orgânica doméstica. Nas demais UGs, verifica-se uma redução ou até um aumento pouco significativo da carga orgânica lançada em águas subterrâneas, principalmente devido à redução da carga orgânica de efluente animal.

Analogamente ao cenário atual, as UGs que apresentam a maior carga orgânica total foram Maruim (913,08 kg DBO/dia) e Cubatão (402,69 kg DBO/dia), novamente expressando uma área de possível impacto à qualidade das águas subterrâneas. A UG Cubatão permanece exibindo a maior parcela de carga orgânica animal lançada em águas subterrâneas, com uma produção de carga orgânica animal de 368,01 kg DBO/dia. A UG Cachoeiras também permanece com a menor carga orgânica da bacia, indicando uma carga total de 2,71 kg DBO/dia e uma relação carga/área de drenagem de 0,03 kg DBO/dia/km².

Analisando-se a relação do lançamento de cargas totais por área de drenagem, a UG Maruim e a UG Siriú permanecem expressando as maiores razões, com 3,22 kg DBO/dia/km² e 1,10 kg DBO/dia/km², respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos da projeção do horizonte tendencial de curto prazo, a maior contribuição do lançamento de carga orgânica da bacia provém do esgoto doméstico, apresentando uma carga doméstica total de 908,69 kg DBO/dia. A bacia exibi uma carga orgânica animal total de 725,78 kg DBO/dia, representando uma redução geral na produção da carga animal.

Cenário tendencial e horizonte de médio prazo

A Tabela 44 apresenta as estimativas de carga orgânica doméstica e carga orgânica animal lançadas em águas subterrâneas na bacia para a projeção do cenário de médio prazo.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	898,50	3,16	133,15	0,469	1031,65	3,63
Cubatão	39,54	0,08	373,39	0,719	412,93	0,80
Foz do Cubatão	10,28	0,61	1,93	0,114	12,21	0,72
Vargem do Braço	10,17	0,05	28,87	0,140	39,04	0,19
Massiambu	82,87	0,59	13,85	0,099	96,72	0,69
Cachoeiras	0,00	0,00	1,61	0,018	1,61	0,02
Madre	14,31	0,06	38,76	0,159	53,07	0,22
Siriú	29,75	0,35	68,40	0,811	98,16	1,16

Tabela 44 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário de médio prazo – 2023-2027

Elaboração própria (2018)

Os resultados para o cenário de médio prazo, considerando todas as UGs, apontam um aumento na produção de carga orgânica proveniente do esgoto doméstico, apresentando uma carga doméstica total de 1.085,42 kg DBO/dia. Conjuntamente, em um cenário geral, observa-se uma redução da carga orgânica animal, exibindo uma contribuição total de 591,56 kg DBO/dia.

A UG Maruim permanece como a unidade que representa a maior contribuição de carga orgânica da bacia, com uma carga orgânica total de 1.031,65 kg DBO/dia, evidenciando um cenário mais crítico de risco de contaminação das águas subterrâneas. O aumento da carga orgânica lançada em águas subterrâneas na UG Maruim corresponde, principalmente, ao aumento da população em áreas urbanas, considerando a atual porcentagem da população que utiliza fossa séptica como alternativa de tratamento.

A UG Cubatão compreende a segunda unidade que produz a maior parcela de carga orgânica da bacia, com um total de 412,93 kg DBO/dia. Esta UG permanece com a maior parcela de produção de carga orgânica animal, com um total de 373,39 kg DBO/dia.

Adicionalmente, observa-se que as UGs Foz do Cubatão, Vargem do Braço, Cachoeiras e Madre apresentam uma redução das cargas orgânicas totais, devido, principalmente, à redução da carga orgânica animal. Analogamente aos cenários anteriores, a UG Cachoeiras permanece com a menor carga orgânica da bacia, retratando uma carga total de 1,61 kg DBO/dia e uma relação carga/área de drenagem de 0,02 kg DBO/dia/km².

Cenário tendencial e horizonte de longo prazo

A Tabela 45 apresenta as estimativas de carga orgânica doméstica e carga orgânica animal lançadas em águas subterrâneas na bacia para a projeção do cenário de longo prazo.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	1.079,86	3,80	107,01	0,38	1.186,87	4,18
Cubatão	45,02	0,09	379,06	0,73	424,08	0,82
Foz do Cubatão	11,91	0,70	1,11	0,07	13,02	0,77
Vargem do Braço	12,56	0,06	25,32	0,12	37,88	0,18
Massiambu	97,69	0,70	8,13	0,06	105,81	0,76
Cachoeiras	0,00	0,00	0,96	0,01	0,96	0,01
Madre	16,59	0,07	23,81	0,10	40,40	0,17
Siriú	33,55	0,40	70,71	0,84	104,26	1,24

Tabela 45 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário de longo prazo – 2027-2031

Elaboração própria (2018)

Em uma análise geral da bacia, no cenário de longo prazo, ocorre um aumento da carga orgânica doméstica, apresentando um lançamento de 1.297,18 kg DBO/dia. Os resultados indicam uma redução geral para o lançamento de carga orgânica animal, apontando um total de 616,11 kg DBO/dia.

De maneira semelhante aos resultados para os cenários anteriores, as UGs Maruim e Cubatão exibem as maiores cargas orgânicas, com um lançamento de 1.186,87 kg DBO/dia e 424,08 kg DBO/dia, respectivamente. Adicionalmente, as UGs Maruim e Siriú apresentam as maiores relações entre carga orgânica lançada e a área de drenagem, com lançamento de 4,18 kg DBO/dia/km² e 1,24 kg DBO/dia/km², respectivamente. O principal motivo dos elevados valores para a relação entre carga orgânica lançada e a área de drenagem é a alta densidade populacional destas regiões, que abrangem a área continental de Florianópolis e os municípios de São José, norte de Palhoça e Garopaba.

Observa-se também que as UGs Vargem do Braço, Cachoeiras e Madre apresentam reduções das cargas orgânicas totais, devido, principalmente, à redução da carga orgânica animal. Analogamente aos cenários anteriores, a UG Cachoeiras permanece com a menor carga orgânica da bacia, exibindo uma carga total de 0,96 kg DBO/dia e uma relação carga/área de drenagem de 0,01 kg DBO/dia/km².

2.2.2. Cenários alternativos

A metodologia utilizada para estimar as cargas poluidoras em águas subterrâneas para os cenários alternativos é a mesma utilizada para estimar as cargas no cenário tendencial, conforme apresentado no Capítulo 2.2.1.1.

O Capítulo 2.2.2.1 apresenta os resultados da estimativa de carga poluidora em águas subterrâneas para os cenários alternativos

2.2.2.1. Resultados

Os resultados da estimativa de carga poluidora são evidenciados nos Capítulos subsequentes por cenário e horizonte de projeto

Cenário otimista e horizonte de curto prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário otimista de curto prazo resultam em uma redução de 102,23 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e de 43,22 kg DBO/dia na carga orgânica animal. No total, os novos coeficientes causariam uma redução de 145,43 kg DBO/dia da carga orgânica da bacia, quando comparados ao cenário tendencial de curto prazo.

Quando comparados ao cenário atual, os novos coeficientes resultariam em um aumento de 139,79 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e em uma redução de 303,94 kg DBO/dia na carga orgânica animal. No total, os novos coeficientes para o cenário otimista provocariam uma redução de 164,15 kg DBO/dia da carga orgânica da bacia.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	661,08	2,33	155,97	0,55	817,05	2,88
Cubatão	30,78	0,06	346,68	0,67	377,45	0,73
Foz do Cubatão	8,12	0,48	3,16	0,19	11,29	0,67
Vargem do Braço	7,23	0,04	30,95	0,15	38,18	0,18
Massiambu	64,29	0,46	22,16	0,16	86,45	0,62
Cachoeiras	0,00	0,00	2,55	0,03	2,55	0,03
Madre	11,20	0,05	59,65	0,24	70,85	0,29
Siriú	23,76	0,28	61,46	0,73	85,21	1,01

Tabela 46 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário otimista de curto prazo – 2016-2023

Elaboração própria (2018)

Cenário otimista e horizonte de médio prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário otimista de médio prazo resultam em uma redução de 137,58 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e de 47,70 kg DBO/dia na carga orgânica animal, totalizando uma redução de 185,28 kg DBO/dia da carga orgânica da bacia, quando comparados ao cenário tendencial de médio prazo.

Quando comparados ao cenário otimista de curto prazo, haveria um aumento dos coeficientes estabelecidos, 141,38 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e uma redução de 70,30 kg DBO/dia na carga orgânica animal. No total, os novos coeficientes causariam um aumento de 71,08 kg DBO/dia da carga orgânica da bacia.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	784,59	2,76	123,68	0,436	908,26	3,20
Cubatão	34,65	0,07	346,82	0,668	381,47	0,73
Foz do Cubatão	8,91	0,52	1,79	0,105	10,70	0,63
Vargem do Braço	8,72	0,04	26,82	0,130	35,54	0,17
Massiambu	71,80	0,51	12,87	0,092	84,67	0,61
Cachoeiras	0,00	0,00	1,50	0,016	1,50	0,02
Madre	12,40	0,05	36,00	0,147	48,40	0,20
Siriú	26,78	0,32	62,79	0,744	89,57	1,06

Tabela 47 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário otimista de médio prazo – 2023-2027

Elaboração própria (2018)

Cenário otimista e horizonte de longo prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário otimista de longo prazo resultam em uma redução de 178,50 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e de 50,81 kg DBO/dia na carga orgânica animal, contabilizando uma redução de 229,30 kg DBO/dia da carga orgânica total na bacia quando comparados ao cenário tendencial de longo prazo.

Quando comparados ao cenário otimista de médio prazo, haveria um aumento dos coeficientes estabelecidos, 170,84 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e uma redução de 46,96 kg DBO/dia na carga orgânica animal. No total, os novos coeficientes causariam um aumento de 123,98 kg DBO/dia da carga orgânica da bacia.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	933,83	3,29	98,33	0,35	1032,15	3,64
Cubatão	39,07	0,08	348,30	0,67	387,37	0,75
Foz do Cubatão	9,92	0,58	1,02	0,06	10,93	0,64
Vargem do Braço	10,56	0,05	23,26	0,11	33,82	0,16
Massiambu	81,31	0,58	7,47	0,05	88,78	0,64
Cachoeiras	0,00	0,00	0,89	0,01	0,89	0,01
Madre	13,81	0,06	21,88	0,09	35,68	0,15
Siriú	30,19	0,36	64,16	0,76	94,35	1,12

Tabela 48 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário otimista de longo prazo – 2027-2031

Elaboração própria (2018)

Cenário moderado e horizonte de curto prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário moderado de curto prazo resultam em um aumento de 192,08 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e em uma redução de 282,07 kg DBO/dia na carga orgânica animal. No total, os novos coeficientes para o cenário moderado causariam uma redução de 89,99 kg DBO/dia da carga orgânica da bacia quando comparados ao cenário atual.

Quando comparados ao cenário tendencial de curto prazo, haveria uma redução dos coeficientes estabelecidos de 49,94 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e de 21,35 kg DBO/dia na carga orgânica animal. No total, os novos coeficientes causariam uma redução de 71,29 kg DBO/dia da carga orgânica da bacia.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	705,31	2,48	160,83	0,57	866,13	3,05
Cubatão	32,77	0,06	357,47	0,69	390,25	0,75
Foz do Cubatão	8,53	0,50	3,26	0,19	11,79	0,69
Vargem do Braço	7,74	0,04	31,91	0,15	39,65	0,19
Massiambu	67,53	0,48	22,85	0,16	90,38	0,65
Cachoeiras	0,00	0,00	2,63	0,03	2,63	0,03
Madre	11,76	0,05	61,50	0,25	73,27	0,30
Siriú	25,10	0,30	63,99	0,76	89,09	1,06

Tabela 49 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário moderado de curto prazo – 2016-2023

Elaboração própria (2018)

Cenário moderado e horizonte de médio prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário moderado de médio prazo resultam, quando comparados ao cenário moderado de curto prazo, em uma redução de 66,98 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e de 23,48 kg DBO/dia na carga orgânica animal. No total, os novos coeficientes ocasionariam uma redução de 90,46 kg DBO/dia da carga orgânica da bacia.

Quando comparados com o cenário tendencial de médio prazo, haveria um aumento dos coeficientes estabelecidos de 351,77 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e uma redução de 350,02 kg DBO/dia na carga orgânica animal, contabilizando um aumento de 1,75 kg DBO/dia da carga orgânica total na bacia.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	843,04	2,97	128,49	0,453	971,52	3,42
Cubatão	37,16	0,07	360,31	0,694	397,47	0,77
Foz do Cubatão	9,61	0,57	1,86	0,110	11,47	0,68
Vargem do Braço	9,47	0,05	27,86	0,135	37,33	0,18
Massiambu	77,49	0,56	13,37	0,096	90,86	0,65
Cachoeiras	0,00	0,00	1,55	0,017	1,55	0,02
Madre	13,38	0,05	37,40	0,153	50,78	0,21
Siriú	28,29	0,34	65,65	0,778	93,94	1,11

Tabela 50 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário moderado de médio prazo – 2023-2027

Elaboração própria (2018)

Cenário moderado e horizonte de longo prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário moderado de longo prazo resultam em um aumento de 192,07 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e em uma redução de 45,32 kg DBO/dia na carga orgânica animal, totalizando um aumento de 146,75 kg DBO/dia, quando comparados com o cenário alternativo de médio prazo.

Quando comparado com o cenário tendencial de longo prazo, haveria uma redução dos coeficientes estabelecidos de 86,66 kg DBO/dia na carga orgânica doméstica e de 24,94 kg DBO/dia na carga orgânica animal, totalizando uma redução de 111,60 kg DBO/dia da carga orgânica total na bacia.

UG	Carga doméstica		Carga animal		Carga total	
	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²	kgDBO/ dia	kgDBO/ dia/km ²
Maruim	1.008,91	3,55	102,75	0,36	1.111,65	3,92
Cubatão	42,13	0,08	363,96	0,70	406,08	0,78
Foz do Cubatão	10,95	0,65	1,06	0,06	12,01	0,71
Vargem do Braço	11,59	0,06	24,31	0,12	35,90	0,17
Massiambu	89,79	0,64	7,80	0,06	97,60	0,70
Cachoeiras	0,00	0,00	0,92	0,01	0,92	0,01
Madre	15,25	0,06	22,86	0,09	38,11	0,16
Siriú	31,90	0,38	67,50	0,80	99,41	1,18

Tabela 51 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário moderado de longo prazo – 2027-2031

Elaboração própria (2018)

3. Balanços hídricos

Nesta etapa foi realizado o balanço entre a disponibilidade e a demanda hídrica das bacias em questão, considerando as tendências de evolução da demanda para os três cenários e para os três horizontes temporais do Plano: 2023, 2027 e 2031.

A elaboração do balanço é importante para identificar áreas críticas com comprometimento qualiquantitativo dos recursos hídricos e conseqüentemente locais de potenciais conflitos entre os múltiplos usos das águas, locais estes onde será necessária uma intervenção e onde se deverá permitir ou restringir o uso da água com base na abundância ou escassez do recurso. Além disso, os resultados dos balanços servirão como base para a proposta de enquadramento dos corpos de água das bacias em estudo.

O Capítulo 3.1 apresenta os balanços hídricos realizados em corpos de água superficiais enquanto o Capítulo 3.2 apresenta os balanços hídricos realizados em corpos de água subterrâneos.

3.1. BALANÇOS HÍDRICOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

Serão realizados balanços quantitativos e qualiquantitativos das águas superficiais das bacias em estudo. O balanço hídrico quantitativo tem como propósito diagnosticar o uso quantitativo dos recursos hídricos. Seu objetivo é comparar as disponibilidades e as demandas de água. Os balanços qualiquantitativos, complementarmente, consideram de forma conjunta os aspectos de quantidade e de qualidade das águas das bacias em questão, em consonância com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433/97, e à Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), Lei nº 9.748/94, segundo o art. 1º da Lei Estadual nº 9.748, “[...] a) o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser integrado, descentralizado e participativo, sem dissociação dos aspectos de quantitativos e qualitativos [...]” (SANTA CATARINA, 1994, não paginado).

O Capítulo 3.1.1 apresenta a metodologia construída para a realização dos balanços hídricos em águas superficiais, o Capítulo 3.1.2 apresenta os resultados dos balanços quantitativos e qualiquantitativos e o Capítulo 3.1.3 as conclusões.

3.1.1. Metodologia

Atendendo ao estabelecido no Termo de Referência (TR), o balanço hídrico em águas superficiais será realizado utilizando o Sistema de Apoio à Decisão para o Planejamento (SADPLAN), da Diretoria de Recursos Hídricos da Secretária de Estado do Desenvolvimento Sustentável (DRHI/SDS). O SADPLAN é uma ferramenta que reúne informações acerca dos recursos hídricos superficiais do estado de Santa Catarina. A principal função do SADPLAN é calcular balanços hídricos que equacionem a diferença entre a disponibilidade e as demandas hídricas de cada trecho hídrico de uma bacia hidrográfica. O SADPLAN possibilita trabalhar com diferentes cenários de disponibilidade, demandas quantitativas e qualitativas, além de critérios de atendimento e outorga (SANTA CATARINA, 2018b).

A metodologia utilizada para realização dos balanços hídricos no SADPLAN compõe-se na estruturação e na organização dos dados de entrada no Sistema, como criação de cenários, hipóteses e critérios adotados nas simulações.

Os SubCapítulos 3.1.1.1 até o 3.1.1.8 estão estruturados sequencialmente, de acordo com as etapas realizadas para execução dos balanços e os grupos de dados gerados para entrada no SADPLAN.

3.1.1.1. Definição do nível zero de ottobacias

As ottobacias de nível zero são as bacias hidrográficas nas quais serão realizados os balanços hídricos no SADPLAN. É chamado de nível zero, pois corresponde a um conjunto de bacias hidrográficas com distintos níveis de classificação de Otto Pfafstetter (1989).

Para definição do nível zero foram realizadas agregações e desagregações das ottobacias da área de estudo até uma área delimitada de aproximadamente 20 km², conforme orientação da SDS. Foi levado em consideração o nível otto delimitado, os limites das UG, os cadastros de Usuários de Água, os exutórios das ottobacias e as interbacias federais da linha de costa, as quais são desconsideradas no SADPLAN para o cálculo do balanço hídrico.

A Figura 26 apresenta as ottobacias nível zero e as interbacias federais de linha de costa estabelecidas na área de abrangência do plano.

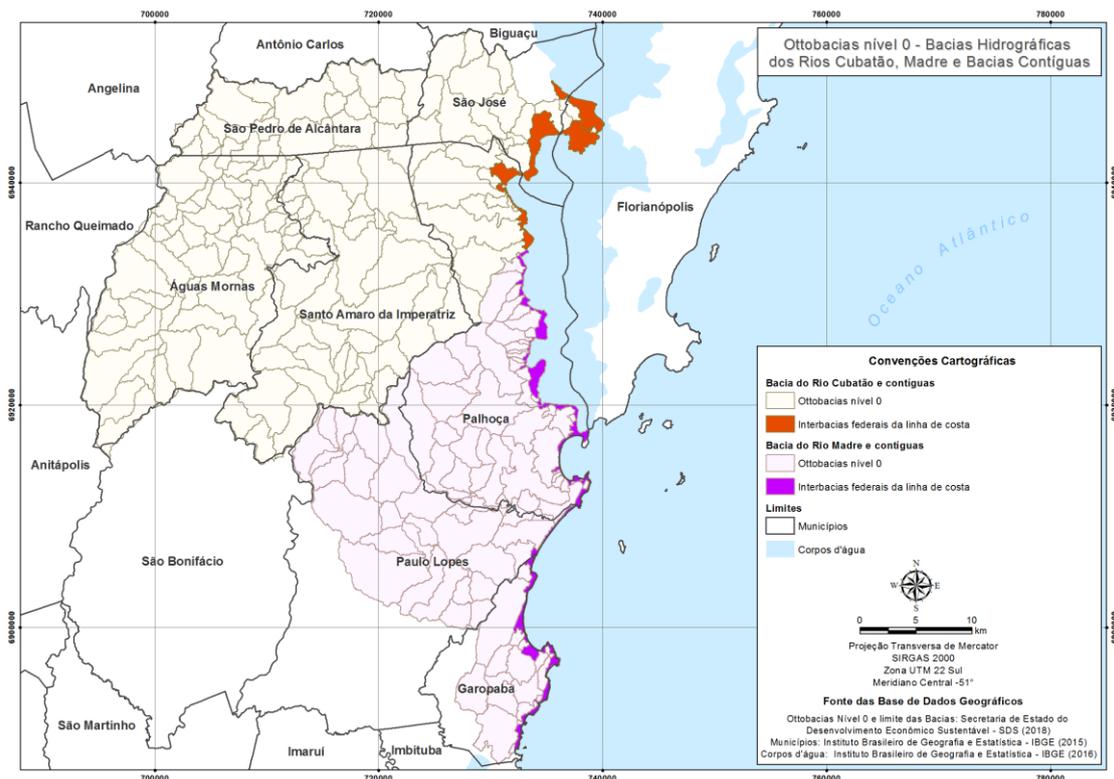


Figura 26 – Ottobacias nível zero e as interbacias federais de linha de costa estabelecidas para as Bacias dos Rios Cubatão e Bacias Contíguas e Madre e Bacias Contíguas

Elaboração própria (2018)

Para a Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão, Madre e Bacias Contíguas foram estabelecidas 302 ottobacias nível zero, das quais, 56 são interbacias federais de linha de costa.

3.1.1.2. Parâmetros de demanda hídrica

O SADPLAN utiliza os dados oriundos do Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH) para determinar as demandas de água consideradas no cálculo do balanço hídrico (SANTA CATARINA, 2018b). Foram consideradas somente as declarações de cadastro criadas e entregues até 25 de abril de 2018, nesta data foi realizado o primeiro balanço por meio do SADPLAN.

Nos balanços hídricos utilizou-se todos os cadastros com parecer Aprovado⁵, já os com parecer Não Avaliado foram considerados os que apresentavam uma vazão insignificante, inferior à $1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, enquanto os cadastros Reprovados não foram utilizados. Os cadastros não avaliados foram selecionados devido à importância de representar espacialmente os usuários de água na bacia, subsidiando posteriormente a análise de enquadramento dos corpos d'água.

3.1.1.3. Parâmetros de projeções estatísticas

As projeções estatísticas são aplicadas às demandas hídricas oriundas do CEURH para a realização de balanços hídricos considerando os horizontes futuros. Logo, para cada cadastro é atribuída uma taxa de crescimento em função do uso da água associado (SANTA CATARINA, 2018b).

Foram utilizadas as taxas de crescimento de demanda hídrica estimadas pela UFSC para o cenário tendencial (Capítulo 1.2.2) e os cenários alternativos (Capítulo 1.3.2). As taxas foram estimadas por Unidade de Gestão (UG), porém o SADPLAN trabalha com *input* no âmbito municipal ou bacia hidrográfica. Logo, para a atribuição da taxa mais adequada por município, levou-se em consideração a localização espacial do município dentro de cada UG e bacia hidrográfica.

3.1.1.4. Parâmetros de disponibilidade hídrica

Os Parâmetros de Disponibilidade Hídrica são utilizados pelo SADPLAN na definição dos dados de disponibilidade hídrica para o cálculo de um balanço hídrico. Nos parâmetros de disponibilidade hídrica são caracterizadas, dentre outros critérios, a vazão disponível para consumos e a ausência/existência de diferentes prioridades de atendimento aos setores usuários de recursos hídricos, definição de vazão ecológica (SANTA CATARINA, 2018b).

Foi criado um *input* de “Parâmetros de Disponibilidade Hídrica” para cada bacia e para cada vazão de referência. Quanto às simulações, adotou-se as seguintes vazões de referência: Q98, Q95, Q90 e QMLT. Foi considerado como vazões outorgáveis (disponível para o balanço) 50% da vazão de referência. Além disso, a vazão mínima é de 50% da vazão de referência em análise e a vazão ecológica, 100% da vazão Q7,10, em consonância com a Portaria nº 312/2016 da Fatma e com a Resolução CNRH nº 129/2011, a qual estabelece em seu art. 4º: “Cabe à autoridade outorgante estabelecer critérios específicos para a

⁵ Após o usuário de água realizar o cadastro, as informações são encaminhadas à SDS para validação técnica. Enquanto a SDS não avaliar o cadastro, o mesmo terá parecer Não Avaliado no sistema. Depois de avaliado pela SDS, o cadastro terá parecer Aprovado, isto quando todas as informações preenchidas pelo usuário forem julgadas consistentes pelo técnico da SDS. Caso alguma informação preenchida no cadastro esteja inconsistente ou incorreta o mesmo receberá parecer Reprovado.

determinação de vazões mínimas remanescentes, em articulação com os demais integrantes do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, quando couber.” (BRASIL, 2011b, não paginado).

De modo complementar, foi realizado o balanço de Diversas Garantias de Atendimento (DGA) com o objetivo de identificar qual é a vazão mínima necessária para que todas as demandas hídricas sejam atendidas. Para o Balanço DGA foi assumida a hipótese mais crítica quanto às demandas hídricas e mais conservadora quanto à disponibilidade hídrica dos cursos d'água. Foi estabelecida então uma garantia hídrica inicial de 98% de permanência no tempo (com valores menores de vazões disponíveis) e uma garantia hídrica de apenas 5% de permanência, com valores maiores de vazões disponíveis, porém com uma permanência mínima no tempo. A vazão mínima considerada no balanço DGA foi estabelecida em 50% da vazão de referência Q98.

Considerou-se as prioridades de atendimento de recursos hídricos, consoante à PERH, Lei nº 9.748/94, e à PNRH, Lei nº 9.433/97). As prioridades de atendimento estabelecidas para os balanços hídricos foram:

- » Abastecimento público: 1ª prioridade
- » Esgotamento sanitário 1ª prioridade
- » Aquicultura: 1ª prioridade
- » Criação animal: 1ª prioridade
- » Irrigação: 2ª prioridade
- » Indústria: 2ª prioridade
- » Mineração: 2ª prioridade
- » Termelétrica: 2ª prioridade
- » Hidrelétrica: 2ª prioridade.

O uso prioritário para criação animal é decorrente das características das bacias em estudo onde predominam pequenos e médios criadores, logo foi assumida a hipótese que para a atividade de criação animal a água seria utilizada majoritariamente para a dessedentação dos animais.

Foi estabelecida em 2 mg.L^{-1} a concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) dos corpos hídricos em condições naturais e das cabeceiras.

Disponibilidade Hídrica por ottobacia

As Disponibilidades Hídricas estão definidas no Relatório da Etapa C, por UG. As vazões de referência por ottobacia foram distribuídas proporcionalmente, por relação de área de drenagem, para cada uma das ottobacias.

Para cada UG gerou-se coeficientes de vazão (Tabela 52), que são as vazões de referência, divididos pela área da UG. Para cada ottobacia a determinação da vazão de referência em seu exutório foi calculada multiplicando-se as áreas de drenagem acumuladas das ottobacias pelo coeficiente de vazão correspondente. Dessa forma, dentro de cada UG, foi mantida uma vazão específica constante para cada vazão de referência estudada.

Vazão de Referência	Unidade de Gestão							
	UG Maruim	UG Cubatão	UG Foz do Cubatão	UG Vargem do Braço	UG Massiambu	UG Cachoeiras	UG Madre	UG Sirió
QMLT	0,0234	0,0259	0,0259	0,0259	0,0218	0,0236	0,0236	0,0216
Q5	0,0483	0,0533	0,0533	0,0533	0,0489	0,0529	0,0529	0,0483
Q10	0,0399	0,0440	0,0440	0,0440	0,0411	0,0444	0,0444	0,0405
Q15	0,0347	0,0383	0,0383	0,0383	0,0356	0,0385	0,0385	0,0352
Q20	0,0314	0,0347	0,0347	0,0347	0,0317	0,0342	0,0342	0,0313
Q25	0,0286	0,0316	0,0316	0,0316	0,0286	0,0309	0,0309	0,0283
Q30	0,0265	0,0292	0,0292	0,0292	0,0262	0,0283	0,0283	0,0259
Q35	0,0246	0,0272	0,0272	0,0272	0,0238	0,0257	0,0257	0,0235
Q40	0,0230	0,0254	0,0254	0,0254	0,0218	0,0236	0,0236	0,0216
Q45	0,0216	0,0238	0,0238	0,0238	0,0203	0,0220	0,0220	0,0201
Q50	0,0202	0,0223	0,0223	0,0223	0,0186	0,0201	0,0201	0,0183
Q55	0,0190	0,0210	0,0210	0,0210	0,0170	0,0184	0,0184	0,0168
Q60	0,0176	0,0194	0,0194	0,0194	0,0155	0,0168	0,0168	0,0153
Q65	0,0166	0,0184	0,0184	0,0184	0,0142	0,0153	0,0153	0,0140
Q70	0,0155	0,0171	0,0171	0,0171	0,0127	0,0137	0,0137	0,0125
Q75	0,0145	0,0160	0,0160	0,0160	0,0114	0,0123	0,0123	0,0112
Q80	0,0136	0,0150	0,0150	0,0150	0,0100	0,0109	0,0109	0,0099
Q85	0,0124	0,0137	0,0137	0,0137	0,0085	0,0092	0,0092	0,0084
Q90	0,0113	0,0124	0,0124	0,0124	0,0074	0,0080	0,0080	0,0073
Q95	0,0094	0,0104	0,0104	0,0104	0,0059	0,0064	0,0064	0,0058
Q98	0,0077	0,0085	0,0085	0,0085	0,0046	0,0050	0,0050	0,0045
Q100	0,0054	0,0060	0,0060	0,0060	0,0024	0,0026	0,0026	0,0024
Q7,10	0,0040	0,0045	0,0045	0,0045	0,0033	0,0037	0,0037	0,0033

Tabela 52 – Coeficientes de vazão utilizados (vazão específica de contribuição – $m^3/s/km^2$) para determinação das vazões nas ottobacias da área de estudo

Elaboração própria (2018)

3.1.1.5. Demandas hídricas e lançamento de poluentes complementares

Decorrente da baixa adimplência ao Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH), conforme diagnosticado no relatório da etapa B, entende-se que há necessidade de complementação das informações referentes às demandas hídricas e aos lançamentos de poluentes, isto para que o balanço executado pelo SADPLAN seja fidedigno aos cenários hídricos das bacias em estudo. Nesse sentido, o termo “complementares” refere-se aos *inputs* de dados no SADPLAN, complementares aos *inputs* provenientes do Sistema CEURH.

As demandas hídricas e lançamentos de poluentes complementares foram inseridas para cada uma das ottobacias nível zero, definidas anteriormente (Capítulo 3.1.1.1).

Demandas hídricas

A desagregação das Demandas Hídricas de UG para ottobacias foram realizadas em procedimento análogo a desagregação das demandas de nível municipal para nível de UGs (Capítulo 1.1.1.). No SADPLAN foram inseridas as demandas complementares por uso de água: (abastecimento rural, aquicultura, criação animal, irrigação, uso industrial e mineração). Isto, por horizonte do plano 2023, 2027 e 2031 e por cenário tendencial e alternativos. No que diz respeito aos usos de abastecimento urbano e flutuante, não foi realizada a distribuição das demandas complementares de retirada por ottobacias, decorrente da representatividade dos cadastros associados ao uso abastecimento público no Sistema CEURH. As demandas de retorno de água e cargas, esgotamento sanitário, foram consideradas. Assumiu-se a hipótese que as demandas hídricas de esgotamento sanitário são o somatório das vazões de retorno dos usos abastecimento urbano, rural e flutuante.

Utilizou-se os dados de demanda do mês considerado mais crítico, portanto com maior demanda hídrica. Nas bacias em estudo, o mês de dezembro apresenta a maior vazão total de retirada, somatório das vazões dos múltiplos usos, logo foi utilizado o mês de dezembro como referência.

Assumiu-se a hipótese de que a demanda de retirada é uma parcela da vazão de retirada proveniente dos corpos d'água superficiais. Deste modo, foi necessário realizar a desagregação da vazão total de retirada em vazão proveniente de corpos d'água superficial. A desagregação realizou-se a partir das informações obtidas no Sistema de Cadastro CEURH. Avaliou-se a proporção das vazões cadastradas, por bacia e por tipo de uso, em que a captação de água é feita por meio de corpos d'água superficiais e subterrâneos. Quanto aos corpos d'água subterrâneos, considerou-se os seguintes tipos de fontes de captação declarados pelo usuário: poço raso, poço profundo e barragem subterrânea. No que concerne aos corpos d'água superficial, foram considerados os demais tipos de fontes de captação disponíveis no Sistema de Cadastro CEURH.

Em consequência das diferentes classes de uso de água atribuídas no Sistema de Cadastro CEURH e calculadas por meio da demanda hídrica, assumiu-se as seguintes hipóteses:

- » A proporcionalidade da demanda hídrica superficial por tipo de uso na área de estudo é igual a média da proporcionalidade da demanda hídrica das bacias componentes da área de estudo. Exceções à regra, para os usos abastecimento público e uso industrial, foram atribuídos os coeficientes específicos das bacias na qual a UG está localizada, visto que há diferenças significativas na proporcionalidade de uma bacia para outra.

De modo conservador será adotado que todas as demandas complementares são significantes. Além disso, para as bacias em estudo, as vazões insignificantes representam um percentual alto das demandas complementares por trecho de rio. Assim, como não há ordem de prioridade para esses usos, ficam garantidos os usos insignificantes⁶, independentemente de serem usos prioritários ou não, restando pouca vazão outorgável no trecho hídrico em questão.

⁶ No SADPLAN os usos insignificantes de recursos hídricos, que em geral são para subsistência, não estão sujeitos à outorga, assim são extraídos da disponibilidade hídrica total na primeira etapa de cálculo do balanço hídrico, antes mesmo dos usos mais prioritários.

Lançamento de poluentes

Os lançamentos de poluentes complementares referem-se às concentrações de DBO_{5,20} lançadas diretamente nos corpos hídricos superficiais das bacias em estudo. Obtiveram-se as concentrações por meio da razão entre as cargas poluentes e as vazões de retorno (demandas hídricas de retorno de água). A metodologia de estimativa das cargas poluentes em águas superficiais é apresentada no Capítulo 2.1.1 e as vazões de retorno no Relatório da Etapa C. Além disso, calcularam-se os lançamentos de poluentes para os usos de criação animal e esgotamento sanitário.

A desagregação das cargas poluentes para as bacias realizou-se em procedimento análogo a desagregação das demandas de nível municipal para nível UGs (Capítulo 1.1.1).

3.1.1.6. Demandas fictícias

A demanda fictícia é uma demanda hídrica que não está declarada no Sistema de Cadastro CEURH. O SADPLAN utiliza as demandas fictícias para simular a existência de pontos de captação de água ou de lançamento de efluentes em trechos hídricos (SANTA CATARINA, 2018b).

Foram criadas demandas fictícias correspondentes aos pontos de captação de água para abastecimento público que não estão aprovados no Sistema de Cadastro CEURH. No que diz respeito à criação das demandas fictícias, utilizou-se as informações disponibilizadas nos questionários respondidos pelas companhias de saneamento, conforme apresentado no Relatório da Etapa C.

3.1.1.7. Execução dos balanços hídricos

Os balanços hídricos foram executados para o mês de dezembro, mês considerado mais crítico quanto à demanda hídrica e mês a partir do qual foram projetadas as demandas complementares. À vazão máxima considerada insignificante foi atribuído o valor de 1m³.h⁻¹.

Para os balanços qualitativos foi considerado o decaimento da concentração de DBO ao longo do trecho hídrico. No SADPLAN empregou-se as taxas de decaimento da DBO (Kd) pelo algoritmo de qualidade, conforme apresentado nas Equações (10) e (11).

$$\left(\frac{C}{C_0} \right) \quad [\text{dia}^{-1}] \quad (10)$$

$$[\text{dia}^{-1}] \quad (11)$$

No qual H é a profundidade (em metros) do corpo hídrico. A profundidade é obtida pelo SADPLAN por meio da equação de *Manning* (Equação (12)).

$$\left(\frac{Q}{B^2 S} \right) \quad (12)$$

Em que n é a rugosidade do leito do corpo hídrico (n = 0,035); Q é a vazão do corpo hídrico; B é a largura do corpo hídrico (obtido junto à cartografia da DRHI/SDS) e S é a declividade do corpo hídrico (obtido junto à cartografia da DRHI/SDS).

3.1.1.8. Apresentação dos resultados dos balanços

Os resultados dos balanços hídricos são representados no SADPLAN, apenas no trecho de curso d'água que representa o afluente principal da ottobacia em questão. Cabe destacar que apesar de estar representado pelo trecho principal, considera-se o resultado para todos os trechos hídricos da ottobacia nível zero em análise.

Os resultados do balanço hídrico quantitativo do SADPLAN serão apresentados na forma do Índice de Atendimento de Captação Total (IACT). O IACT é a fração de atendimento do conjunto de todas as demandas superficiais significativas de captação existentes em cada trecho de rio. É definido como a divisão entre a soma das captações de água atendidas (QAT) e a soma das captações solicitadas (QCAP) (SANTA CATARINA, 2018b). As classes e intervalo de valores atribuídos ao IACT foram análogas às estabelecidas no Plano de Recursos Hídricos Bacia do Rio das Antas, bacias contíguas e afluentes do Rio Peperi-Guaçu (SANTA CATARINA, 2018c), conforme orientação da SDS. A Tabela 53 apresenta as classes de valores atribuídas ao IACT. Os resultados de IACT com classe Adequado significa que todas as captações solicitadas foram atendidas ou que no trecho hídrico em questão não há captações solicitadas.

IACT (%)	Classe
0	Sem atendimento
1 – 49	Extremamente crítico
50 – 74	Crítico
75 – 99	Preocupante
100	Adequado

Tabela 53 – Classes de valores atribuídas ao IACT

Fonte: Santa Catarina (2018c).

Os resultados do balanço hídrico qualiquantitativo serão apresentados na forma de Índice de Atendimento de Diluição (IAD). O IAD (Equação (13)) reflete a relação entre a vazão de água necessária para diluir a DBO até o nível de concentração predefinido e a vazão remanescente para usos consuntivos após os balanços.

$$(13)$$

Onde QTIPLk é a vazão total indisponibilizada pelos lançamentos de DBO, desde o trecho extremo da montante até a extrema jusante do trecho “k” em análise; e QREMTk é a vazão remanescente total no trecho “k”.

Foi predefinido em 5 mg/L a concentração de DBO nos corpos hídricos da área de estudo. Tal valor corresponde à concentração limite para corpos hídricos Classe 2, consoante à Resolução Conama nº 357/2005 e consoante à Resolução do CERH nº 001/2008. Segundo o art. 42 da Resolução Conama nº 357/2005:

“Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.” (BRASIL, 2005b, não paginado).

Valores de IAD > 1 correspondem às ottobacias onde a qualidade das águas remanescentes está com concentração de DBO superior a 5 mg/L.

3.1.2. Resultados

O Capítulo 3.1.2.1 apresenta os resultados dos balanços quantitativos enquanto que o Capítulo 3.1.2.2 apresenta os resultados dos balanços qualiquantitativos. Os resultados são apresentados por cenário e para cada horizonte de projeto.

3.1.2.1. Balanços quantitativos

Cenário atual

Da Tabela 54 até a Tabela 57 são apresentados os resultados dos IACT por vazão de referência e UG das bacias em estudo. Avaliou-se a quantidade de ottobacias encontradas em cada classe de IACT estabelecidas.

De modo geral, a maioria dos trechos hídricos na área de estudo estão classificados como Adequado, o que representa um atendimento integral às captações demandadas nestes trechos. Sendo assim, os resultados indicam que a disponibilidade hídrica da grande maioria dos trechos atende aos usos consuntivos.

À medida que se torna a vazão de referência menos restritiva (menor tempo de permanência) maior é a disponibilidade hídrica, e, portanto, maior o número de trechos hídricos se enquadra como Adequado.

Considerando a vazão de referência mais restritiva (Q98), a área de estudo apresentou um atendimento Adequado em 92,28% dos trechos. Observa-se que as UGs Maruim, Foz do Cubatão e Cachoeiras apresentaram as melhores classificações do IACT. Conforme evidenciado nos resultados, estas UG estão classificadas com o IACT Adequado para a vazão de referência mais restritiva, Q98, cuja disponibilidade corresponde à atual vazão outorgável (50% da Q98). Já 7,72% dos trechos da área de estudo (19 ottobacias) não são atendidos pela vazão 50% da Q98. Destas, um apresentou classificação de atendimento Extremamente Crítico, oito apresentaram classificação Crítico e dez foram identificados como ottobacias em situação Preocupante.

No progresso da vazão de referência Q98 para Q95, 13 ottobacias mudaram de classe. Dessas, uma passou de Crítico para Preocupante na UG Cubatão. Oito passaram de Preocupante para Adequado, sendo uma na UG Vargem do Braço, uma na UG Massiambu, quatro na UG Madre e duas na UG Siriú. Ainda, quatro passaram de Crítico para Adequado, sendo uma na UG Massiambu, duas na UG Madre e uma na UG Siriú.

Avaliando-se a evolução dos resultados obtidos na alteração da vazão de referência de Q95 para Q90, identificou-se uma ottobacia que passou da situação de atendimento Crítico para Preocupante, na UG Vargem do Braço. Ainda considerando a vazão Q90, identificou-se que uma ottobacia passou da situação Preocupante para Adequado na UG Cubatão.

Ao passar da vazão Q90 para a vazão de referência QMLT, observou-se que todas as UGs possuíam ottobacias classificadas como Adequado, indicado um atendimento integral às vazões de captação demandadas, com exceção da UG Vargem do Braço. Nessa, uma passou de Preocupante para Adequado, uma de Crítico para Preocupante e uma de Extremamente Crítico para Preocupante.

Ottobacias por classe de IACT para Q98 e cenário atual

UG	Sem atendimento	Extremamente crítico	Crítico	Preocupante	Adequado
Maruim	0	0	0	0	35
Cubatão	0	0	1	0	78
Foz do Cubatão	0	0	0	0	1
Vargem do Braço	0	1	3	3	18
Massiambu	0	0	1	1	37
Cachoeiras	0	0	0	0	10
Madre	0	0	2	4	31
Siriú	0	0	1	2	17

Tabela 54 – Número de ottobacias por classe IACT e UG para a Q98 e cenário atual
Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IACT para Q95 e cenário atual

UG	Sem atendimento	Extremamente crítico	Crítico	Preocupante	Adequado
Maruim	0	0	0	0	35
Cubatão	0	0	0	1	78
Foz do Cubatão	0	0	0	0	1
Vargem do Braço	0	1	3	2	19
Massiambu	0	0	0	0	39
Cachoeiras	0	0	0	0	10
Madre	0	0	0	0	37
Siriú	0	0	0	0	20

Tabela 55 – Número de ottobacias por classe IACT e UG para a Q95 e cenário atual
Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IACT para Q90 e cenário atual

UG	Sem atendimento	Extremamente crítico	Crítico	Preocupante	Adequado
Maruim	0	0	0	0	35
Cubatão	0	0	0	0	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	1
Vargem do Braço	0	1	2	3	19
Massiambu	0	0	0	0	39
Cachoeiras	0	0	0	0	10
Madre	0	0	0	0	37
Siriú	0	0	0	0	20

Tabela 56 – Número de ottobacias por classe IACT e UG para a Q90 e cenário atual
Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IACT para QMLT e cenário atual

UG	Sem atendimento	Extremamente crítico	Crítico	Preocupante	Adequado
Maruim	0	0	0	0	35
Cubatão	0	0	0	0	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	1
Vargem do Braço	0	0	1	4	20
Massiambu	0	0	0	0	39
Cachoeiras	0	0	0	0	10
Madre	0	0	0	0	37
Siriú	0	0	0	0	20

Tabela 57 – Número de ottobacias por classe IACT e UG para a QMLT e cenário atual
Elaboração própria (2018)

A Figura 27 apresenta os resultados do IACT, por trecho hídrico, para a vazão de referência mais restritiva, Q98.

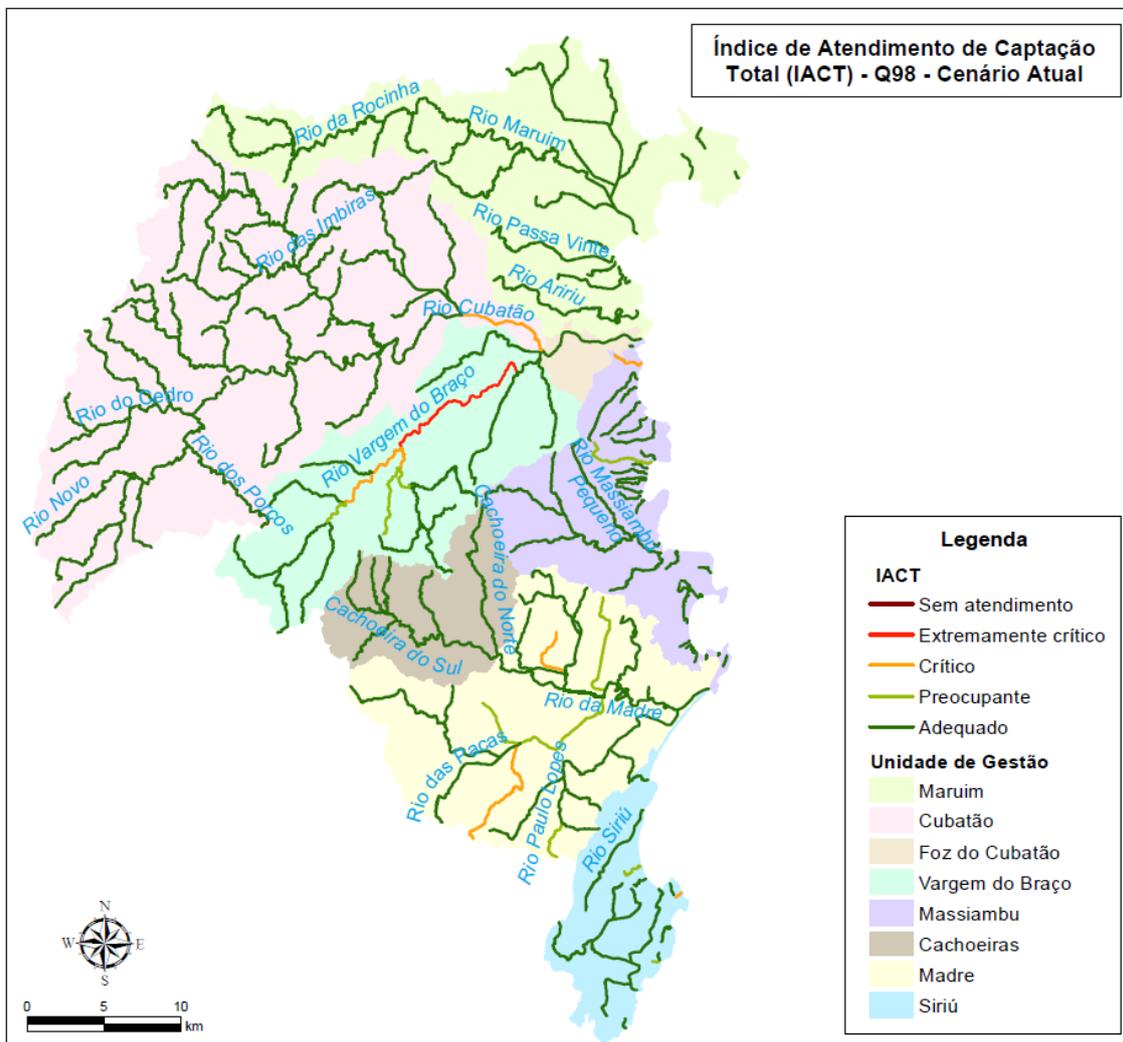


Figura 27 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário atual e para a vazão de referência Q98
Elaboração própria (2018)

Quanto à UG Vargem do Braço, identificou-se uma ottobacia cujo trecho foi classificado com IACT Extremamente Crítico e três ottobacias com trechos como Crítico. Para a vazão de longo termo, QMLT, vazão menos restritiva entre as selecionadas, a UG Vargem do Braço apresenta uma ottobacia, cujo trecho é classificado como Crítico e quatro ottobacias cuja classificação de atendimento é Preocupante.

Um dos trechos localizados na UG Vargem do Braço em situação de conflito hídrico apresentou um IACT Extremamente Crítico, como observado na Figura 27. Esse trecho consiste no ponto de captação de água bruta que faz parte do Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande Florianópolis (SIF). Conforme informações obtidas junto ao CEURH, a vazão de captação deste trecho é de 1.935 L/s. Nesse contexto, a disponibilidade hídrica do Rio Vargem do Braço, considerando 50% da Q98, não é suficiente para atender à demanda de captação.

Além disso, na Figura 27 observam-se três trechos que apresentaram a classificação de IACT Crítico, localizados na UG Vargem do Braço. Dois dos trechos críticos referem-se ao Rio Vargem do Braço, o terceiro corresponde a um afluente pela margem direita do Rio Vargem do

Braço, o Rio Vermelho. Esses trechos, apesar de críticos, não possuem vazões significativas de captação. A criticidade deles está associada ao trecho de jusante, onde ocorre a captação de água bruta do SIF. Este ponto, por ser uso prioritário de recursos hídricos, abastecimento público, está obrigando os trechos a montante a reservar água para o atendimento do trecho do SIF, tornando-os críticos. Assim, para a vazão de referência menos restritiva, QMLT, o trecho afluente ainda não é atendido.

A UG Cubatão também possui um trecho em situação crítica, no qual a vazão 0,5 Q98 não é suficiente para atender integralmente as captações requeridas. Nesse trecho há o ponto de captação de água bruta que faz parte do SIF e abastece a Grande Florianópolis. De acordo com dados do Sistema de Cadastro CEURH, a vazão de captação neste ponto é de aproximadamente 2.903 L/s, vazão esta superior à disponibilidade hídrica do trecho, considerando 50% da Q98. Essa vazão de demanda é completamente atendida em situações em que o balanço hídrico considera a Q90.

A UG Madre apresenta trechos em situação crítica na bacia. Em um dos trechos, afluente do Rio das Pacas, de acordo com dados do Sistema de Cadastro CEURH, ocorre as atividades de irrigação, criação animal e aquicultura com vazão de captação de 19 L/s. No segundo trecho, o menor, ainda de acordo com o CEURH, ocorre a atividade de mineração e captação de água bruta de 9 L/s. Ambas as vazões de captação são superiores à disponibilidade hídrica do trecho, considerando 50% da Q98. Essa vazão de demanda é completamente atendida em situações que o balanço hídrico considera a Q95.

Analisando-se o cenário de DGA, o qual simula o balanço hídrico considerando uma mínima vazão de referência, que deve existir para atender todos os trechos, constatou-se que, para atender o trecho classificado como Extremamente Crítico (Q98) para o Rio Vargem do Braço, demandaria uma vazão correspondente à Q65, ou seja, a vazão com uma permanência de 65% do tempo.

Cenário tendencial

Da Tabela 58 até a Tabela 60 são apresentados os números de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência no cenário tendencial para os anos 2023, 2027 e 2031, respectivamente. Já na Figura 28 até a Figura 30 são apresentados os resultados dos IACT para a vazão de referência Q98, para o cenário tendencial e por horizonte de projeto.

Análogo ao cenário atual, observa-se que as UGs Maruim, Foz do Cubatão e Cachoeiras possuem todos os seus trechos hídricos classificados como IACT Adequado para todos os horizontes de projeto e todas as vazões de referência. Já para as demais UGs, de modo geral, há alterações de classe de IACT dos trechos hídricos de uma vazão de referência para outra e de um horizonte de projeto para outro. As UGs Vargem do Braço, Madre e Siriú apresentam piora nas classes de IACT dos seus trechos hídricos, enquanto que a UG Massiambu apresenta melhora do cenário atual até o horizonte de 2023 e posteriormente uma piora nos demais horizontes. De acordo com a análise, entre as UGs, a UG Vargem do Braço apresenta a situação mais desfavorável. Isto é, apresenta o maior número de trechos nas classes: Extremamente Crítico, Crítico e Preocupante em todos os horizontes de projeto e para todas as vazões de referência.

Na UG Vargem do Braço, considerando o cenário atual e o horizonte de 2023, as vazões de referência Q98, Q95 e Q90 passam a ter um trecho a mais na classe Extremamente Crítico, enquanto a QMLT um trecho a menos. Na classe Crítico, as vazões de referência Q98, Q95 e QMLT passam a ter um trecho a mais, enquanto a Q90 permanece inalterada. Na classe Preocupante, a única mudança observada é o aumento de um trecho para a vazão de referência Q90. Por fim, para a classe Adequado não são observadas mudanças.

Entre os horizontes 2023-2027, cada vazão de referência entre a Q98 e a Q90 passa a ter um trecho hídrico a mais na classe Extremamente Crítico, enquanto a QMLT permanece a mesma. Na classe Crítico, Q98 mantém o mesmo número de trechos, enquanto a QMLT passa a não ter nenhum nessa classe. No cenário Preocupante, um trecho de rio deixa de pertencer à essa classe nas vazões de referência Q98 e QMLT, a Q95 passa a ter um trecho a mais e a Q90 se mantém igual. Finalmente, para o cenário Adequado, a vazão de referência passa a ter um trecho a mais.

Já em relação a evolução entre os cenários 2027-2031, a classe Extremamente Crítico passa a receber um trecho hídrico a mais para cada vazão de referência. Na classe Crítico, o número de trechos se mantém na vazão Q95, enquanto diminui nas demais. Em Preocupante um trecho deixa de fazer parte da classe para Q95, enquanto um trecho passa a ser parte da classe para QMLT, nas demais vazões o número de trechos segue o mesmo. Na classe Adequado as vazões Q90 e QMLT passam a ter um trecho a mais, enquanto as demais permanecem sem alterações.

Na UG Massiambu, entre o cenário atual e o horizonte 2023, um trecho hídrico deixa de ser classificado como Crítico e um como Preocupante para a vazão de referência mais restritiva, Q98. Ambos passam a ser classificados como Adequado. A melhoria na condição se justifica pela demanda preponderante de água nestes trechos estar relacionada ao uso industrial. A taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica de uso industrial estimada para a UG Massiambu para o cenário tendencial e horizonte 2023 é negativa (Capítulo 1.2.2). Portanto espera-se uma redução na demanda de água para estes trechos até 2023 e consequentemente redução da criticidade quantitativa

Na UG Madre, entre o cenário atual e o horizonte de 2023, três trechos deixam de ser classificados como Preocupante e passam a ser classificados como Crítico para a vazão de referência Q98. Entre os horizontes 2023-2027, dois trechos passam a ser classificados como Extremamente Crítico, enquanto dois deixam de ser classificados como Crítico para a vazão de referência Q98. As classes Preocupante e Adequado permanecem iguais. Entre os horizontes 2027-2031, dois trechos passam a ser considerados Extremamente Crítico, um deixa de ser Crítico e um trecho deixa de ser Preocupante para a vazão de referência Q98. Dois passam a ser considerados Preocupante para Q95, enquanto dois deixam de ser considerados Adequado para Q95.

Na UG Siriú, entre os horizontes 2018-2023, um trecho de rio, atualmente Crítico, passa a ser classificado como Extremamente Crítico, enquanto um trecho Preocupante passa a ser classificado como Crítico, ambos para a vazão de referência Q98. Para a classe Preocupante, dois trechos passam a fazer parte dessa classe para Q98 e um para Q95. Já na classe Adequado, dois trechos deixam de fazer parte dessa classe considerando-se Q98 e um considerando-se Q95. Entre os horizontes 2023-2027, um trecho de rio passa a ser considerado Extremamente Crítico e um passa a ser Crítico para a vazão de referência Q98. Ainda para Q98, um trecho deixa de ser considerado Preocupante e um Adequado. O comportamento para as outras vazões de

referência e outras classes não se altera. Já para o horizonte entre 2027-2031 dois trechos passaram a ser classificados no cenário Crítico, para as vazões de referência Q98 e Q95, respectivamente. Para a vazão de referência Q98, um trecho deixou considerado como Preocupante, enquanto os demais permaneceram inalterados. Na classe Adequado, a vazão de referência Q95 passa a ter um trecho a menos, enquanto as demais permanecem sem alterações.

À medida que progredimos para horizontes de médio e longo prazo, observa-se, de modo geral, um aumento da criticidade dos trechos hídricos em cada UG. Isso ocorre devido as tendências de crescimento esperadas para o cenário tendencial, conforme apresentado no Capítulo 1.2.2. Conforme as premissas e hipóteses assumidas, espera-se um aumento significativo na demanda hídrica da maioria dos usos d'água para os horizontes futuros do cenário tendencial. Com base neste aumento esperado das demandas hídricas e mantendo a disponibilidade hídrica atual, entende-se, portanto, o aumento desta criticidade.

Analisando-se o cenário de DGA, que simula o balanço hídrico considerando a mínima vazão de referência necessária para atender todos os trechos, constatou-se que para atender todas as demandas da bacia, é requerida uma vazão correspondente à Q65, ou seja, a vazão com permanência de 65% do tempo.

Ottobacias por classe de IACT para 2023 no cenário tendencial

UG	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	2	2	2	1	2	2	2	0	3	2	2	4	18	19	19	20
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	31	37	37	37
Siriú	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	15	19	20	20

Tabela 58 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2023 no cenário tendencial

Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IACT para 2027 no cenário tendencial

UG	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	3	3	3	1	2	1	1	1	2	3	2	3	18	18	19	20
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	31	37	37	37
Siriú	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	14	19	20	20

Tabela 59 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2027 no cenário tendencial

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias por classe de IACT para 2031 no cenário tendencial																			
	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	4	4	4	2	1	1	0	0	2	2	3	4	18	18	18	19
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	38	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	31	35	37	37
Siriú	0	0	0	0	2	0	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0	14	18	20	20

Tabela 60 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2031 no cenário tendencial

Elaboração própria (2018)

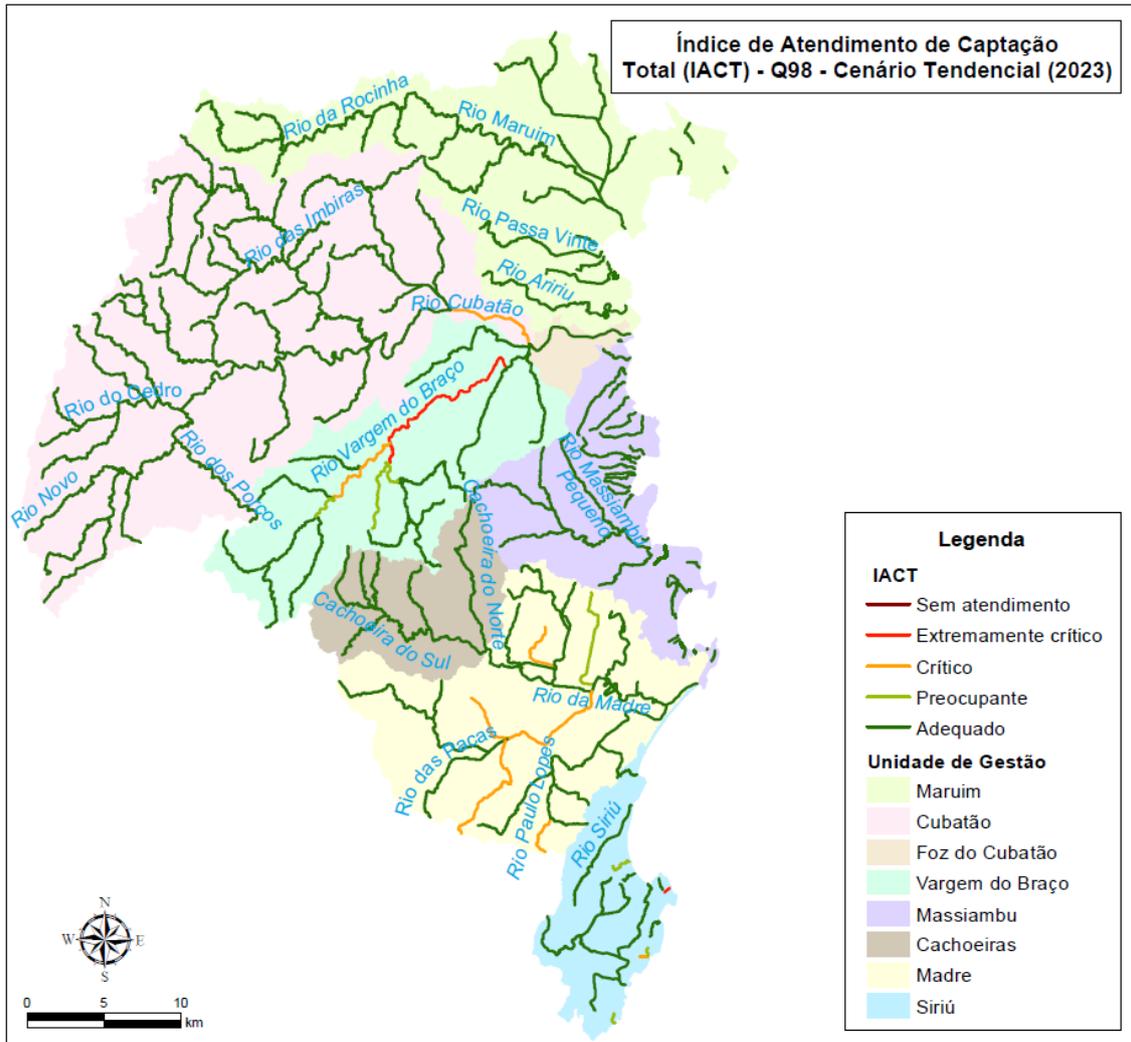


Figura 28 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário tendencial, no horizonte 2023 e para a vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

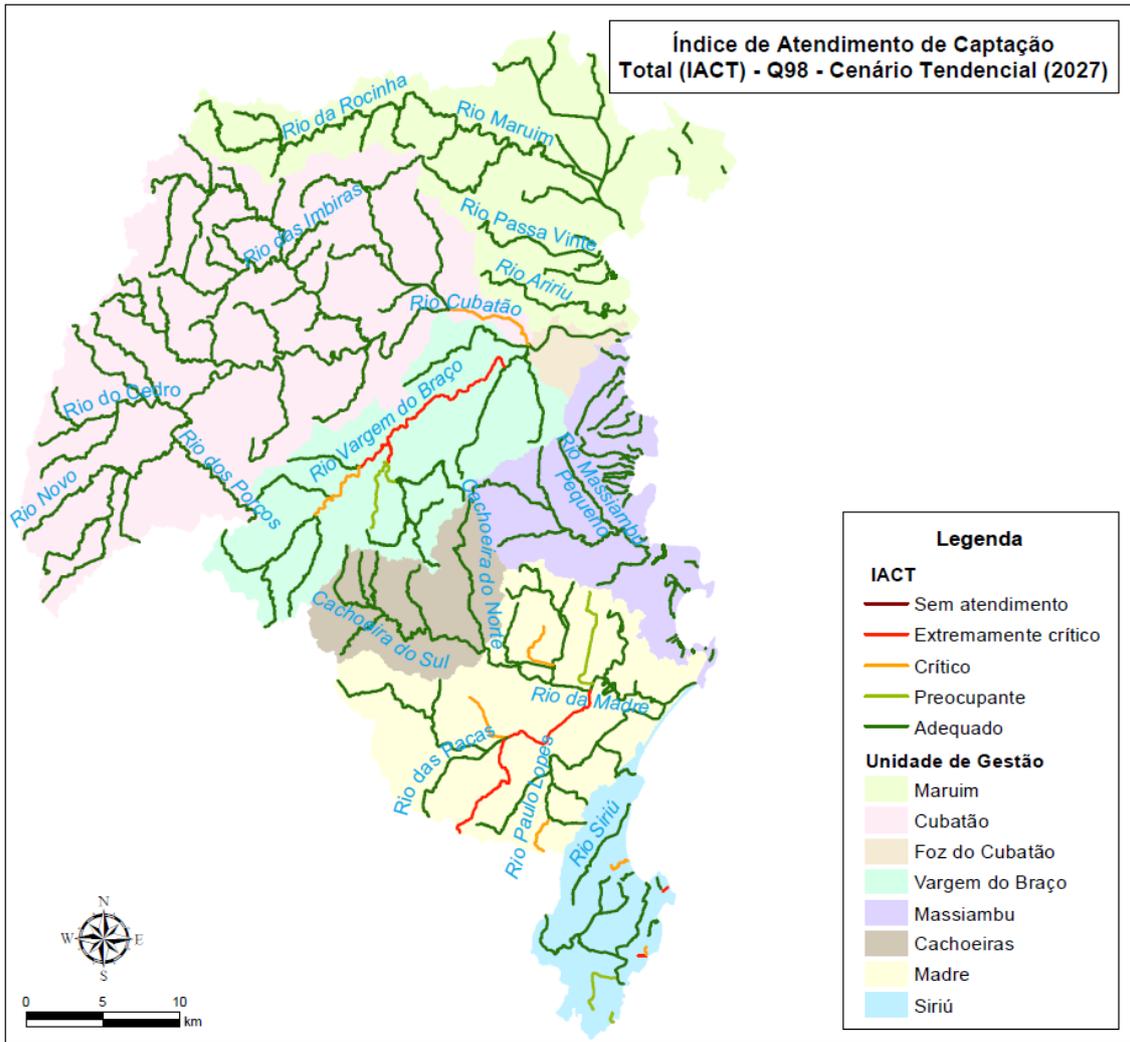


Figura 29 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário tendencial, no horizonte 2027 e para a vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

Na UG Massiambu, para o horizonte de 2031 e considerando a vazão de referência mais restritiva, Q98, é observada uma melhora, em comparação com o cenário tendencial. Além disso, em comparação com o cenário tendencial, um trecho hídrico passa de Preocupante para Adequado.

Quanto à UG Madre, comparando-se com o cenário tendencial para o horizonte de 2027, há uma melhora de classificação de dois trechos dos rios para a vazão de referência Q98. Os dois trechos alteram a classificação IACT de Extremamente Crítico para Crítico. Já em 2031, em comparação com o cenário tendencial quatro trechos deixam de ser classificados como Extremamente Crítico, dos quais três passam a ser classificados como Crítico e um como Preocupante. Já para a vazão de referência Q95, dois trechos passam da classificação Preocupante para Adequado.

Com relação à UG Siriú, em comparação com o cenário tendencial, para o horizonte de 2027 e considerando a vazão de referência Q98, há melhora na classe de IACT de um trecho hídrico. O trecho, no cenário tendencial, estava classificado como Extremamente Crítico e passa a ser classificado como Crítico no cenário moderado.

A respeito do cenário DGA, análogo ao cenário tendencial, constatou-se que, para atender todas as demandas hídricas da bacia, é requerida uma vazão correspondente à Q65, isto é, a vazão com permanência de 65% do tempo.

Ottobacias por classe de IACT para 2023 no cenário moderado

UG	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	2	2	2	1	2	2	2	0	3	2	2	4	18	19	19	20
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	31	37	37	37
Siriú	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	15	19	20	20

Tabela 61 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2023 no cenário moderado

Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IACT para 2027 no cenário moderado

UG	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	3	3	3	1	2	1	1	1	2	3	2	3	18	18	19	20
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	31	37	37	37
Siriú	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	2	1	0	0	14	19	20	20

Tabela 62 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2027 no cenário moderado

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias por classe de IACT para 2031 no cenário moderado																			
	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	4	4	4	2	1	1	0	0	2	2	3	4	18	18	18	19
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	31	37	37	37
Siriú	0	0	0	0	2	0	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0	14	18	20	20

Tabela 63 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2031 no cenário moderado

Elaboração própria (2018)

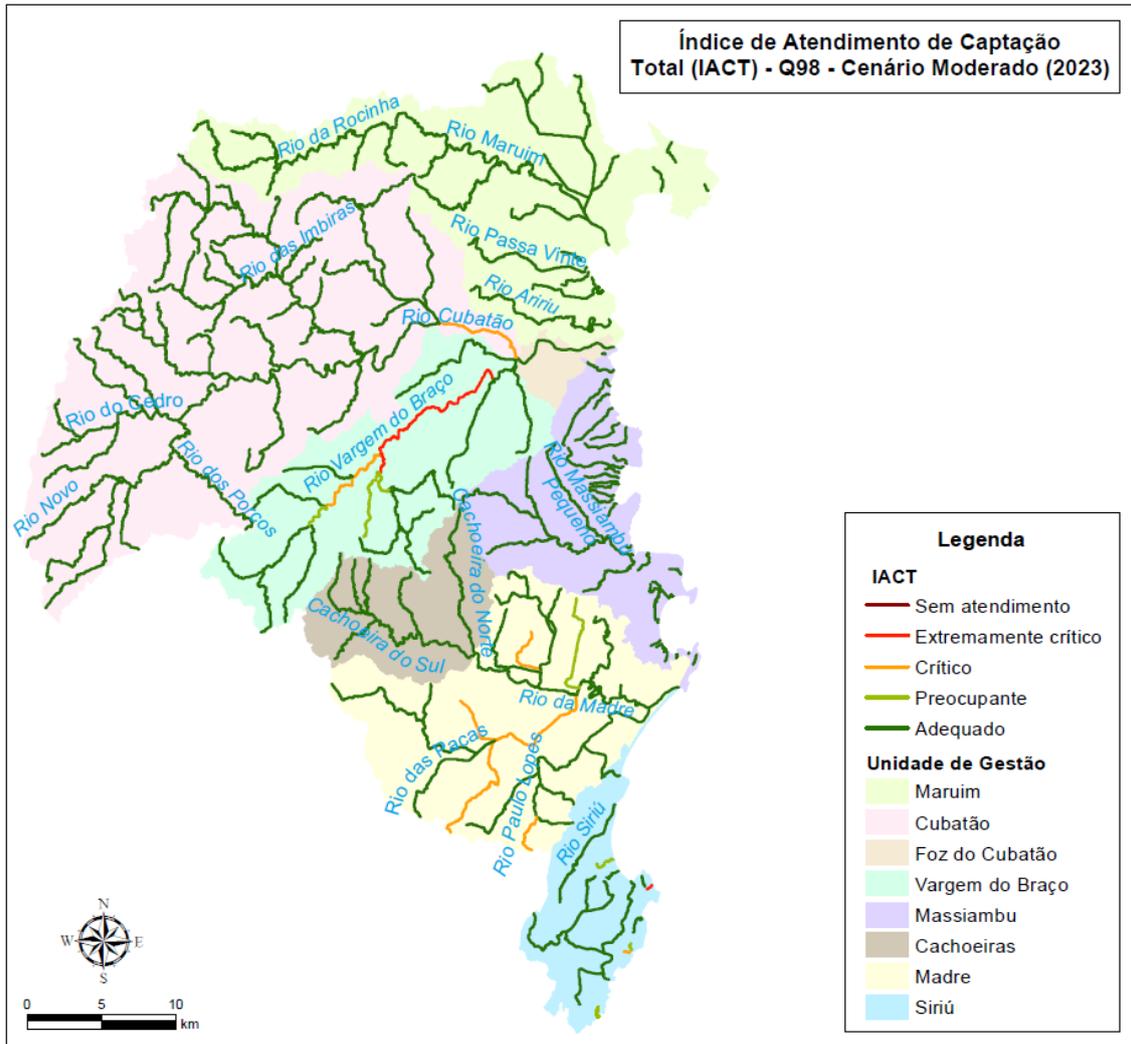


Figura 31 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário moderado, no horizonte 2023 e para a vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

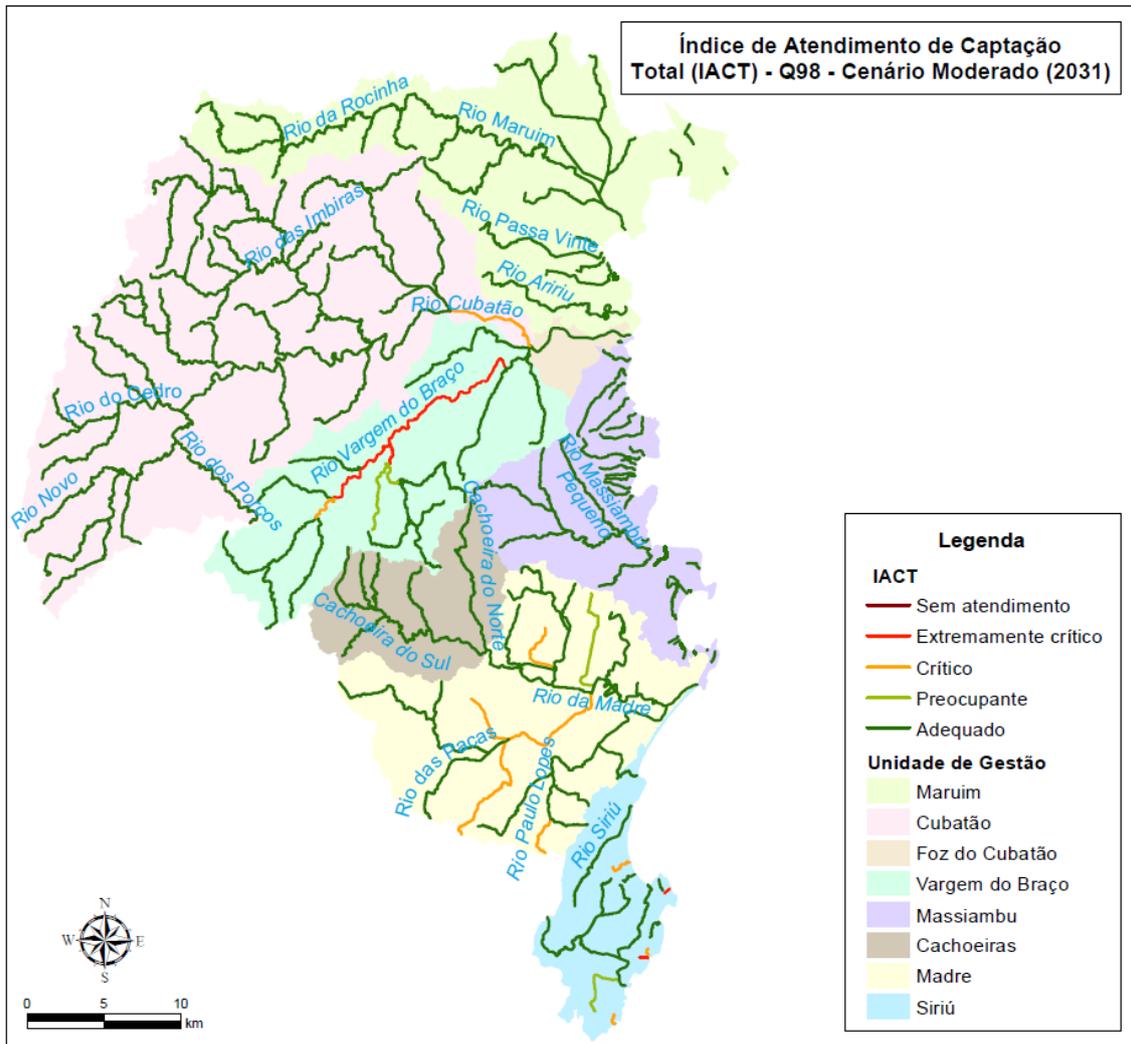


Figura 33 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário moderado, no horizonte 2031 e para a vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

Cenário otimista

Na Tabela 64, na Tabela 65 e na Tabela 66 são apresentadas a quantidade de ottobacias por classe IACT, a Unidade de Gestão (UG) e a vazão de referência do cenário otimista para os anos 2023, 2027 e 2031, respectivamente. Na Figura 34, na Figura 35 e na Figura 36 são apresentados os resultados do IACT do cenário otimista para a vazão de referência mais restritiva (Q98) e por trecho hídrico das UGs.

Ao comparar os resultados do cenário otimista aos resultados dos cenários tendencial e moderado, observa-se que nas UGs Massiambu, Madre e Siriú foram verificadas alterações nas classes IACT dos trechos hídricos. De modo geral, as mudanças foram positivas, ou seja, apontaram melhoras. De acordo com os resultados dos balanços hídricos realizados, os usos preponderantes nestas UGs, além dos abastecimentos, são o uso industrial e a irrigação. As alterações de classes IACT são influenciadas pelas demandas hídricas de tais usos. Quando se compara as perdas de água do cenário otimista, percebe-se que há uma redução em todos os horizontes do projeto em comparação aos cenários tendencial e moderado, aumentando, portanto, a disponibilidade hídrica dos trechos deste cenário. Ao reduzir tais perdas, o balanço quantitativo torna-se mais favorável e, conseqüentemente, a classe IACT passa a ficar mais próxima de Adequado.

Na UG Massiambu, apenas para o horizonte 2031, observa-se uma melhora ao comparar o cenário otimista ao cenário tendencial, um trecho hídrico passa de Preocupante para Adequado.

Na UG Madre, para a vazão de referência Q98 e para o horizonte de 2023, verifica-se que uma ottobacia passa de Crítico para Preocupante quando comparado o cenário otimista aos cenários tendencial e moderado. Para o horizonte de 2027, ao comparar o cenário otimista ao tendencial, observa-se que duas ottobacias passam de Extremamente Crítico para Crítico. Em 2031 identifica-se uma melhora ao comparar o cenário otimista com o cenário tendencial, pois quatro trechos hídricos passam de Extremamente crítico para Crítico, e outro trecho hídrico passa de Crítico para Preocupante.

Para o horizonte de 2027, e vazão de referência Q98, a UG Siriú apresenta duas ottobacias que passam de Crítico para Preocupante e uma que passa de Preocupante para Adequado. Já em 2031, quando comparado o cenário otimista aos cenários tendencial e moderado, a UG Siriú apresenta um trecho hídrico que passa de Crítico para Preocupante.

Analisando-se o cenário DGA, análogo ao cenário moderado e tendencial, constatou-se que, para atender a todas as demandas da bacia, é requerida uma vazão correspondente à Q65, ou seja, à vazão com permanência de 65% do tempo.

Ottobacias por classe de IACT para 2023 no cenário otimista

UG	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	2	2	2	1	2	2	1	0	3	2	3	4	18	19	19	20
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	31	37	37	37
Siriú	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	15	19	20	20

Tabela 64 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2023 no cenário otimista

Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IACT para 2027 no cenário otimista

UG	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	3	3	3	1	2	1	1	1	2	3	2	3	18	18	19	20
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	31	37	37	37
Siriú	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	15	19	20	20

Tabela 65 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2027 no cenário otimista

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias por classe de IACT para 2031 no cenário otimista																			
	Sem atendimento				Extremamente crítico				Crítico				Preocupante				Adequado			
	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	35	35	35
Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	78	78	79	79
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Vargem do Braço	0	0	0	0	4	4	4	2	1	0	0	0	2	3	3	3	18	18	18	20
Massiambu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Madre	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	31	37	37	37
Siriú	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	14	19	20	20

Tabela 66 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2031 no cenário otimista

Elaboração própria (2018)

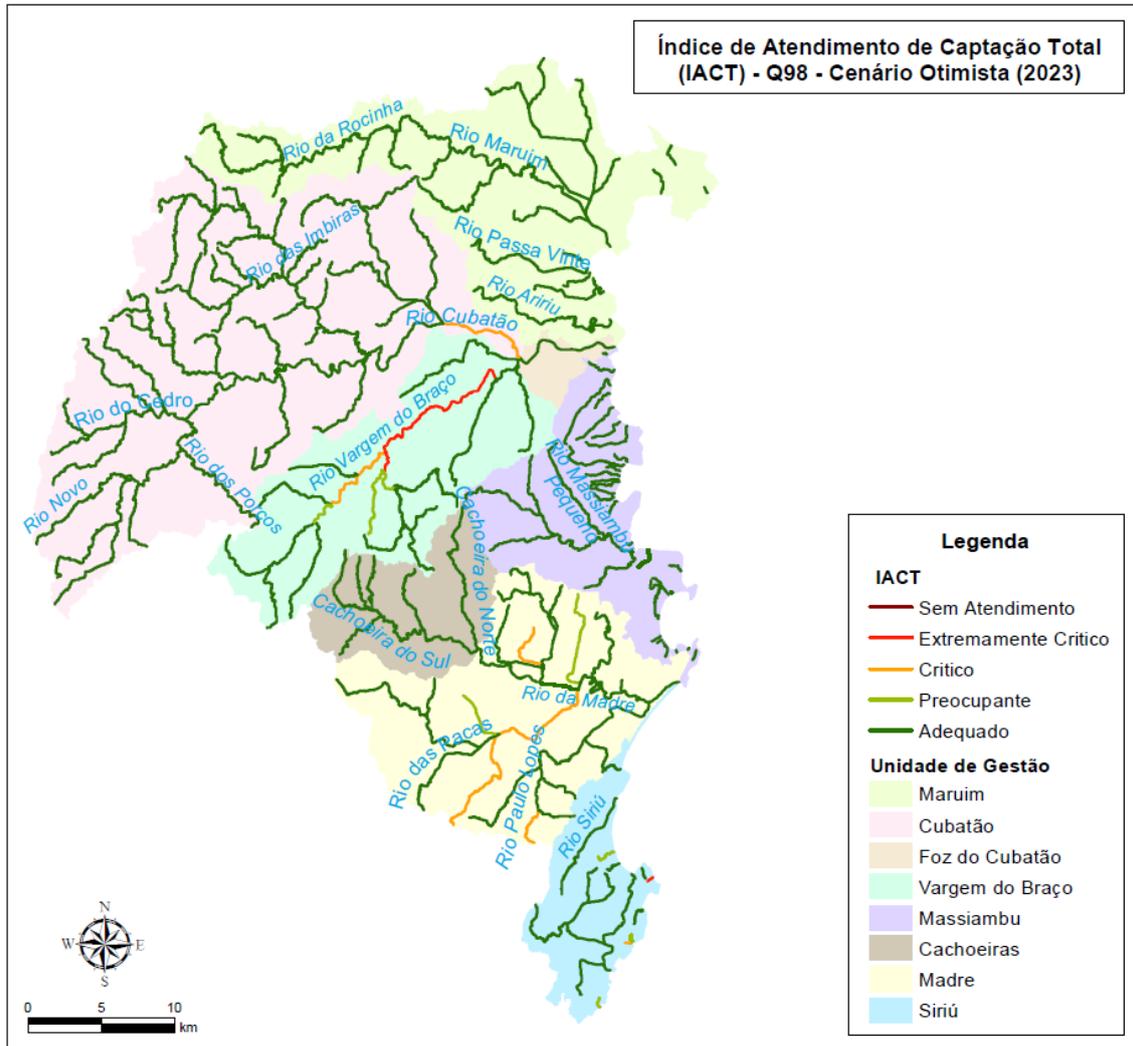


Figura 34 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário otimista, no horizonte 2023 e para a vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

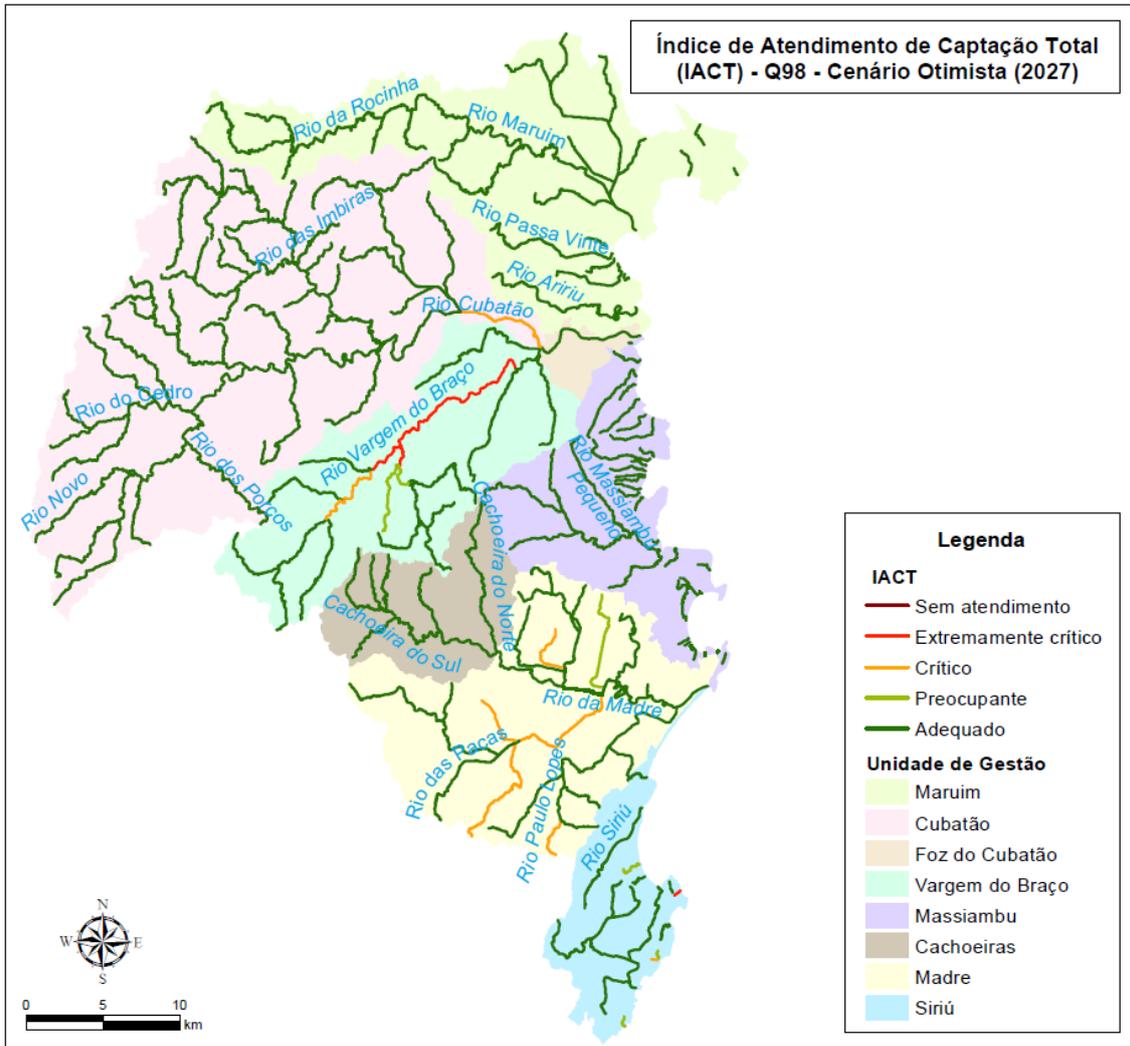


Figura 35 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário otimista, no horizonte 2027 e para a vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

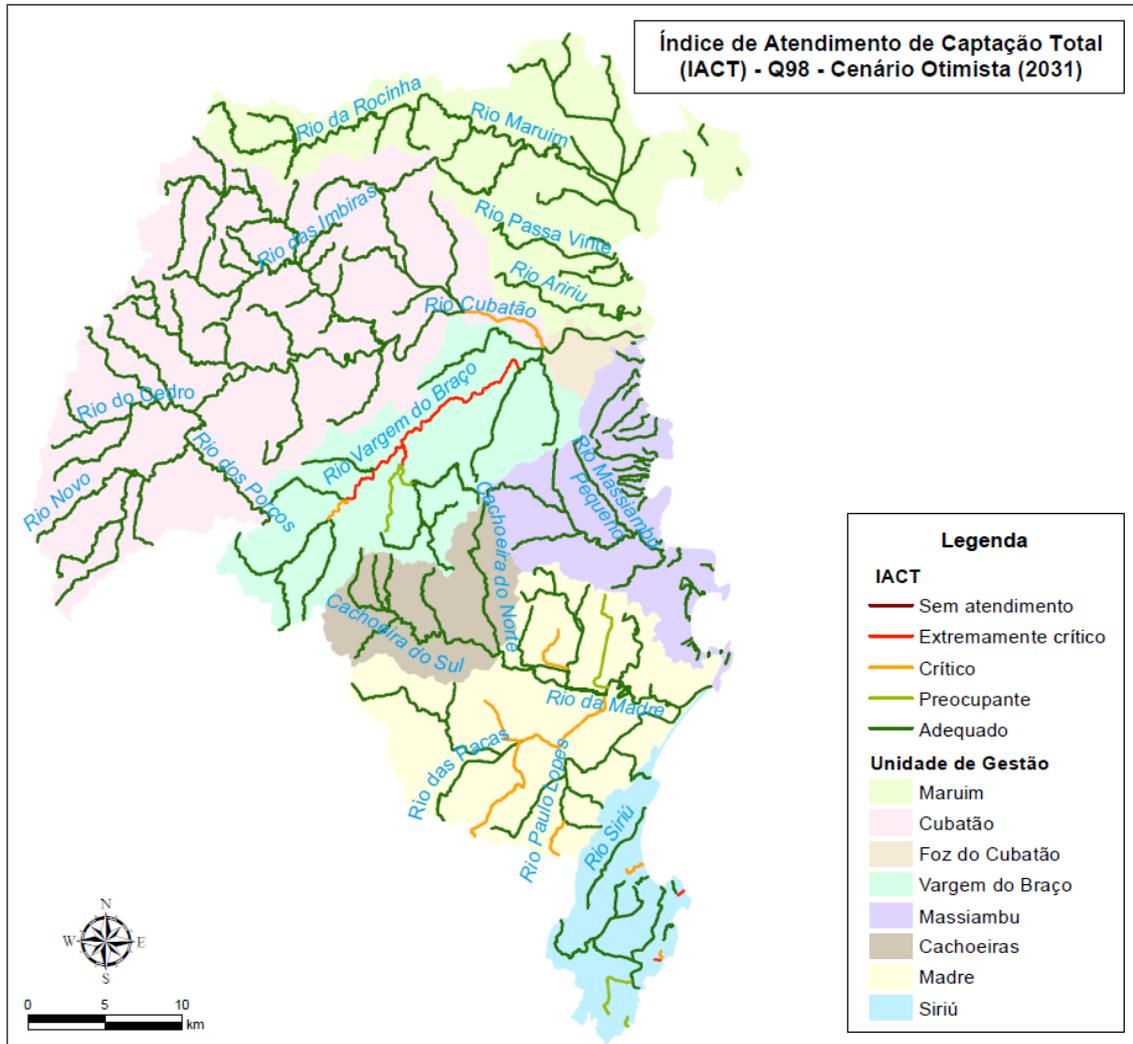


Figura 36 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário otimista, no horizonte 2031 e para a vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

3.1.2.2. Balanços quali quantitativos

Cenário atual

A Tabela 67 apresenta os resultados do Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por vazão de referência e UG das bacias em estudo para o cenário atual, enquanto que a Figura 37 apresenta os resultados de IAD para os trechos hídricos das bacias em estudo para a vazão de referência Q98.

As ottobacias que apresentam valores de IAD > 1 correspondem aos trechos hídricos que estão com concentração de DBO superior a 5 mg/L, ou seja, trechos hídricos que não se enquadram em rios de Classe 2, conforme a resolução Conama nº 357/2005.

Analisando-se a região hidrográfica como um todo, 30% das ottobacias estão com IAD > 1 para a vazão de referência mais restritiva (Q98). Aumentando-se a disponibilidade para a QMLT (menor tempo de permanência), o número de trechos com IAD > 1 reduz para apenas 22%. A ordem de grandeza da QMLT em relação à Q98 é de, aproximadamente, três vezes, ou seja, mesmo triplicando a disponibilidade hídrica, não há vazão suficiente para diluição da carga de DBO estimada nas ottobacias.

Para a vazão de referência Q98, as UGs que apresentaram os maiores percentuais de trechos com IAD > 1 foram: Siriú (70%), Massiambu (69%), Maruim (66%) e Madre (24%). As UGs Vargem do Braço e Cubatão apresentaram apenas 4% e 1%, respectivamente, com trechos com IAD > 1. As UGs Foz do Cubatão e Cachoeiras tiveram todos os seus trechos com vazão suficiente para diluição.

Aumentando-se a disponibilidade para a vazão de referência Q95, as UGs Cubatão, Vargem do Braço e Siriú mantiveram seus números de trechos com IAD > 1, enquanto que as UGs Maruim (63%), Massiambu (67%) e Madre (22%) tiveram uma leve redução.

As UGs Cubatão, Vargem do Braço, Madre e Siriú mantiveram o número de trechos com IAD > 1, comparando-se a Q90 com a Q95. Apenas as UGs Maruim (60%) e Massiambu (64%) tiveram uma pequena redução no número de trechos para a Q90 em relação à Q95.

Considerando a QMLT, a UG Vargem do Braço permaneceu com 1% de trechos com IAD > 1, enquanto que as UGs Maruim (49%), Massiambu (54%), Madre (8%) e Siriú (65%) tiveram redução do número de trechos em relação à Q90. A UG Vargem do Braço teve todos os trechos atendidos para vazão de diluição para a vazão de referência QMLT.

As UGs Foz do Cubatão e Cachoeiras tiveram todos os seus trechos atendidos para vazão de diluição, ou seja, não houve trechos com IAD > 1 para a Q98.

A UG Cubatão, para todas as vazões de referência estudadas, manteve um único trecho com IAD > 1.

A UG Vargem do Braço manteve constante um único trecho com IAD > 1 para as vazões de referência Q98, Q95 e Q90, passando a ter todos os trechos atendidos para a vazão de diluição somente para QMLT.

Variando-se a vazão de referência de menor para maior disponibilidade hídrica, a UG Madre foi a que apresentou maior redução do número de trechos (8%), seguida das UGs Maruim (49%), Massiambu (54%) e Siriú (65%).

À medida que progredimos para vazões de referência menos restritivas, observa-se também uma redução de trechos hídricos com IAD > 1. Isto ocorre pois, na mudança de uma vazão mais restritiva para uma menos restritiva, há uma redução no tempo de permanência e, conseqüentemente, um aumento dos valores de vazão disponível nos corpos hídricos para a diluição da carga de DBO efluente. Quanto maior a diluição das cargas de DBO menor será as concentrações de DBO de mistura nos corpos hídricos e, por conseguinte, menor o número de trechos hídricos críticos do ponto de vista qualitativo.

Observa-se ainda que é na vertente litorânea da área de estudo que se concentra a maior parte dos trechos com IAD > 1, portanto com não atendimento à concentração de DBO de 5 mg/L. Conforme apresentado no mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo (Produto C), de modo geral, é na região litorânea das bacias em estudo que há maior adensamento populacional e, conseqüentemente, maior lançamento de carga de DBO proveniente de efluente sanitário doméstico. Além disso, a maior parte dos corpos hídricos localizados na região litorânea apresenta baixa disponibilidade hídrica, reduzindo, assim, a capacidade de diluição da carga, o que aumenta a concentração de DBO nestes trechos.

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	23	22	21	17
Cubatão	1	1	1	1
Foz do Cubatão	0	0	0	0
Vargem do Braço	1	1	1	0
Massiambu	27	26	25	21
Cachoeiras	0	0	0	0
Madre	9	8	8	3
Siriú	14	14	14	13
Total	75	72	70	55

Tabela 67 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário atual

Elaboração própria (2018)

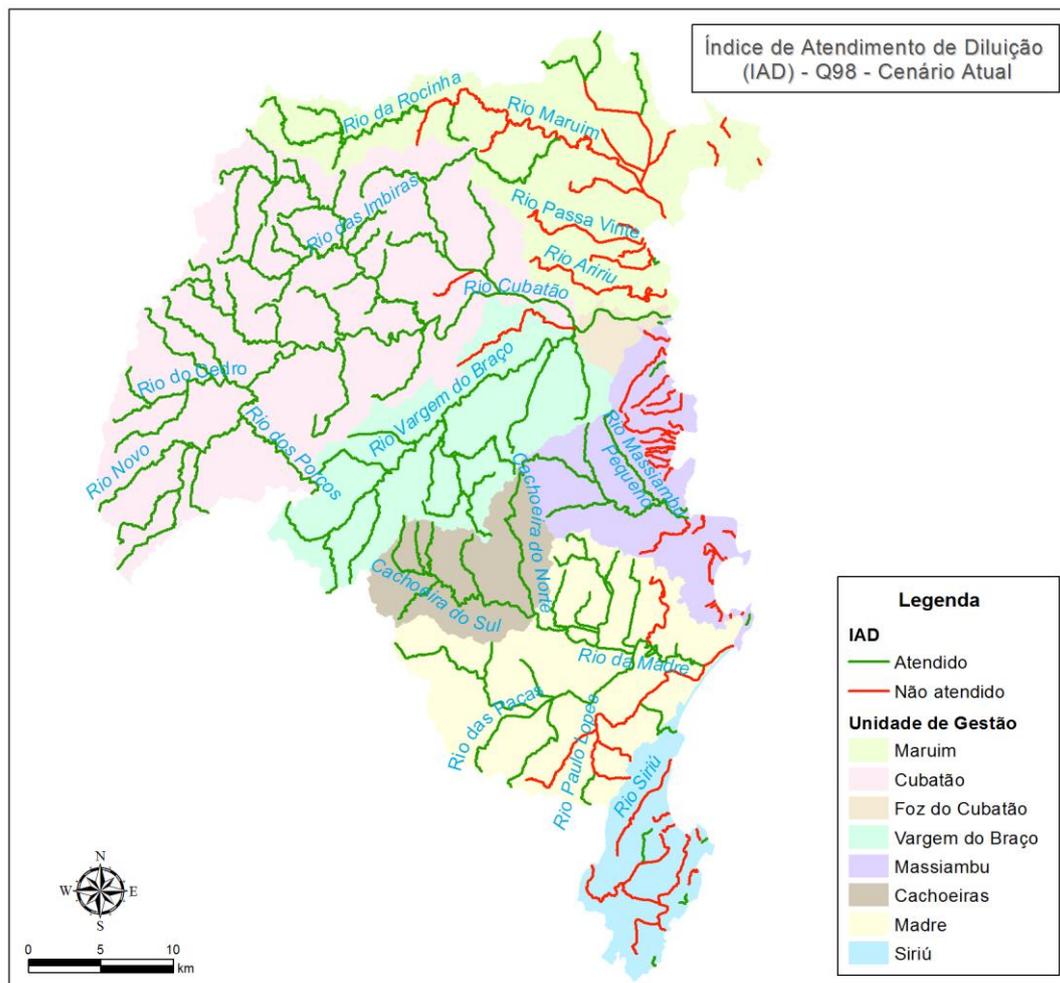


Figura 37 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário atual

Elaboração própria (2018)

Cenário tendencial

A seguir são apresentados os resultados do IAD por vazão de referência e UG das bacias em estudo, para o cenário tendencial, dos horizontes 2023, 2027 e 2031.

Analisando-se a região hidrográfica como um todo, verificou-se que 33% das ottobacias estão com IAD > 1 para a vazão de referência mais restritiva (Q98) e para os três horizontes do plano (anos de 2023, 2027 e 2031). Aumentando-se a disponibilidade para a QMLT (menor tempo de permanência) o número de trechos com IAD > 1 reduz para apenas 25%, 26% e 27% para os anos 2023, 2027 e 2031, respectivamente. A ordem de grandeza da QMLT em relação à Q98 é de, aproximadamente, três vezes, ou seja, mesmo triplicando a disponibilidade hídrica não há vazão suficiente para diluição da carga de DBO estimada nas ottobacias nos horizontes do plano.

Para a vazão de referência Q98, todas as UGs apresentaram o mesmo número de trechos, com IAD > 1 nos três horizontes do plano. As UGs que apresentaram os maiores percentuais de trechos com IAD > 1 foram: Foz do Cubatão (100%), Massiambu (74%), Siriú

(70%), Maruim (69%), Madre (24%), Cubatão (5%) e Vargem do Braço (4%). A UG Cachoeiras teve todos seus trechos com vazão suficiente para diluição.

Aumentando-se a disponibilidade para a vazão de referência Q95, as UGs Maruim, Foz do Cubatão, Vargem do Braço, Madre e Siriú mantiveram seus números de trechos com $IAD > 1$, iguais ao da Q98, para os anos de 2023, 2027 e 2031. As UGs Cubatão e Massiambu tiveram uma redução do número de trechos em relação à Q98 para os anos de 2023 e 2027, enquanto que para 2031 mantiveram-se constantes.

As UGs Vargem do Braço e Siriú mantiveram o número de trechos com $IAD > 1$, comparando-se a Q90 com a Q95 para os três horizontes do plano. Apenas as UGs Cubatão e Massiambu tiveram uma pequena redução no número de trechos para a Q90 em relação à Q95 (2023, 2027 e 2031). As demais UGs Maruim, Foz do Cubatão e Madre tiveram uma redução do número de trechos com $IAD > 1$ para o horizonte do plano 2023, mas para os demais anos, 2027 e 2031, mantiveram-se constantes ou aumentaram o número de trechos.

Considerando a QMLT, a UG Vargem do Braço e a UG Siriú permaneceram com 4% e 70%, respectivamente, com trechos com $IAD > 1$ para os três horizontes do plano. Não houve uma redução de trechos para todas as vazões de referência estudadas. As UGs Cubatão, Foz do Cubatão e Madre tiveram uma redução do número de trechos para a QMLT em relação à Q90, mas mantiveram constantes o número de trechos para os três horizontes do plano. Somente as UGs Maruim e Massiambu aumentaram seus números de trechos no avanço dos horizontes do plano, mas reduzidos em relação à Q95.

A UG Cachoeiras teve todos os seus trechos atendidos para a vazão de diluição no horizonte do plano (2023, 2027 e 2031), ou seja, para a Q98 não houve trechos com $IAD > 1$.

As UGs Vargem do Braço e Siriú mantiveram constantes os percentuais de trecho com $IAD > 1$ para todas as vazões de referência estudadas e para todos os horizontes estudados do plano.

A UG Foz do Cubatão, que tem somente um trecho ou uma ottobacia, permaneceu com $IAD > 1$ para as vazões Q98 e Q95, nos horizontes 2023 e 2027, e em 2031 também para a vazão Q90.

A UG Maruim manteve o número de trechos com $IAD > 1$ (69%) para as vazões Q98 e Q95 e para três horizontes do plano. Houve uma pequena redução do número de trechos, contudo, com o aumento dos horizontes do plano, o número de trechos voltará a subir. O mesmo padrão se repete para as UGs Cubatão, Massiambu e Madre.

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	24	23	18
Cubatão	4	2	1	1
Foz do Cubatão	1	1	0	0
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	27	26	21
Cachoeiras	0	0	0	0
Madre	9	9	8	6
Siriú	14	14	14	14
Total	82	78	73	61

Tabela 68 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário tendencial, no horizonte de 2023

Elaboração própria (2018)

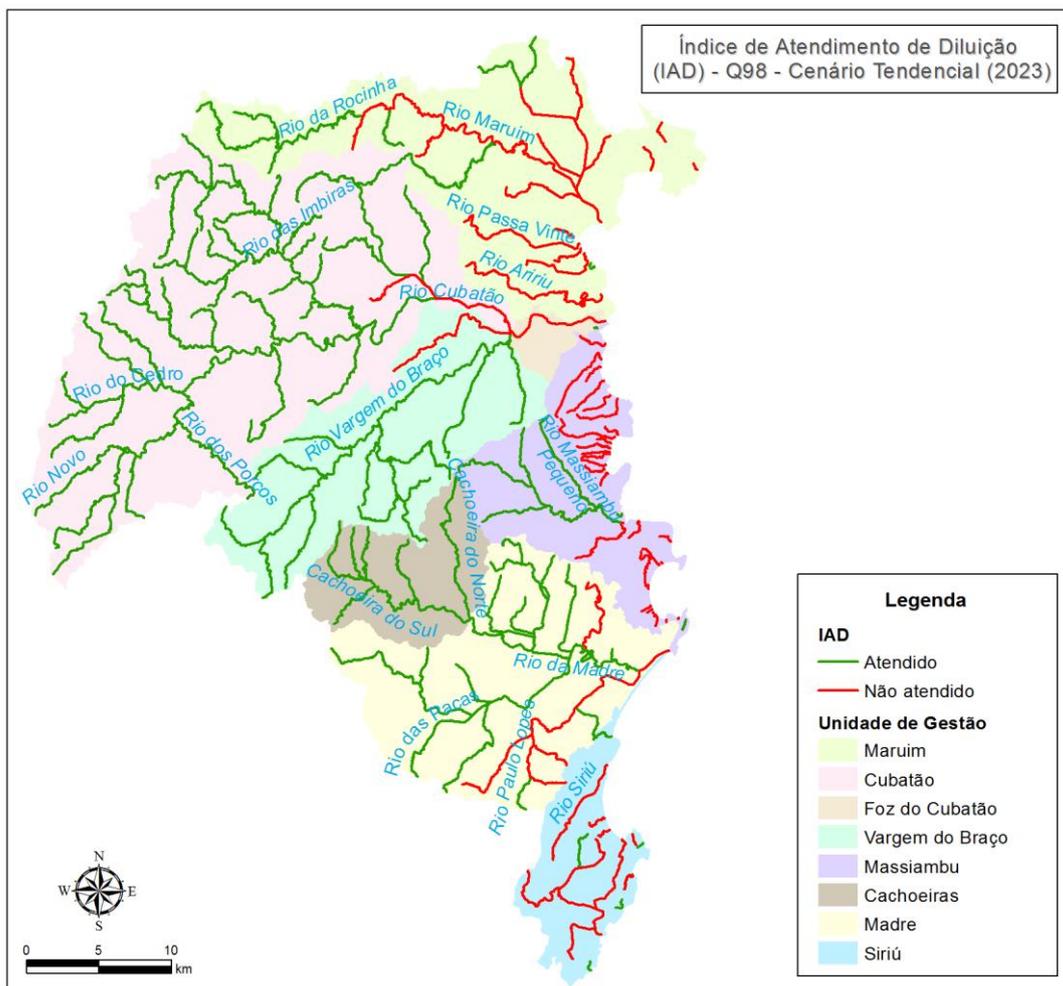


Figura 38 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário tendencial, no horizonte de 2023

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	24	24	20
Cubatão	4	2	1	1
Foz do Cubatão	1	1	0	0
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	28	26	22
Cachoeiras	0	0	0	0
Madre	9	9	9	6
Siriú	14	14	14	14
Total	82	79	75	64

Tabela 69 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário tendencial, no horizonte de 2027

Elaboração própria (2018)

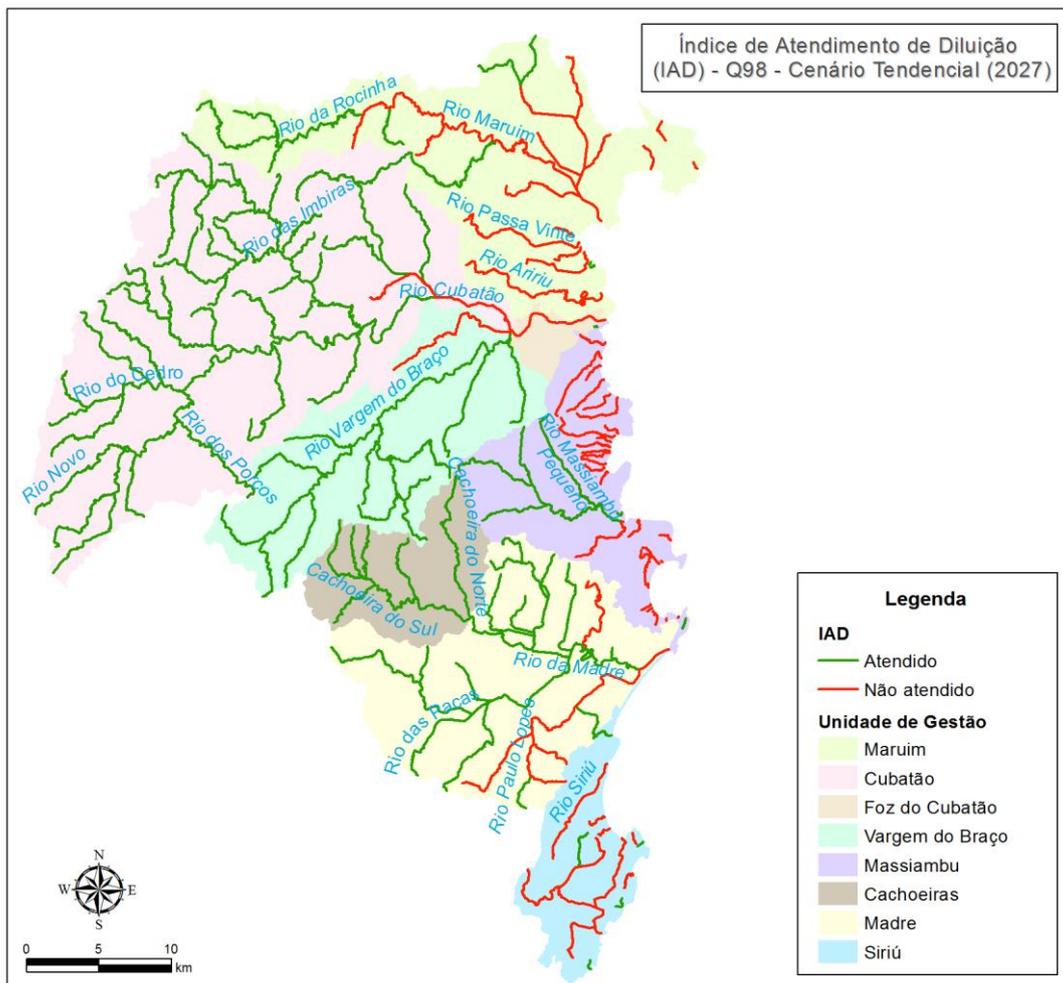


Figura 39 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário tendencial, no horizonte de 2027

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	24	24	22
Cubatão	4	4	2	1
Foz do Cubatão	1	1	1	0
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	29	28	23
Cachoeiras	0	0	0	0
Madre	9	9	9	6
Siriú	14	14	14	14
Total	82	82	79	67

Tabela 70 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário tendencial, no horizonte de 2031

Elaboração própria (2018)

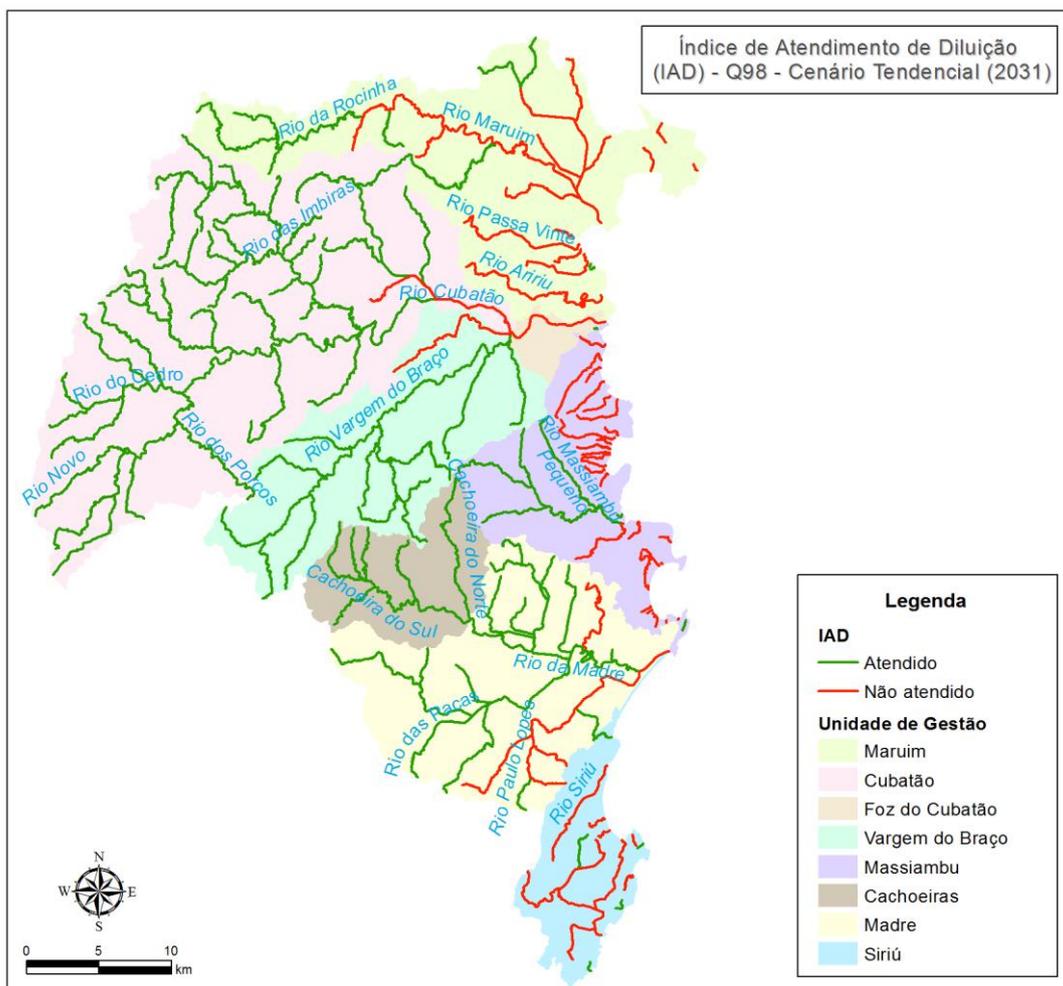


Figura 40 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário tendencial, no horizonte de 2031

Elaboração própria (2018)

Cenários alternativos

Cenário moderado

Na Figura 41, na Figura 42 e na Figura 43 são apresentados os resultados do IAD do cenário moderado para a vazão de referência mais restritiva (Q98) e por trecho hídrico das UGs. Na Tabela 71, na Tabela 72 e na Tabela 73 é apresentado o número de otobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1, no cenário moderado, para os horizontes de 2023, 2027 e 2031.

Para o cenário moderado com redução da demanda e, conseqüentemente, aumento da oferta hídrica foram comparados o número de trechos com IAD > 1 em relação ao cenário tendencial para as UGs e ao longo do horizonte do plano (2023, 2027 e 2031).

A UG Cachoeiras manteve todos os seus trechos com vazão suficiente para diluição da DBO para todas as vazões e horizontes do plano.

A UG Vargem do Braço manteve constante um único trecho com IAD > 1 para os três horizontes e para todas as disponibilidades hídricas estudadas.

A UG Maruim, para os horizontes de 2023 e 2031, manteve o número de trechos com IAD > 1 em relação ao cenário tendencial e, para 2027, uma redução de apenas um trecho para as Q90 e QMLT.

A UG Cubatão reduziu o número de trechos para a Q98 do horizonte 2023, manteve igual o número de trechos do cenário tendencial para 2027 e, para 2031, reduziu o número de trechos para a Q90.

A UG Foz do Cubatão reduziu o número de trechos para a Q95 do horizonte 2023, manteve igual o número de trechos do cenário tendencial para 2027 e, para 2031, reduziu o número de trechos para a Q90.

A UG Massiambu manteve o número de trechos em relação ao cenário tendencial de 2023 e 2027 e, para 2031, teve redução de trechos para a Q90 e a QMLT.

A UG Madre manteve o número de trechos em relação ao cenário tendencial de 2023 e 2031 e, para 2027, teve redução de trechos para a Q90.

A UG Siriú teve redução de um trecho para a QMLT em 2023 e, para 2023 e 2031, manteve o número de trechos em relação ao cenário tendencial.

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	24	23	18
Cubatão	2	2	1	1
Foz do Cubatão	1			
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	27	26	21
Cachoeiras				
Madre	9	9	8	6
Siriú	14	14	14	13
Total	80	77	73	60

Tabela 71 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário moderado, no horizonte de 2023

Elaboração própria (2018)

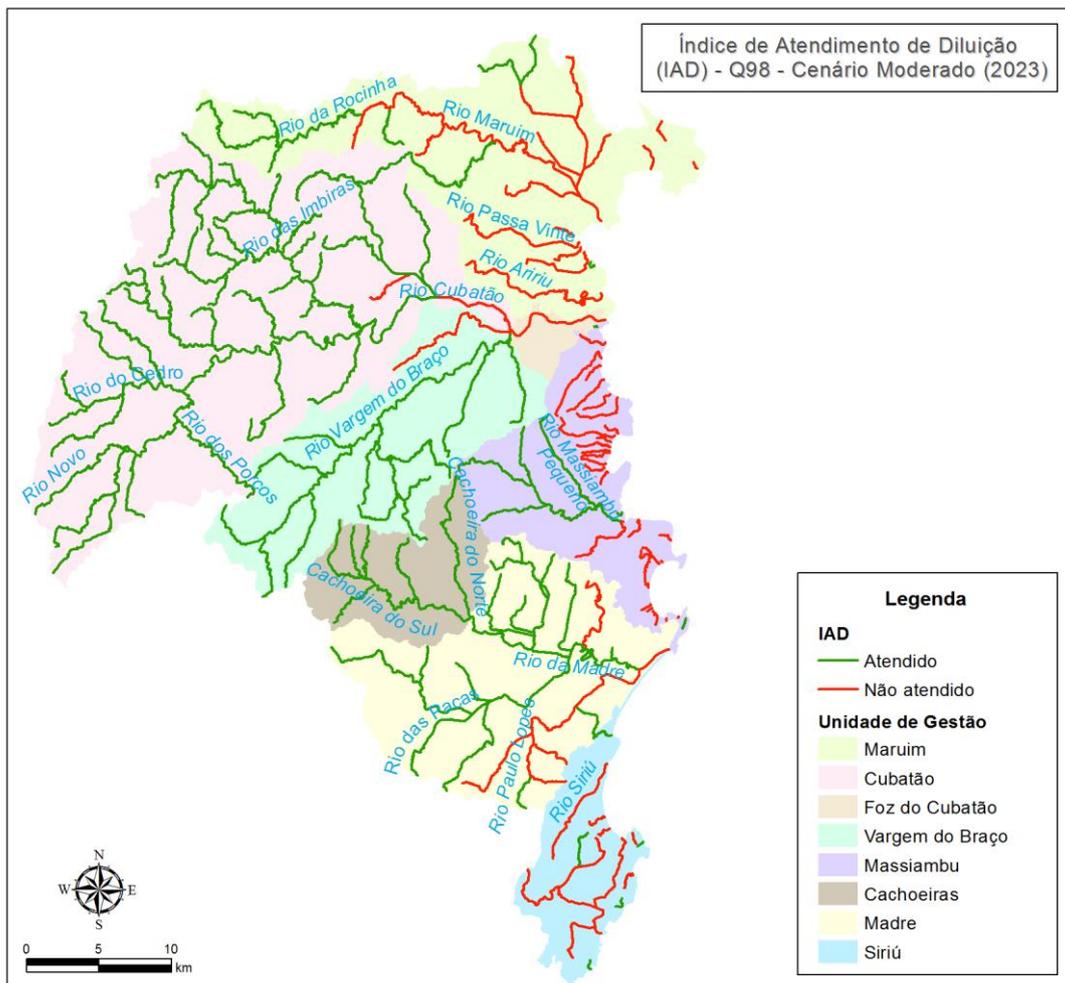


Figura 41 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário moderado, no horizonte de 2023

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	24	23	19
Cubatão	4	2	1	1
Foz do Cubatão	1	1		
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	28	26	22
Cachoeiras				
Madre	9	9	8	6
Siriú	14	14	14	14
Total	82	79	73	63

Tabela 72 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1, no cenário moderado, no horizonte de 2027

Elaboração própria (2018)

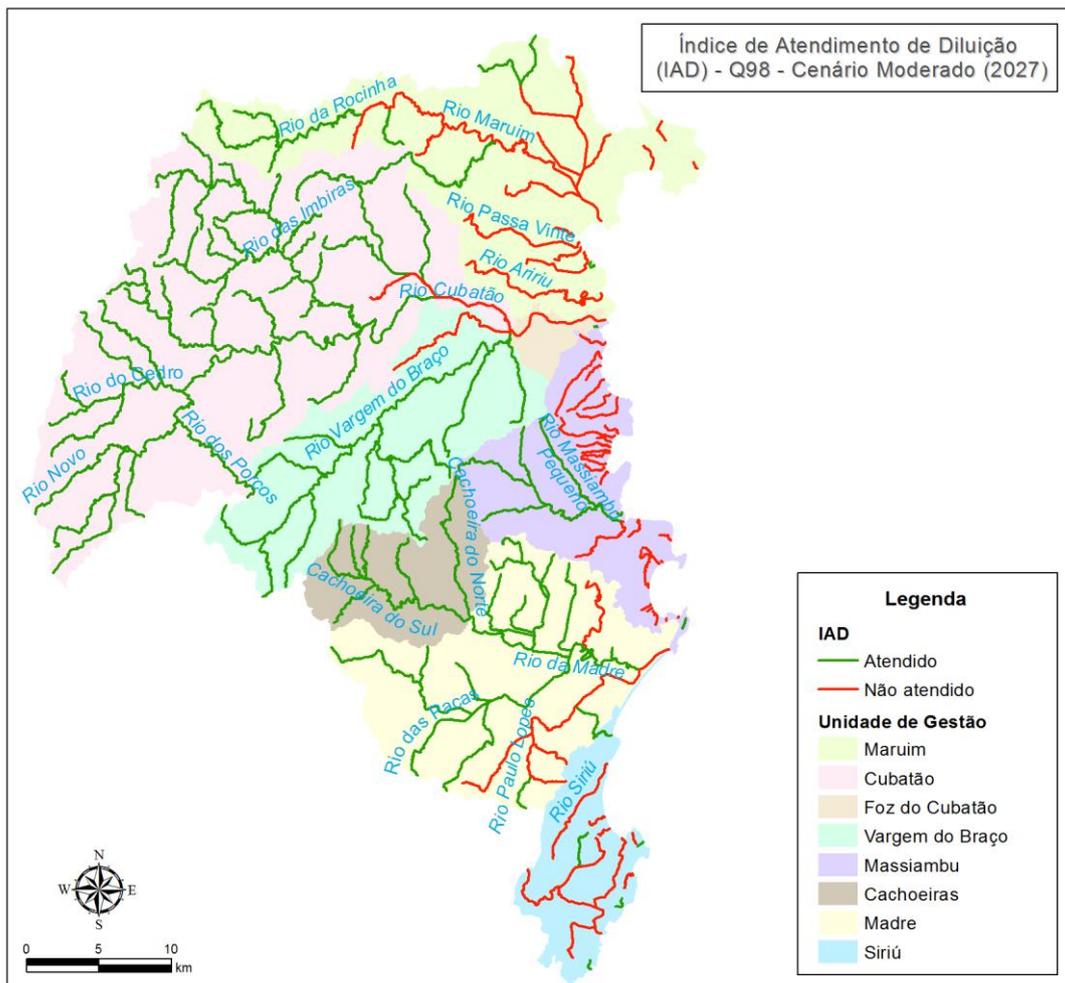


Figura 42 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário moderado, no horizonte de 2027

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	24	24	22
Cubatão	4	4	1	1
Foz do Cubatão	1	1		
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	29	27	22
Cachoeiras				
Madre	9	9	9	6
Siriú	14	14	14	14
Total	82	82	76	66

Tabela 73 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário moderado, no horizonte de 2031

Elaboração própria (2018)

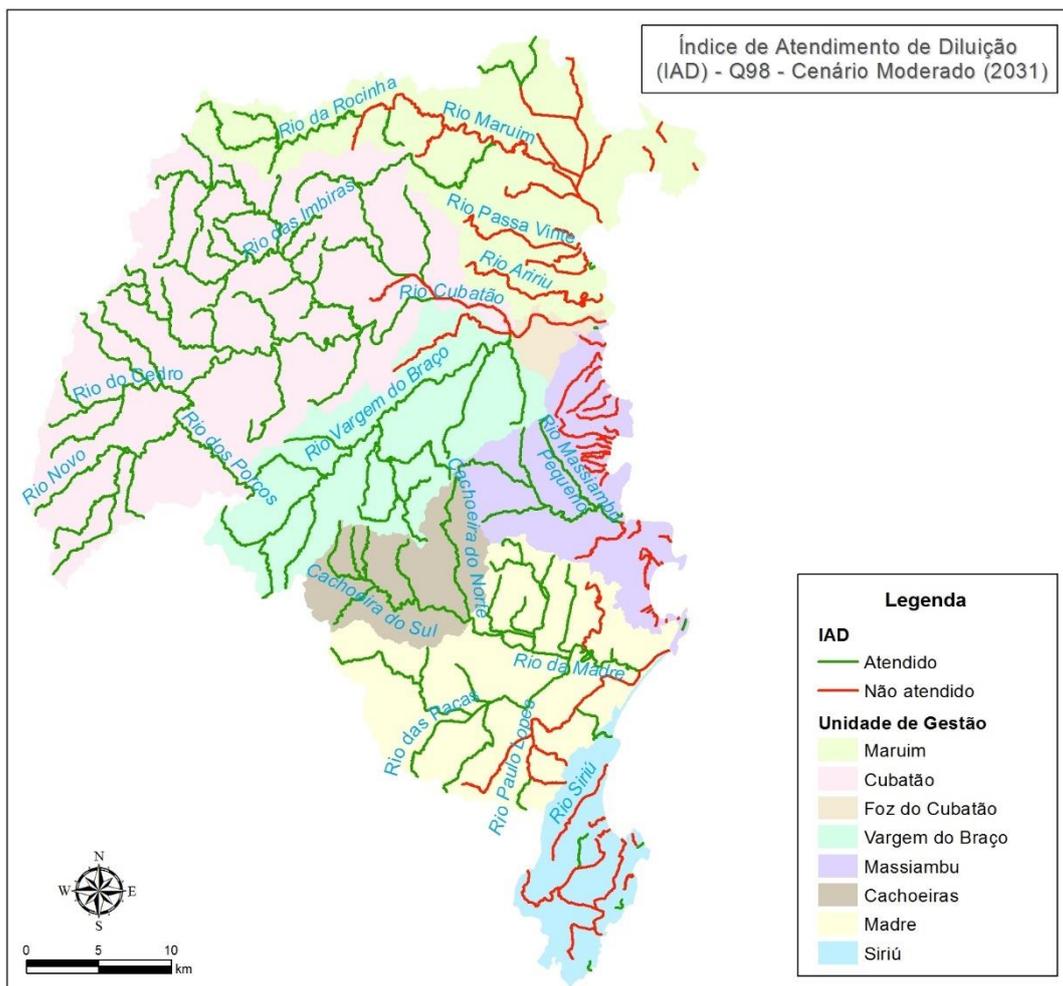


Figura 43 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário moderado, no horizonte de 2031

Elaboração própria (2018)

Cenário otimista

Na Figura 44, na Figura 45 e na Figura 46 são apresentados os resultados do IAD do cenário otimista para a vazão de referência mais restritiva (Q98) e por trecho hídrico das UGs. Na Tabela 74, na Tabela 75 e na Tabela 76 é apresentado o número de trechos com IAD > 1, no cenário otimista, para os horizontes de 2023, 2027 e 2031.

Para o cenário otimista, com redução da demanda e, conseqüentemente, aumento da oferta hídrica, foram comparados o número de trechos com IAD > 1 em relação ao cenário moderado para as UGs e ao longo do horizonte do plano (2023, 2027 e 2031).

A UG Cachoeiras manteve todos os seus trechos com vazão suficiente para diluição da DBO para todas as vazões e horizontes do plano.

A UG Vargem do Braço, para os três horizontes e para todas as disponibilidades hídricas estudadas, manteve constante um único trecho com IAD > 1.

A UG Maruim, em relação ao cenário moderado, no ano de 2023, teve dois trechos a menos para a Q95 e um a menos para a Q90. Para 2027 e 2031, a UG apresentou um trecho a menos para a QMLT.

A UG Cubatão teve redução do número de trechos para a Q95 nos horizontes de 2023 e 2031, enquanto que, para 2027, manteve o número de trechos com IAD > 1, no cenário moderado.

A UG Foz do Cubatão, para os três horizontes e para todas as disponibilidades hídricas estudadas, manteve os resultados do IAD > 1 para as disponibilidades estudadas e para os horizontes do plano em comparação com o cenário moderado.

A UG Massiambu, em relação ao cenário moderado, teve redução do número de trechos para a Q98 e para a Q95 no ano de 2023, para a Q95 no ano de 2027 e para a Q95 e a Q90 no ano de 2031.

A UG Madre manteve o número de trechos em relação ao cenário moderado para 2027, apresentou redução de trecho para a Q95 em 2023 e para a Q90 em 2031.

A UG Siriú, para os três horizontes e para todas as disponibilidades hídricas estudadas, manteve constante o número de trechos com IAD > 1 em relação ao cenário moderado.

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	22	22	18
Cubatão	2	1	1	1
Foz do Cubatão	1			
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	28	26	26	21
Cachoeiras				
Madre	9	8	8	6
Siriú	14	14	14	13
Total	79	72	72	60

Tabela 74 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário otimista, no horizonte de 2023

Elaboração própria (2018)

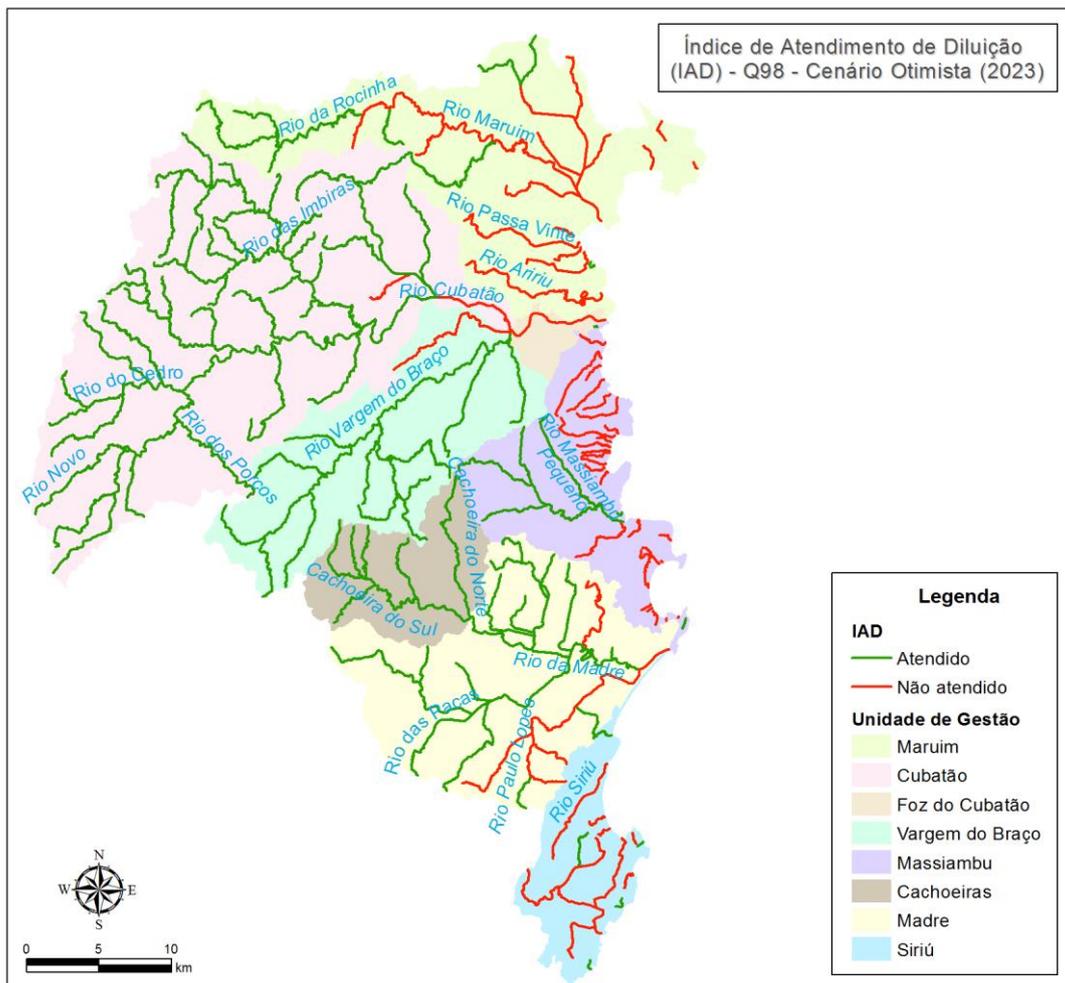


Figura 44 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário otimista, no horizonte de 2023

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	24	23	18
Cubatão	4	2	1	1
Foz do Cubatão	1	1		
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	27	26	22
Cachoeiras				
Madre	9	9	8	6
Siriú	14	14	14	14
Total	82	78	73	62

Tabela 75 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário otimista, no horizonte de 2027

Elaboração própria (2018)

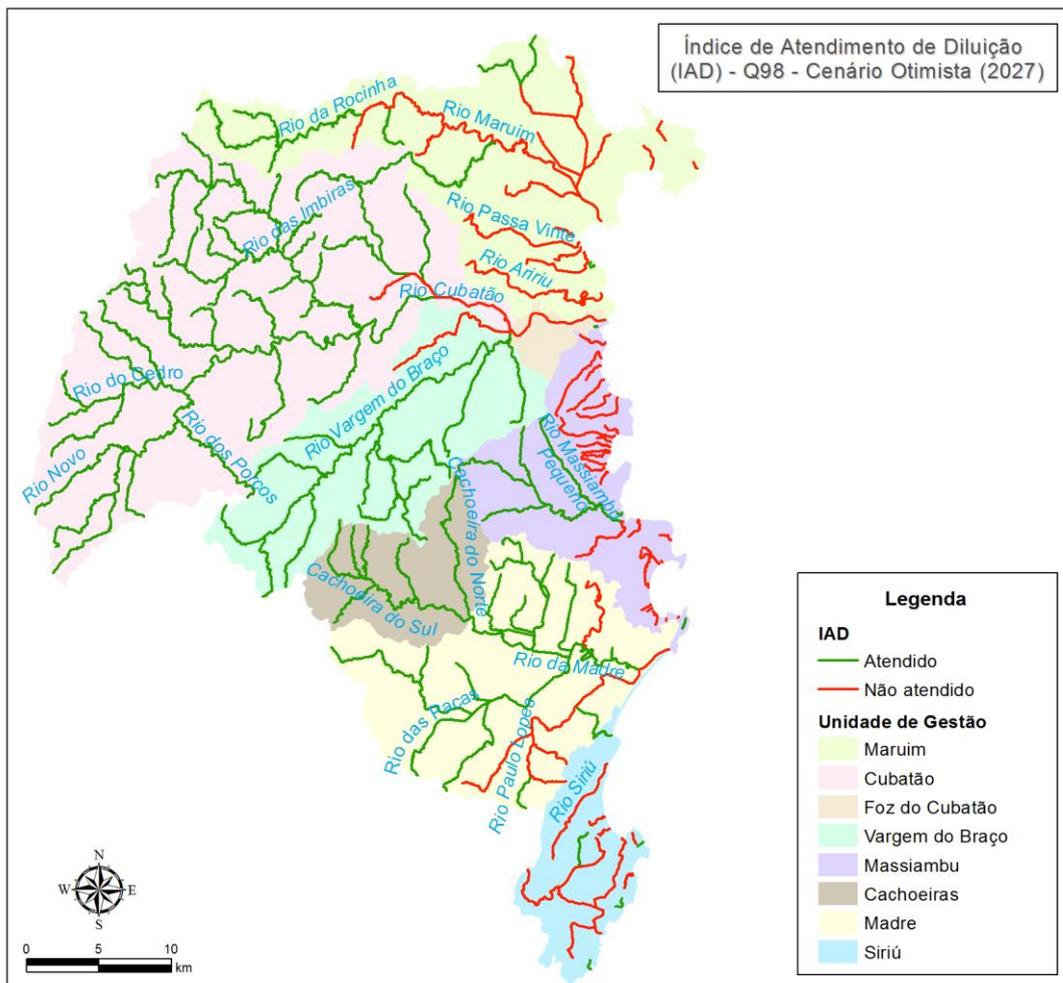


Figura 45 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário otimista, no horizonte de 2027

Elaboração própria (2018)

UG	Ottobacias com IAD > 1			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	24	24	24	21
Cubatão	4	2	1	1
Foz do Cubatão	1	1		
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	28	26	22
Cachoeiras				
Madre	9	9	8	6
Siriú	14	14	14	14
Total	82	79	74	65

Tabela 76 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário otimista, no horizonte de 2031

Elaboração própria (2018)

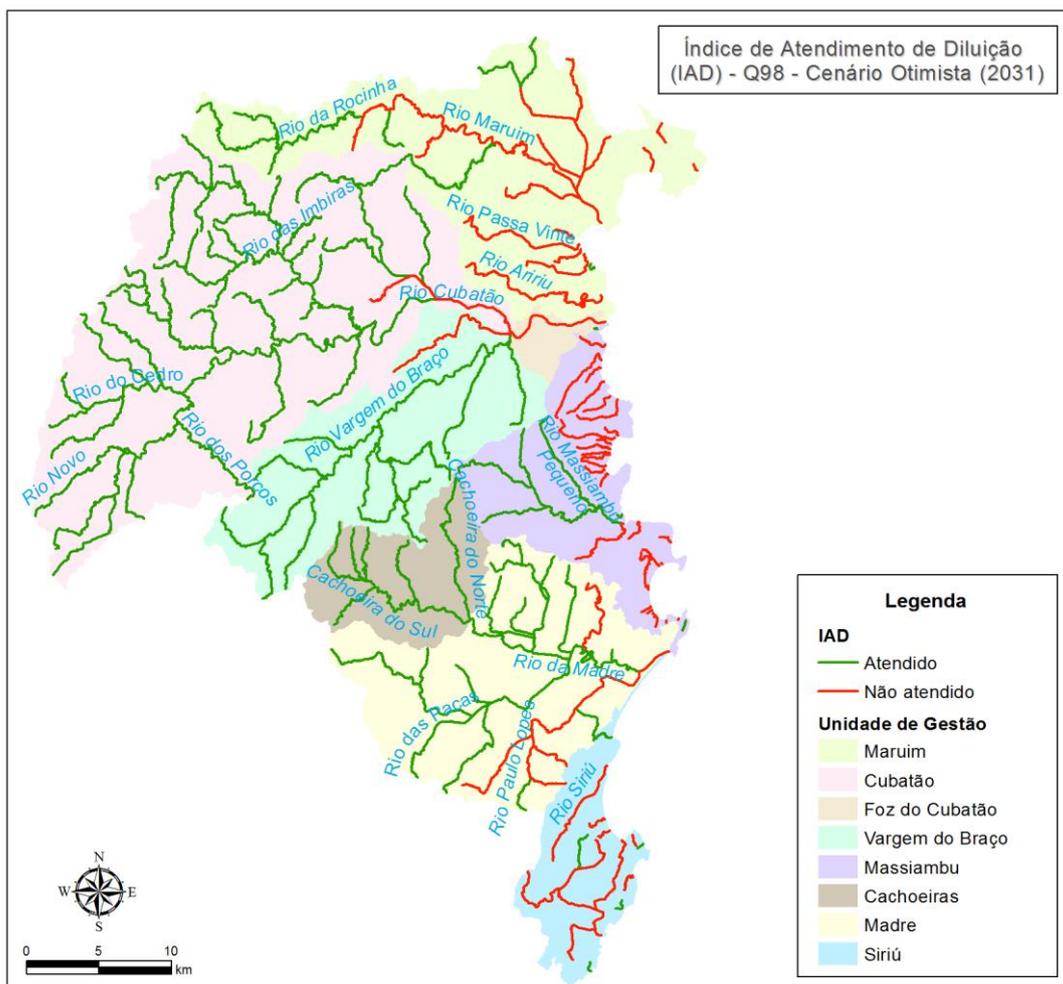


Figura 46 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário otimista, no horizonte de 2031

Elaboração própria (2018)

3.1.3. Conclusões

A partir dos resultados dos balanços hídricos quantitativos é observado que a maioria dos trechos hídricos na área de estudo tem IACT classificado como Adequado, o que representa um atendimento integral às captações demandadas nestes trechos. Sendo assim, os resultados indicam que a disponibilidade hídrica da grande maioria dos trechos atende aos usos consuntivos. Observa-se também que, à medida que se torna a vazão de referência menos restritiva (menor tempo de permanência), maior é a disponibilidade hídrica e, portanto, maior número de trechos hídricos se enquadra como Adequado. Ao passo que progredimos para os horizontes de curto, médio e longo prazo, observa-se, de modo geral, um aumento da criticidade dos trechos hídricos em cada UG. Isso ocorre devido às tendências de crescimento esperadas para os horizontes futuros do Plano, conforme apresentado nos Capítulos 1.2.2 e Capítulos 1.3.2. Conforme as premissas e hipóteses assumidas, espera-se um aumento significativo na demanda hídrica da maioria dos usos d'água. Com base neste aumento esperado das demandas hídricas e mantendo a disponibilidade hídrica atual, entende-se, portanto, o aumento desta criticidade.

A Tabela 77 apresenta a porcentagem de ottobacias classificadas como “Adequado” nos balanços hídricos quantitativos, verifica-se que não há alterações significativas com as mudanças de cenário analisado, a única modificação observada ocorre na UG Massiambu para o cenário tendencial de longo prazo.

Considerando o aspecto qualiquantitativo, a Tabela 78 exhibe a porcentagem de ottobacias classificadas como “Atendido” nos balanços hídricos. Assim como no aspecto quantitativo, verifica-se que não ocorrem grandes modificações entre os cenários analisados, as maiores alterações são observadas na UG Cubatão do cenário tendencial para o moderado e na UG Massiambu do cenário moderado para o otimista.

Cenários		Tendencial			Moderado			Otimista		
Balço	UGs	2023	2027	2031	2023	2027	2031	2023	2027	2031
Quantitativo	Maruim	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Cubatão	98,7%	98,7%	98,7%	98,7%	98,7%	98,7%	98,7%	98,7%	98,7%
	Foz do Cubatão	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Vargem do Braço	72,0%	72,0%	72,0%	72,0%	72,0%	72,0%	72,0%	72,0%	72,0%
	Massiambu	100,0%	100,0%	97,4%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Cachoeiras	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Madre	83,8%	83,8%	83,8%	83,8%	83,8%	83,8%	83,8%	83,8%	83,8%
	Siriú	75,0%	70,0%	70,0%	75,0%	70,0%	70,0%	75,0%	75,0%	70,0%

Tabela 77 - Porcentagem de ottobacias classificadas como "Adequado" no balanço hídrico qualitativo

Cenário		Tendencial			Moderado			Otimista		
Balço	UGs	2023	2027	2031	2023	2027	2031	2023	2027	2031
Qualiquantitativo	Maruim	31,4%	31,4%	31,4%	31,4%	31,4%	31,4%	31,4%	31,4%	31,4%
	Cubatão	94,9%	94,9%	94,9%	97,5%	94,9%	94,9%	97,5%	94,9%	94,9%
	Foz do Cubatão	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Vargem do Braço	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%
	Massiambu	25,6%	25,6%	25,6%	25,6%	25,6%	25,6%	28,2%	25,6%	25,6%
	Cachoeiras	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Madre	75,7%	75,7%	75,7%	75,7%	75,7%	75,7%	75,7%	75,7%	75,7%
	Siriú	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%

Tabela 78 - Porcentagem de ottobacias classificadas como "Atendido" no balanço hídrico qualiquantitativo

Com relação aos balanços qualiquantitativos, observa-se que é na vertente litorânea da área de estudo que se concentra a maior parte dos trechos com $IAD > 1$, portanto, com não atendimento à concentração de DBO de 5 mg/L. Conforme apresentado no mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo (Produto C), de modo geral, é na região litorânea das bacias em estudo que há maior adensamento populacional e, conseqüentemente, maior lançamento de carga de DBO proveniente de efluente sanitário doméstico. Além disso, a maior parte dos corpos hídricos localizados na região litorânea apresenta baixa disponibilidade hídrica, reduzindo, assim, a capacidade de diluição da carga, o que aumenta a concentração de DBO nestes trechos. À medida que progredimos para vazões de referência menos restritivas, observa-se também uma redução de trechos hídricos com $IAD > 1$. Isto ocorre pois, na mudança de uma vazão mais restritiva para uma menos restritiva, há uma redução no tempo de permanência, conseqüentemente, há aumento dos valores de vazão disponível nos corpos hídricos para a diluição da carga de DBO efluente. Quanto maior a diluição das cargas de DBO menor será as concentrações de DBO de mistura nos corpos hídricos e, por conseguinte, menor o número de trechos hídricos críticos do ponto de vista qualiquantitativo.

Para o cenário atual, a UG Maruim encontra-se adequada, do ponto de vista quantitativo. Mesmo para a vazão de referência mais restritiva, Q98, todos os trechos hídricos desta UG têm IACT classificado como Adequado, portanto 100% das captações de água solicitadas nesta UG têm suas demandas completamente atendidas. Análogo ao cenário atual, observa-se que, para todos os cenários futuros (tendencial, moderado e otimista), a UG Maruim possui todos os seus trechos hídricos classificados como Adequado, até o horizonte de 2031. A região litorânea da UG Maruim tem demanda de água superficial preponderantemente associada ao abastecimento urbano. Porém, esta água consumida na UG Maruim é, em sua maioria, proveniente das UGs Vargem do Braço e Cubatão, fazendo com que a retirada de água de corpos hídricos superficiais nesta região da UG Maruim seja pouco significativa. Por este motivo, o balanço hídrico quantitativo nesta UG encontra-se adequado tanto para o cenário atual quanto para os cenários futuros do Plano. No balanço qualiquantitativo, essa UG, para todos cenários simulados, apresentou mais de 50% de seus trechos com concentrações acima de 5 mg/L. Mesmo aumentando-se a vazão de referência para a QMLT, não foi suficiente para diluir a concentração de DBO para rios classe 2. A UG Cubatão possui no cenário atual um trecho em situação Crítica, no qual a vazão 50% Q98 não é suficiente para atender integralmente às captações requeridas. Neste trecho há um ponto de captação de água bruta que faz parte do Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande Florianópolis (SIF) e abastece a Grande Florianópolis. De acordo com dados do Sistema de Cadastro CEURH, a vazão de captação neste ponto é superior à disponibilidade hídrica do trecho, considerando 50% da Q98. Essa vazão de demanda é completamente atendida apenas quando o balanço hídrico é feito considerando a vazão de referência Q90. Conforme as projeções realizadas, este trecho permaneceria em classe de IACT crítica até o horizonte de 2031, em todos os três cenários estudados. No balanço qualiquantitativo, a UG Cubatão apresentou poucos trechos com $IAD > 1$: no cenário atual 1% dos trechos, enquanto para os outros cenários em média 5%.

A UG Foz do Cubatão apresentou resultados semelhantes aos resultados obtidos para a UG Maruim. O trecho hídrico da UG Foz do Cubatão possui IACT classificado em Adequado para o cenário atual e para todos os cenários futuros, considerando a vazão de referência mais restritiva, Q98. A UG Foz do Cubatão tem boa parte de seu território inserido no Parque Estadual Serra do Tabuleiro e também em área de manguezal. Em ambas as áreas é

admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, portanto a demanda hídrica de usos consuntivos de água é baixa nesta UG e, por conseguinte, o balanço hídrico quantitativo é adequado. Para o balanço qualiquantitativo, o cenário atual não apresentou nenhum trecho com concentrações maiores que 5 mg/L. Na maioria dos cenários futuros, houve comprometimento para diluição de DBO, no único trecho dessa UG, para as vazões de referência Q98 e Q95.

Na UG Vargem do Braço, identificou-se uma ottobacia cujo trecho foi classificado com índice IACT Extremamente Crítico para o cenário atual. Este trecho, localizado no rio Vargem do Braço, consiste no ponto de captação de água bruta que faz parte do SIF. Conforme informações obtidas junto ao Sistema de Cadastro CEURH, a disponibilidade hídrica neste trecho, considerando 50% da Q98, não é suficiente para atender à demanda de captação no cenário atual. Associado ao trecho do Vargem do Braço classificado como Extremamente Crítico, foram identificados três trechos a montante que apresentaram a classificação de IACT Crítico. Esses trechos, apesar de críticos, não possuem vazões significativas de captação. A criticidade destes está associada ao trecho de jusante, onde ocorre a captação de água bruta do SIF. Este ponto, por ser uso prioritário de recursos hídricos (abastecimento público), compromete os trechos a montante na reserva de água para o atendimento do trecho do SIF, tornando-os, desta forma, Críticos. Para o cenário tendencial, observa-se até o horizonte de 2031 um aumento da criticidade dos trechos hídricos a montante do Rio Vargem do Braço. Alguns dos trechos passam a ser classe IACT Extremamente Crítico, enquanto outros passam a ser classe Crítico. Para os cenários alternativos, não há mudanças na criticidade dos trechos hídricos em comparação com o cenário tendencial. Para o balanço qualiquantitativo, a UG Vargem do Braço, exceto para o cenário atual e para a vazão de referência QMLT, apresentou em todos os balanços (cenários futuros e vazões de referência) um único trecho com IAD > 1. O trecho em questão não é coincidente com o trecho de captação de água do SIF

Os resultados do balanço quantitativo para o cenário atual na UG Massiambu indicam apenas dois trechos hídricos nos quais as demandas de água não foram completamente atendidas: um trecho na porção norte da UG apresenta IACT Crítico e outro na parte central está classificado com Preocupante. Entre o cenário atual e o horizonte 2023 ambos os trechos passam a ser classificados como Adequado. A melhoria na condição se justifica pela demanda preponderante de água nestes trechos estar relacionada ao uso industrial. A taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica de uso industrial estimada para a UG Massiambu para o cenário tendencial e para o horizonte 2023 é negativa. Portanto, espera-se uma redução na demanda de água para estes trechos até 2023 e, conseqüentemente, uma redução da criticidade quantitativa. Até o horizonte final do Plano, para o cenário tendencial, todos os trechos hídricos da UG Massiambu têm suas demandas hídricas completamente atendidas (Classe IACT Adequado), a exceção de um trecho que apresenta classe IACT Preocupante. Já para o cenário Moderado e o para cenário Otimista, este mesmo trecho passa a ser classificado também como Adequado. Para o balanço qualiquantitativo, a UG Massiambu apresentou mais de 70% dos trechos com IAD > 1 para a vazão de referência Q98. Variando-se a vazão para a QMLT, o número de trechos foi reduzido para 56% em média, em todas as projeções, não sendo suficiente para diluir as concentrações a 5 mg/L.

A UG Cachoeiras, para o Cenário Atual e, até mesmo, para a vazão de referência mais restritiva (Q98), apresenta todos os seus trechos hídricos com IACT classificado como Adequado. Portanto, 100% das captações de água solicitadas nesta UG tem suas demandas completamente atendidas. Para todos os cenários futuros (tendencial, moderado e otimista)

até o horizonte máximo do Plano (2031) esta situação permanece. Análogo à UG Foz do Cubatão, os resultados observados na UG Cachoeiras estão condicionados a localização desta UG, a qual possui seu território quase que completamente inserido no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Desta forma, as demandas hídricas existentes na UG Cachoeiras são praticamente inexistentes, refletindo, portanto, no resultado positivo do balanço hídrico quantitativo realizado nesta UG. Da mesma forma, para o balanço quali-quantitativo não foi apresentado nenhum trecho com $IAD > 1$ para todos os cenários estudados, sendo suficiente a vazão remanescente dos trechos para diluição de cargas de DBO.

A UG Madre apresenta, para o Cenário Atual e considerando a vazão de referência mais restritiva (Q98), dois trechos hídricos com IACT classificados como Crítico e quatro trechos classificados como Preocupante, enquanto que os demais trechos estão classificados como Adequado. A partir da vazão de referência Q95, todos os trechos hídricos da UG Madre passam a ser classificados como Adequado. Entre o cenário atual e o horizonte máximo do plano (2031) do cenário tendencial há uma piora significativa nas classes IACT dos trechos hídricos da UG Madre, considerando a vazão de referência Q98. Entretanto, utilizando a Q90 como vazão de referência, todos os trechos hídricos desta UG teriam 100% de sua demanda hídrica atendida (Classe IACT Adequado). Avaliando os cenários alternativos, observa-se uma melhora na classe IACT dos trechos hídricos quando comparado com o cenário tendencial. Para a vazão de referência Q98 até 2031, todos os trechos que estavam classificados com Extremamente Crítico no Cenário Tendencial passam a ser classificados com Crítico no cenário otimista. Para o balanço quali-quantitativo, exceto para o cenário atual e para a vazão QMLT, o número de trechos com concentrações superiores de DBO para rios classe 2 variou de 24% (Q98) a 16% (QMLT), não havendo mudanças significativas comparando-se os cenários futuros (tendencial, moderado e otimista).

A UG Siriú, para o Cenário Atual e considerando a vazão de referência Q98, possui apenas três trechos em que as demandas hídricas solicitadas não são completamente atendidas. Dois destes trechos têm classe IACT Crítico e um trecho Preocupante. A partir da vazão de referência Q95 todos os trechos hídricos da UG Siriú passam a ter suas demandas completamente atendidas. Entre o cenário atual e o horizonte máximo do plano (2031) há uma piora significativa nas classes IACT dos trechos hídricos da UG Siriú, considerando a vazão de referência Q98. Apenas com a vazão de referência Q90 todos os trechos hídricos desta UG teriam 100% de sua demanda hídrica atendida. Para o balanço quali-quantitativo, a UG Siriú teve 70% dos seus trechos com $IAD > 1$ para a vazão de referência Q98 em todos os cenários. Para a vazão menos restritiva (QMLT), a variação do número de trechos foi de 65% a 70% entre os cenários atual e futuro.

Para os resultados de qualidade, representados pelo parâmetro de DBO, observa-se que a progressão entre as vazões de referência (Q98, Q95, Q90 e QMLT) e mínimas (50% da vazão de referência) não alterou significativamente o número de trechos com DBO acima do limite estabelecido. Em média, para os cenários estudados (atual, tendencial, otimista e moderado) na região hidrográfica do Plano de Recursos Hídricos, o número de trechos com $IAD > 1$ variou de 33% para a Q98 a 25% para a QMLT, concentrando-se principalmente na região litorânea. Esses trechos ficam indisponíveis para novas outorgas de diluição de efluentes. A vazão ecológica considerada nos balanços hídricos, estabelecida através da Lei nº 14.675/2009 do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina – IMA (antiga Fatma), para a garantia da manutenção dos ecossistemas aquáticos e para outorga de rios de domínio do

Estado, foi a Q7,10, que corresponde à vazão mínima média de sete dias consecutivos de duração e dez anos de recorrência, de acordo com a Portaria Fatma nº 312/2016. Nos balanços realizados, o sistema considerou como vazão mínima o maior valor entre a vazão ecológica e 50% da vazão de referência, somente para a vazão de referência Q98 que o sistema adotou a vazão ecológica como mínima, para as outras vazões de referência estudadas a vazão mínima foi 50% da mesma, garantido uma vazão remanescente maior para manutenção dos ecossistemas aquáticos, mas em contrapartida reduzindo a oferta para usos consuntivos. Dessa forma, sugere-se que seja mantida a vazão ecológica estabelecida pelo IMA.

3.2. BALANÇOS HÍDRICOS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A análise do confronto das disponibilidades e demandas hídricas subterrâneas consistiu em duas etapas, uma de avaliação e outra de processamento dos dados, com metodologias distintas:

- » Confronto preliminar
- » Balanço hídrico quantitativo.

Na primeira etapa foram confrontados os dados disponíveis sobre os poços, referentes ao banco de dados do Sistema de Informação de Águas Subterrânea (SIAGAS), do Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) e das companhias de saneamento. Considerando apenas os dados do cenário atual, foi avaliada a razão entre as vazões de captação e as de disponibilidade hídrica instalada e instalável. Observou-se que o confronto preliminar considera apenas as disponibilidades pontuais, representadas pelas vazões de estabilização dos testes de bombeamento, obtidas da base de dados do SIAGAS. Sendo assim, esse cenário retrata apenas um panorama pontual do confronto entre as vazões de retirada e as explotáveis.

Para quantificar a disponibilidade hídrica subterrânea para o cenário atual e para os cenários tendenciais, foi calculado, na segunda etapa, o volume potencial de infiltração, determinado com base no cálculo do balanço hídrico quantitativo. As vazões correspondentes ao volume de infiltração foram confrontadas com as vazões de demanda atual e para os cenários tendenciais. Ademais, o volume de infiltração foi especializado a fim de determinar as áreas com maior disponibilidade hídrica subterrânea, em conformidade com as características de uso e cobertura do solo, tipo de solo, declividade, zona aquífera e densidade de fraturamento.

3.2.1. Confronto preliminar

Metodologia

A análise preliminar foi realizada a partir do confronto entre os dados dos poços cadastrados, visando o diagnóstico e a comparação destes resultados com os obtidos do cálculo do balanço hídrico em que foram utilizadas as variáveis hidrológicas.

Disponibilidade hídrica subterrânea

A disponibilidade hídrica refere-se ao volume de água potencial passível de ser explorado do sistema aquífero, a qual pode ser classificada nos seguintes tipos:

- » Disponibilidade hídrica subterrânea instalada
- » Disponibilidade hídrica subterrânea instalável
- » Disponibilidade hídrica subterrânea total.

As disponibilidades hídricas subterrâneas foram estimadas baseadas nos dados dos poços cadastrados no SIAGAS (CPRM, 2018). Considerando que o cadastramento não abrange a totalidade dos poços existentes da área, optou-se por aplicar um coeficiente 5 de clandestinidade (SILVA; KIRCHHEIM, [2011]), o qual contabilizou cinco poços clandestinos para cada um poço cadastrado. Sendo assim, as vazões de disponibilidade foram multiplicadas por 5 em virtude deste critério.

Disponibilidade hídrica subterrânea instalada

A disponibilidade instalada consiste no volume anual passível de exploração através das obras de captação existentes. Para o cálculo da disponibilidade é considerado o valor máximo para a vazão exploração, que ocorre em um regime de bombeamento de 24 horas diárias. Assim, para o levantamento da disponibilidade hídrica instalada, foram utilizados os dados consistidos dos poços em situação de bombeamento no SIAGAS, considerando em regime de bombeamento de 24 horas.

No total foram contabilizados 45 poços que caracterizam a disponibilidade hídrica instalada nas Bacias dos rios Cubatão, Madre e bacias contíguas.

UG	Número de poços	Vazão de estabilização m ³ /h	Vazão de estabilização m ³ /mês
Maruim	16	855,21	624.299,65
Cubatão	13	768,91	561.304,30
Foz do Cubatão	6	892,95	651.857,15
Vargem do Braço	2	110,00	80.300,00
Massiambu	1	54,00	39.420,00
Cachoeiras	Não há poços cadastrados		
Madre	Não há poços cadastrados		
Siriú	7	1.171,40	855.122,00
Total	45	3.852,47	2.812.303,10

Tabela 79 – Disponibilidade hídrica instalada dos poços cadastrados no SIAGAS por UG

Fonte: CPRM (2018). Elaboração própria (2018)

Disponibilidade hídrica subterrânea instalável

De acordo com Moraes (2011), a disponibilidade instalável trata do volume de água passível de ser bombeado dos poços paralisados. Dessa forma, na área de estudo foram considerados os poços que se encontram parados, não instalados, abandonados ou colmatados. A vazão de estabilização em m³/mês considerou que o poço tem um regime de bombeamento de 24 horas diárias.

No total foram contabilizados 39 poços que caracterizam a disponibilidade hídrica instalável nas Bacias dos rios Cubatão, Madre e bacias contíguas.

UG	Número de poços	Vazão de estabilização m ³ /h	Vazão de estabilização m ³ /mês
Maruim	16	1.195,77	872.915,75
Cubatão	16	410,55	299.701,50
Foz do Cubatão	2	88,09	64.302,05
Vargem do Braço	Não há poços cadastrados		
Massiambu	2	40,70	29.711,00
Cachoeiras	Não há poços cadastrados		
Madre	Não há poços cadastrados		
Siriú	3	693,90	506.547,00
Total	39	2.429,01	1.773.177,30

Tabela 80 – Disponibilidade hídrica instalável dos poços cadastrados no SIAGAS por UG

Fonte: CPRM (2018). Elaboração própria (2018)

Disponibilidade hídrica subterrânea total

Para o levantamento da disponibilidade hídrica total, foram utilizados os dados consistidos dos poços cadastrados na rede de monitoramento do SIAGAS, ou seja, dados de poços que se encontram em operação, parados, não instalados, colmatados e abandonados, e que apresentam dados de vazão de estabilização coerentes com a situação de bombeamento.

No total foram contabilizados 84 poços na bacia dos rios Cubatão, Madre e bacias Contíguas. Dessa maneira, estima-se que a disponibilidade hídrica na região seja de 6.281,48 m³/h. A disponibilidade hídrica total, contabilizando o índice de clandestinidade, é apresentada na Tabela 81.

UG	Número de poços	Vazão de estabilização m ³ /h	Vazão de estabilização m ³ /mês
Maruim	32	2.050,98	1.497.215,40
Cubatão	29	1.179,46	861.005,80
Foz do Cubatão	8	981,04	716.159,20
Vargem do Braço	2	110,00	80.300,00
Massiambu	3	94,7	69.131,00
Cachoeiras	Não há poços cadastrados		
Madre	Não há poços cadastrados		
Siriú	10	1.865,3	1.361.669,00
Total	91	6.281,48	4.585.480,40

Tabela 81 – Disponibilidade hídrica total dos poços cadastrados no SIAGAS por UG

Fonte: CPRM (2018). Elaboração própria (2018)

Demanda hídrica subterrânea cadastrada

A demanda hídrica cadastrada foi computada a partir dos poços selecionados na etapa de diagnóstico. Nesse contexto, foram contabilizados 52 poços do Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH). Saliencia-se que, para esta estimativa, foram incluídos os cadastros ainda não avaliados, pois foram identificados apenas 11 poços com o parecer “aprovado” na bacia, o que consistiria em um cenário pouco representativo para compor o confronto entre disponibilidade e demanda hídrica subterrânea. Dessa forma, foram considerados os cadastros que apresentaram parecer “aprovado” ou “não avaliado”.

Além destes, foram considerados 16 poços de captação subterrânea sob operação da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (Casan), sendo 13 situados em Garopaba (UG Siriú) e três em Paulo Lopes (UG Madre). Tendo a pequena representatividade amostral dos

dados, optou-se ainda por incorporar os poços do SIAGAS que estão em bombeamento, considerando que estes estão em regime de operação e aptos a extrair a vazão de estabilização cadastrada de acordo com o teste de bombeamento (SILVA; KIRCHHEIM, [2011]). Observou-se também que a maior parte dos poços cadastrados no SIAGAS não sobrepõem os pontos de captação representados pelo cadastro de usuários, sendo, portanto, complementares. Ressalta-se que tais poços representam o potencial de captação, ou seja, valores máximos de captação.

A estimativa da demanda hídrica subterrânea, a partir dos dados secundários disponíveis, consiste em um valor subestimado em relação à real vazão de extração na bacia. Isso porque há a ocorrência de um grande número de poços, em sua maioria ponteiros, que não são cadastrados nem registrados. Além disso, de acordo com a Resolução SDS nº 02, de 14 de agosto de 2014, os poços com vazões inferiores a 5 m³/dia não estão sujeitos ao processo de outorga e têm maior probabilidade de não estarem cadastrados no Sistema CEURH, embora o mesmo seja obrigatório para todos os usuários de água, consoante ao Art. 7º da Portaria SDS nº 25/2006. Nesse contexto, adota-se um fator de clandestinidade que considera cinco poços existentes para cada um poço cadastrado, multiplicando-se todas as vazões de demanda resultantes por 5.

Considerando que a base de dados do cadastro de usuários (SANTA CATARINA, [2016]) apresenta os valores de vazão de captação em m³/mês e que os dados de captação subterrânea disponibilizados pela Casan são apresentados em m³/dia, optou-se por estabelecer critérios de compatibilização das unidades. Tais critérios baseiam-se, de acordo com Silva e Kirchheim ([2011]), no regime de operação de 12 horas/dia, em dias ininterruptos, levando em conta que não há informações sobre o regime de operação dos poços. O regime de operação adotado representa uma média do regime de operação dos poços em relação à variação sazonal, especialmente quando considerados os sistemas de captação de água para abastecimento público.

A estimativa da demanda hídrica subterrânea por uso consuntivo foi determinada baseada nos setores registrados no cadastro de usuários (SANTA CATARINA, [2016]). Os poços de captação da Casan foram integralmente classificados como setor usuário de abastecimento público. Os poços cadastrados no SIAGAS foram classificados de acordo com o uso de água registrado na ficha de caracterização dos poços. Para os poços do SIAGAS que não continham a informação de uso de água e para os do cadastro de usuários que estavam classificados como “outros usos”, a definição do setor usuário ocorreu conforme a localização da captação subterrânea por imagem de satélite, bem como por avaliação dos dados registrados.

A Tabela 82 apresenta a demanda hídrica subterrânea total por UG, considerando todos os setores usuários e contabilizando o fator de clandestinidade.

UG	Abastecimento público	Criação animal	Irrigação	Industrial	Mineração	Total
Maruim	340.677,35	450,00	1.500,00	112.369,03	0,00	454.996,38
Cubatão	238.610,75	2.000.000,00	73.417,00	43.646,40	0,00	2.355.674,15
Foz do Cubatão	0,00	0,00	0,00	54.321,43	0,00	54.321,43
Vargem do Braço	43.375,00	0,00	0,00	5.760,00	0,00	49.135,00
Massiambu	144.710,15	0,00	0,00	0,00	0,00	144.710,15
Cachoeiras	Não há poços cadastrados					
Madre	202.719,75	75,00	0,00	0,00	10500,00	213.294,75
Siriú	1.631.787,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1.631.787,25
Total	2.601.880,25	20.00.525,00	74.917,00	216.096,85	1.050,00	4.903.919,10

Tabela 82 – Demanda hídrica subterrânea por UG e por uso consuntivo em m³/mês

Elaboração própria (2018)

Resultados

Com base no confronto entre os dados de disponibilidade hídrica subterrânea total e as vazões de demanda hídrica subterrânea, obteve-se o resultado de uma análise preliminar dos recursos hídricos subterrâneos. Esta foi realizada através da razão entre as vazões de captação subterrânea contabilizadas e a soma da disponibilidade hídrica total para cada UG.

Nesse contexto, adotou-se as faixas de classificação propostas pela European Environment Agency e pelas Nações Unidas, consideradas adequadas conforme a metodologia de balanço qualiquantitativo apresentado pela ANA (2013). As classes propostas são apresentadas na Tabela 83 e caracterizam a situação da utilização dos recursos hídricos em função da razão de retirada e da vazão disponível, estimadas em % (Bq).

Bq (%)	Situação hídrica	Descrição
< 5	Excelente	Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre.
5 a 10	Confortável	Pode ocorrer a necessidade de gerenciamento para a solução de problemas locais de abastecimento.
10 a 20	Preocupante	A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios.
20 a 40	Crítica	Exige intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos.
40 a 100	Muito crítica	-
> 100	Péssimo	-

Tabela 83 – Faixas de classificação da situação hídrica

Fonte: ANA (2013). Elaboração própria (2018)

A Tabela 84 apresenta a razão entre a demanda hídrica cadastrada e a disponibilidade total, bem como a correspondente classificação da situação hídrica por UG. Observa-se que as razões foram calculadas com base nas vazões de demanda e disponibilidade mensais.

UG	Razão demanda/disponibilidade total %	Situação hídrica
Maruim	30,39	Crítica
Cubatão	273,6	Péssimo
Foz do Cubatão	7,59	Confortável
Vargem do Braço	61,19	Muito crítica
Massiambu	209,33	Péssimo
Cachoeiras	Não há dados ¹	
Madre	Não há dados ¹	
Siriú	119,84	Péssimo

¹ Não há poços cadastrados para realizar o confronto de disponibilidade e demanda na UG.

Tabela 84 – Confronto preliminar de águas subterrâneas

Elaboração própria (2018)

A partir da análise da razão entre a vazão de retirada e a disponibilidade hídrica instalada e instalável, obteve-se a classificação “péssimo” para as UGs: Cubatão, Massiambu e Siriú. A UG Foz do Cubatão seria a única unidade a apresentar uma situação “confortável”. Entretanto, só foi possível identificar um poço cadastrado no SIAGAS para a contabilização da demanda nesta unidade, o que, ainda que tenha sido usado o fator de clandestinidade, traz insegurança sobre a classificação dessa UG.

O principal setor consuntivo que contribui para a situação hídrica “péssimo” nas UGs Massiambu e Siriú consiste no abastecimento público. Destaca-se a UG Siriú, onde está situada parcialmente a cidade de Garopaba, cujo sistema de abastecimento público é baseado principalmente na captação subterrânea, com sistemas de captação na praia da Gamboa e no centro de Garopaba, e, portanto, compreende uma região de grande importância hidrogeológica na bacia. Na UG Cubatão, o setor de criação animal aparece como o principal meio de contribuição para a situação hídrica “péssimo”. Entretanto, esse cenário ocorre devido a um poço cadastrado em específico, cujo parecer é “não avaliado”, tratando-se, portanto, de um dado de consistência *sub judice*.

No geral, observa-se que, a partir dos dados dos poços cadastrados, foi possível verificar um cenário preliminar do confronto entre disponibilidades e demandas subterrâneas. Há que se considerar o limitado universo amostral e que este se encontra heterogeneamente distribuído, o que condiciona a representatividade deste cenário.

3.2.2. Balanço hídrico

Metodologia

A análise quantitativa entre a vazão de retirada e a vazão disponível dos recursos hídricos subterrâneos foi realizada a partir do método do balanço hídrico, que consiste na aplicação do princípio da conservação de massa. Para a estimativa da infiltração através do cálculo do balanço hídrico subterrâneo, contabilizam-se as entradas, as saídas e as variações de água armazenada no reservatório superficial.

(14)

Em que:

I = Taxa de infiltração

V_p = Volume médio precipitado

V_q = Volume médio escoado

V_e = Volume médio evapotranspirado.

Precipitação

A precipitação média anual utilizada no cálculo do balanço hídrico foi computada a partir das isoietas de precipitação média anual providas dos estudos hidrológicos de regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais de Santa Catarina e foram disponibilizadas pela SDS (SANTA CATARINA, 2006).

Evapotranspiração

A evapotranspiração potencial (ETP) está relacionada à quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo, de uma superfície extensa, completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água (PENMAN, 1956).

Para o cálculo da evapotranspiração potencial, utilizou-se a fórmula empírica de Thornthwaite (1948), que emprega um fator tabelado do comprimento do dia, o qual depende da latitude e da variável monitorada, temperatura média do ar.

$$ETP = Fc * 16 (10 * T/I)^a \quad (15)$$

Onde:

ETP = evapotranspiração de referência (mm/dia) para um mês de 30 dias e comprimento de 12 horas (mm/mês).

T = temperatura média do ar (°C).

I = índice térmico anual ou índice de calor anual.

Fc = fator de correção em função da latitude e do mês do ano (Tabela 85).

A = constante que varia de local para local.

Os valores de temperatura média mensal foram obtidos a partir dos dados climatológicos disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os quais abrangem 29 anos hidrológicos (1961 a 1990). Foram selecionadas as informações de temperatura média mensal presentes para o estado de Santa Catarina, que no total contabilizaram 14 estações. A partir dos dados, foi realizada uma interpolação geoestatística para obter os valores de temperatura média na área de estudo.

O índice térmico anual é calculado de acordo com a equação:

$$I = \Sigma (T/5)^{1,514} \quad (16)$$

O valor de Fc foi calculado para a latitude do centroide de cada UG (Tabela 85), utilizando como base os valores tabulados pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultural (UNESCO, 1982) apud Tucci (2004).

UG	Latitude	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Maruim	27,60	1,186	1,020	1,055	0,955	0,927	0,864	0,912	0,967	1,000	1,108	1,128	1,198
Cubatão	27,71	1,186	1,021	1,055	0,955	0,927	0,864	0,911	0,967	1,000	1,108	1,129	1,199
Foz do Cubatão	27,71	1,186	1,021	1,055	0,955	0,927	0,863	0,911	0,967	1,000	1,108	1,129	1,199
Vargem do Braço	27,78	1,187	1,021	1,055	0,954	0,926	0,863	0,911	0,967	1,000	1,108	1,129	1,199
Massiambu	27,80	1,187	1,021	1,055	0,954	0,926	0,863	0,911	0,966	1,000	1,109	1,129	1,199
Cachoeiras	27,87	1,187	1,021	1,055	0,954	0,926	0,863	0,911	0,966	1,000	1,109	1,129	1,200
Madre	27,92	1,188	1,021	1,055	0,954	0,926	0,862	0,910	0,966	1,000	1,109	1,130	1,200
Siriú	28,04	1,188	1,022	1,055	0,954	0,925	0,862	0,910	0,966	1,000	1,109	1,130	1,201

Tabela 85 – Fator de correção em função da latitude e o mês do ano

Fonte: UNESCO (1982 apud TUCCI, 2004). Elaboração própria (2018)

A ETP difere da evapotranspiração real (ETR), pois esta considera as condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e a umidade do solo. A ETR é igual ou menor que a ETP (ETR < ETP). Dessa forma, objetivando-se estimar a ETR, foi utilizado a relação de 0,69 entre ETR e ETP, para a metodologia de Thornthwaite (1948), conforme especificado por Kobiyama e Chaffe (2008).

Escoamento superficial

A vazão média de longo termo (QMLT) representa a vazão média de uma bacia hidrográfica, dentro de um período de observação. Para se determinar o escoamento superficial, foram utilizadas as vazões médias de longo termo em cada UG calculada, a partir da equação de regionalização da QMLT da Região M4, apresentada no estudo de Regionalização de Vazões das Bacias Hidrográficas Estaduais do Estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2006b).

A equação de regionalização foi aplicada para as UGs que apresentaram área de drenagem maior que 140 km² (Maruim e Massiambu), valor este correspondente à menor área de drenagem dos postos fluviométricos utilizados no estudo de regionalização. Para o grupo Cubatão, Foz do Cubatão e Vargem do Braço, assim como para o agrupamento da Cachoeiras e Madre, foi aplicada a equação de regionalização para as áreas das bacias que abrangem estes dois grupos de UGs, e, posteriormente, foram calculadas as vazões por relação de área de drenagem entre a UG e a respectiva bacia correspondente.

Para Siriú foi aplicada a equação de regionalização para uma área de 140 km², com a precipitação média anual desta UG, e, posteriormente, foi calculada a vazão por relação de área de drenagem.

Os resultados para as vazões médias de longo termo e as respectivas áreas de drenagem e precipitação média anual são apresentados na Tabela 86 e na Tabela 87.

UG	Maruim	Cubatão	Foz do Cubatão	Vargem do Braço
Área de drenagem – AD (km²)	283,90	519,04	16,97	206,55
Precipitação média anual (método das isoietas) – P	1723,80	1791,93	1698,83	1731,66
Vazão média de longo termo – QMLT (m³/s)	6,66	13,43	0,44	5,35

Tabela 86 – Vazão média de longo termo (QMLT)

Fonte: Santa Catarina (2006b). Elaboração própria (2018)

UG	Massiambu	Cachoeiras	Madre	Siriú
Área de drenagem – AD (km²)	139,57	91,71	244,51	84,35
Precipitação média anual (método das isoietas) – P	1696,45	1700,00	1677,04	1637,96
Vazão média de longo termo – QMLT (m³/s)	3,05	2,17	5,77	1,82

Tabela 87 – Vazão média de longo termo (QMLT)

Fonte: Santa Catarina (2006b). Elaboração própria (2018)

Representação espacial do potencial de infiltração

Para o cálculo do balanço hídrico foi levado em consideração os limites pré-estabelecidos para as UGs, ainda que uma mesma UG intercepte duas ou mais unidades aquíferas. Considerando que a taxa de infiltração não é uniforme sobre a área de uma UG, foi gerado um mapa de potencial infiltração em SIG (Sistema de Informação Geográfica), a partir da integração entre os mapas de hidrogeologia, densidade de fraturamento, declividade, solos e uso e cobertura do solo. Dessa forma, possibilitou-se a identificação de áreas com maior ou menor potencial de infiltração.

A integração dos mapas foi realizada conforme a metodologia apresentada na Figura 47, modificada de Gonçalves et al. (2009) e Gonçalves et al. (2007).

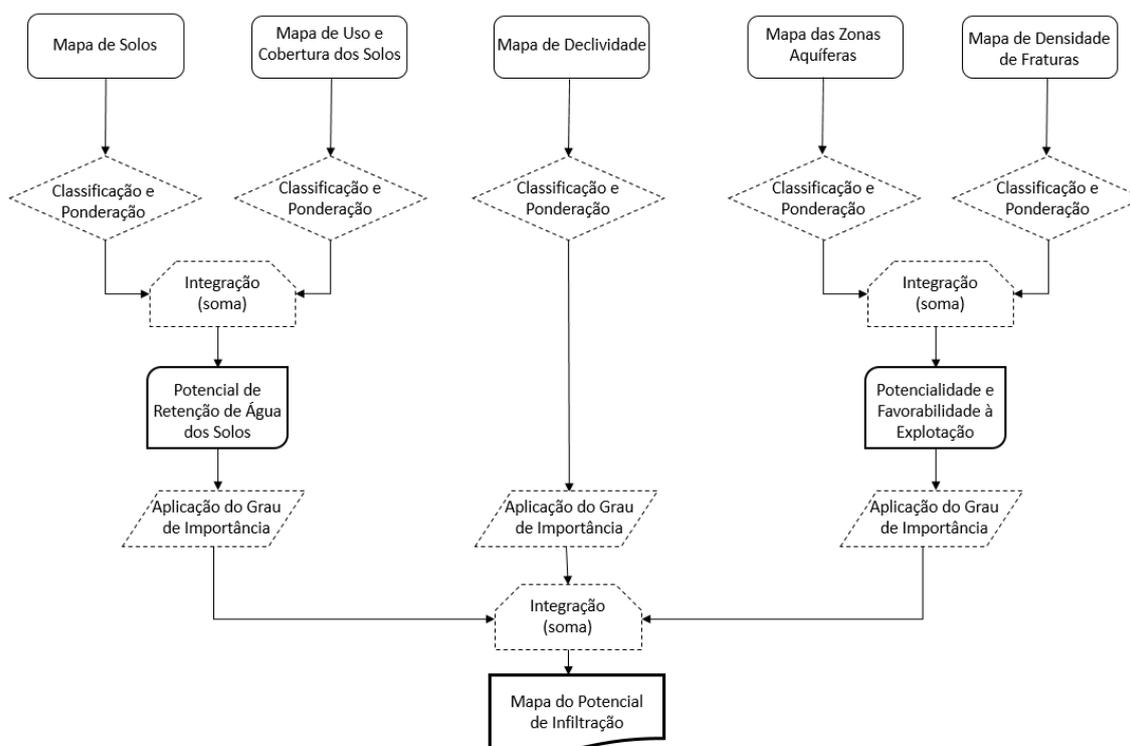


Figura 47 – Metodologia para a elaboração do mapa potencial de infiltração em águas subterrâneas

Fonte: Gonçalves et al. (2007; 2009). Elaboração própria (2018)

Solos e uso e cobertura do solo

O mapa de uso e cobertura do solo apresenta, em classes, os tipos de uso e cobertura da terra na região em estudo. A cobertura do solo determina a variação do potencial de infiltração, representando as áreas de maior ou menor potencial de recarga em função da ocupação, da impermeabilização das superfícies e do tipo de vegetação.

O mapa de solos apresenta as classes dos solos que compõem a região em estudo. O tipo de solo define as características de condutividade e transmissividade hidráulica, de acordo com a textura, profundidade e teor de argila.

Foram atribuídos pesos de 1 a 5 para as classes de solos e de uso e cobertura dos solos, sendo a classe 5 referente à maior capacidade de infiltração. O resultado da integração dos dois mapas é apresentado na Figura 48 e no Apêndice 1.

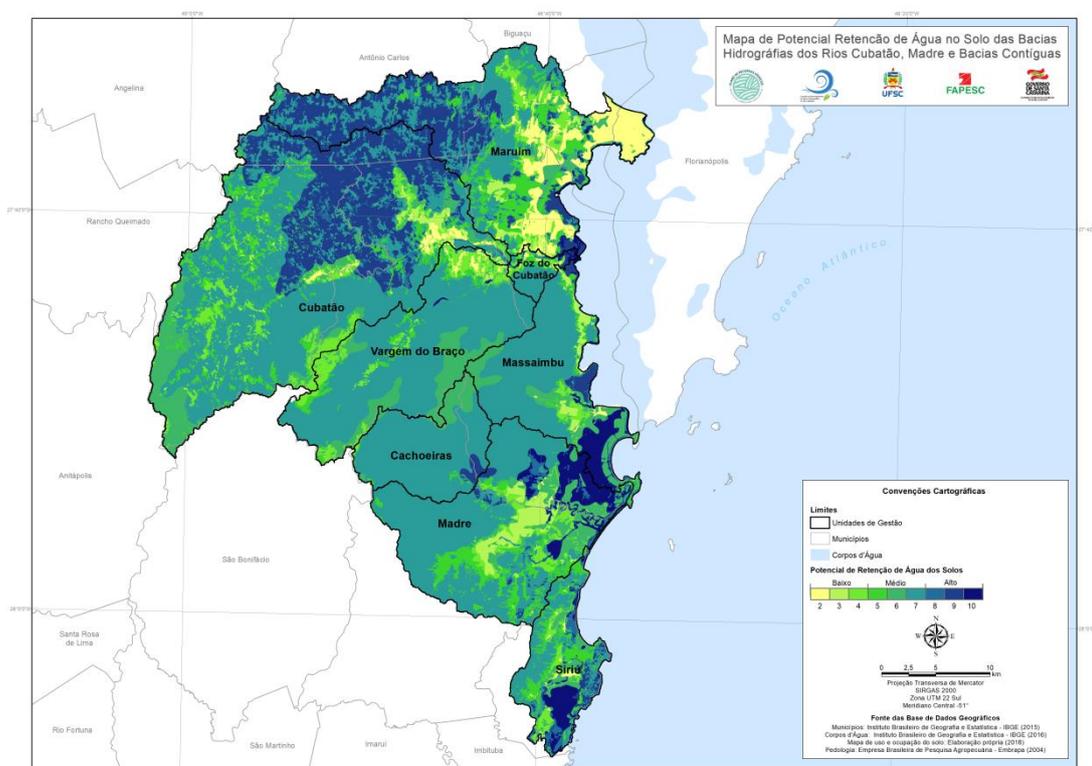


Figura 48 – Mapa do potencial de retenção de água nos solos

Fonte: Embrapa (2004). Elaboração própria (2018)

Declividade

A declividade da superfície influencia diretamente no comportamento do escoamento superficial, interferindo na taxa de infiltração. Dessa forma, quanto maior a declividade, menor a infiltração. Nesse contexto, foram definidos pesos de 1 a 5, de acordo com a inclinação do terreno, sendo o peso 5 atribuído às áreas com maior declividade.

A Figura 49 e o Apêndice 2 apresentam o Mapa de declividade das bacias em estudo.

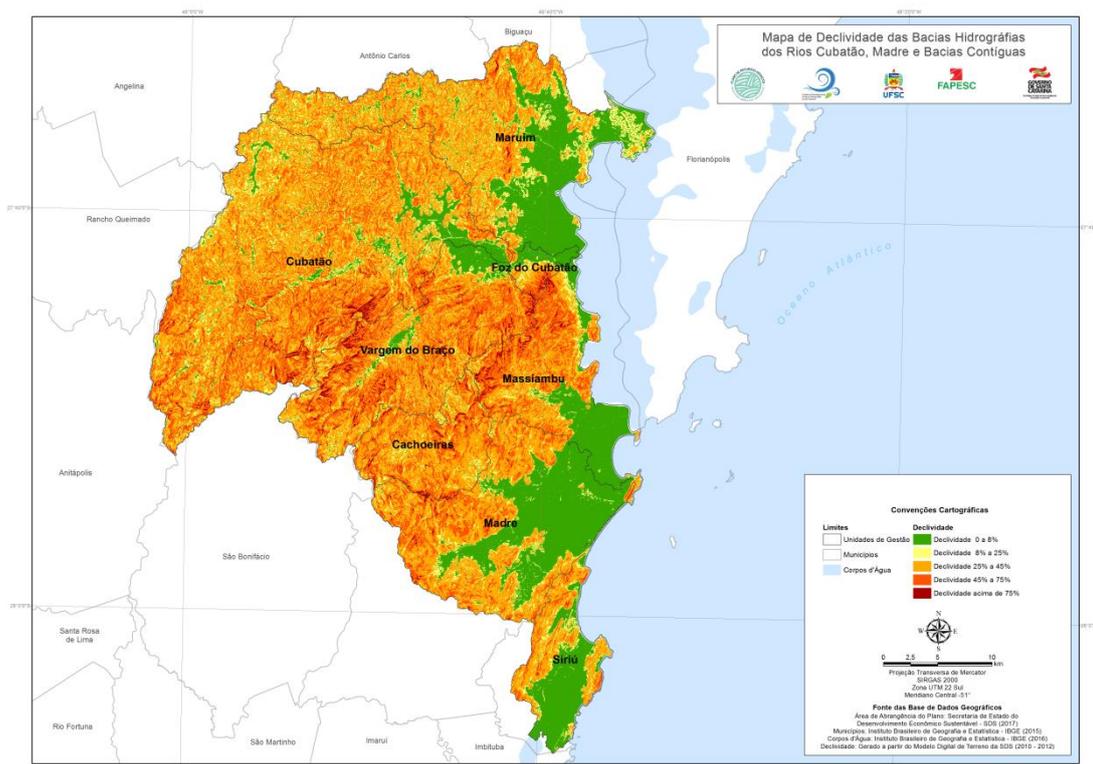


Figura 49 – Mapa de declividade
 Fonte: Santa Catarina (2012). Elaboração própria (2018)

Zonas aquíferas e densidade de fraturas

O mapa de zonas aquíferas representa a classificação de sistemas aquíferos em relação às condições hidrogeológicas e às características de fluxo subterrâneo, considerando as diferentes litologias aquíferas e a homogeneidade do comportamento hidráulico. Nesse contexto, o conjunto das variáveis que delimitam as zonas aquíferas determinam as características hidrodinâmicas e, conseqüentemente, a produtividade, e a potencialidade dos sistemas aquíferos. Sendo assim, a partir das vazões médias de exploração de cada zona aquífera, foi determinada a ponderação referente ao potencial de infiltração, de 0,05 a 5, proporcional às vazões médias, sendo 5 correspondente à zona aquífera de maior vazão média.

A densidade e a conectividade das fraturas são fatores influentes na determinação do fluxo subterrâneo, pois evidenciam as direções preferenciais de escoamento de água subterrânea. Dessa forma, foi classificada a ponderação de 2 a 5, considerando a classificação determinada no diagnóstico, conforme os intervalos estatísticos da densidade de fraturamento, a saber: pouco fraturado, moderadamente fraturado, muito fraturado e intensamente fraturado, sendo 5 correspondentes a zonas intensamente fraturadas.

A integração destes dois mapas (soma) resultou em um mapa parcial representativo da potencialidade e favorabilidade de exploração na área da bacia, apresentado na Figura 50 e no Apêndice 3.

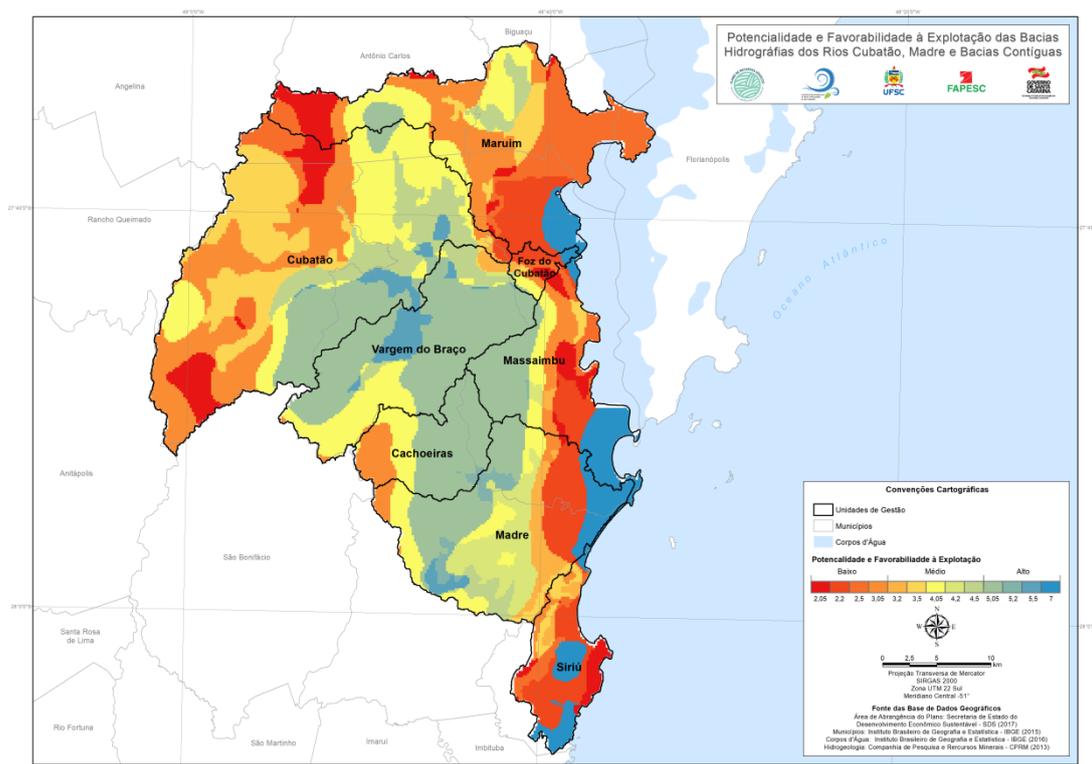


Figura 50 – Mapa de potencialidade e favorabilidade à exploração de águas subterrâneas

Fonte: Santa Catarina (2012) e CPRM (2012). Elaboração própria (2018)

Representação espacial do potencial de infiltração

A representação espacial da disponibilidade hídrica compreende no resultado da integração das bases supracitadas. Para realizar a integração, foram determinados graus de importância para cada mapa parcial, considerando a maior ou menor influência destes fatores no processo de infiltração. Dessa forma, atribuíram-se ponderações no formato de um fator multiplicador a ser inserido no processo de interação final.

Para o mapa de potencial de retenção de água no solo, que reúne as características provenientes do tipo de solo e uso e cobertura do solo, foi atribuído o maior grau de importância, correspondente ao fator multiplicador 5. De acordo com a escala de valores de um processo analítico hierárquico apresentado por Camara et al. (1996), a intensidade de importância 5 representa um valor essencial no processo. Nesse contexto, o maior grau de importância foi atribuído considerando que o tipo do solo e as características de uso e cobertura do solo constituem componentes de primeira resposta hidrológica ao processo de infiltração.

Para a componente declividade, atribuiu-se um grau de importância moderada, correspondente ao fator multiplicador 3, considerando que esta variável determina o tempo de permanência do fluxo nas condições superficiais (CHIARANDA, 2002).

As condições de subsuperfície e de profundidade, representadas neste estudo pelas componentes de densidade de fraturamento e pelas zonas aquíferas combinadas, apresentam um grau de importância menor que os demais, correspondente ao fator multiplicador 1. Isso porque são considerados componentes de contato secundário, que se desenvolvem e sofrem modificações em velocidades menores que os níveis superiores (CHIARANDA, 2002).

Nesse contexto, a Figura 51 e o Apêndice 4 apresenta o resultado do processo de combinação e ponderação das múltiplas variáveis consideradas.

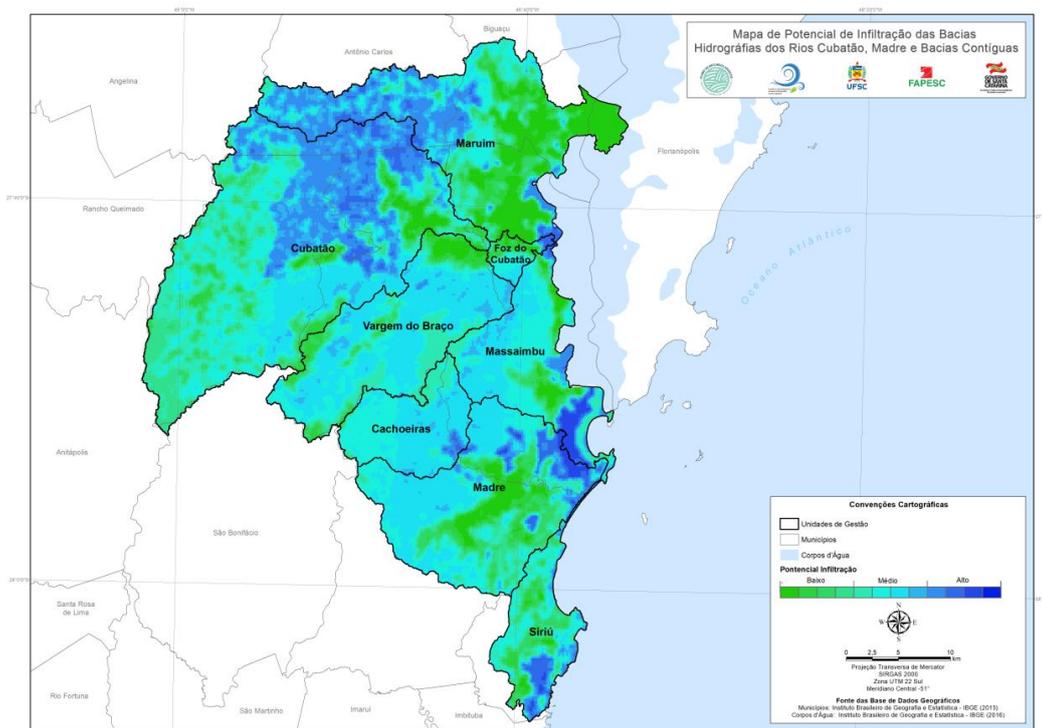


Figura 51 – Mapa do potencial de infiltração de água no subsolo
Elaboração Própria (2018)

Observa-se que precisão dos resultados está condicionada à distribuição e à precisão dos dados de entrada.

Resultados

Disponibilidade hídrica subterrânea

O resultado para o cálculo da disponibilidade hídrica, de acordo com o método do balanço hídrico, considerando as variáveis de precipitação, evapotranspiração real e a QMLT, resultou nos valores de infiltração para cada UG, apresentados na Tabela 88.

UG	Precipitação (mm/ano)	Evapotranspiração real – 0,69 ETP (mm/ano)	Vazão QMLT (mm/ano)	Infiltração (m ³ /mês)
Marum	1.723,4	649,42	739,45	7.914.345,96
Cubatão	1.791,9	630,58	816,12	14.931.277,14
Foz do Cubatão	1.698,8	649,75	816,12	329.410,01
Vargem do Braço	1.731,7	638,68	816,12	4.765.987,07
Massiambu	1.696,4	645,88	688,69	4.208.272,03
Cachoeiras	1.700,0	637,79	744,67	2.426.811,01
Madre	1.677,0	639,19	744,67	5.973.012,57
Siriú	1.638,0	638,66	680,19	2.243.367,83

Tabela 88 – Disponibilidade hídrica subterrânea – taxa de infiltração
Elaboração própria (2018)

Confrontando os valores de infiltração obtidos do método do balanço hídrico, observa-se que em todas as UGs sucedem-se um excedente hídrico, o qual permite que ocorra a recarga de água subterrânea. Nota-se ainda que a maior taxa de infiltração ocorre na UG de Cubatão e a menor ocorre na de Foz do Cubatão.

Embora os resultados configurem um cenário de excedente hídrico em todas as UGs, não há garantia de que os níveis atuais de disponibilidade hídrica subterrânea serão mantidos com as taxas de infiltração apresentadas, considerando que existem múltiplas condições de superfície e de subsuperfície que regem as características do fluxo horizontal, podendo redirecionar o volume de infiltração para outras UGs.

Demanda hídrica subterrânea

A demanda hídrica subterrânea para compor o cálculo do balanço quantitativo foi contabilizada de maneira análoga à demanda hídrica subterrânea utilizada na análise preliminar. Sendo assim, foram contabilizados 52 poços do CEURH, que apresentaram os pareceres “aprovado” ou “não avaliado”. Além disso, foram considerados 16 poços de captação subterrânea sob operação da Casan e os poços do SIAGAS que estão em bombeamento.

Observa-se que a estimativa da demanda hídrica subterrânea, baseada nos dados secundários selecionados, possivelmente consiste em um valor subestimado em relação à situação real. Dessa forma, como adotado na etapa preliminar, manteve-se o fator de clandestinidade para o cálculo da demanda, considerando cinco poços existentes para cada um poço cadastrado. Além disso, foi mantido o critério de regime de operação de 12 horas/dia, em dias ininterruptos, considerando que não há informação individual sobre o regime de poços.

A estimativa da demanda hídrica subterrânea foi determinada com base nos setores usuários presentes no cadastro (SANTA CATARINA, 2016). Os poços que não continham informação sobre o uso de água subterrânea ou que estavam categorizados como “outros usos” foram classificados de acordo com a análise dos dados e a localização, por avaliação de imagem de satélite.

Para realizar a projeção da demanda nos cenários futuros, de acordo com os coeficientes utilizados para os recursos hídricos superficiais, o setor usuário abastecimento público foi subdividido em: abastecimento público urbano, abastecimento público rural e ao abastecimento público flutuante. Os poços referentes ao abastecimento urbano e ao abastecimento rural foram diferenciados com base em imagem de satélite e no mapa de uso e ocupação do solo. A demanda hídrica subterrânea referente ao abastecimento flutuante foi computada a partir da proporcionalidade entre o abastecimento público urbano e o abastecimento público flutuante, baseada na série histórica de demandas hídricas do estudo dos cenários tendenciais.

A Tabela 89, a Tabela 90, a Tabela 91 e a Tabela 92 apresentam os resultados para a demanda hídrica subterrânea para o cenário atual e para os cenários tendenciais. Observa-se que não há dados para Cachoeiras, uma vez que não existem poços cadastrados dentro do limite desta UG.

Atividade / UG	Maruim	Cubatão	Foz do Cubatão	Vargem do Braço	Massiambu	Cachoeiras	Madre	Siriú
Abastecimento público urbano	340.677,35	166.340,75	0,00	43.375,00	144.710,15		202.719,75	1.631.787,25
Abastecimento público rural	0,00	72.270,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Abastecimento público flutuante	11.573,47	1.046,89	0,00	209,04	2.184,46		8.686,70	868.180,87
Criação animal	450,00	2.000.000,00	0,00	0,00	0,00		75,00	0,00
Irrigação	1.500,00	73.417,00	0,00	0,00	0,00	Não há poços cadastrados	0,00	0,00
Industrial	112.369,03	43.646,40	54.321,43	5.760,00	0,00		0,00	0,00
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		10.500,00	0,00
Demanda total (m³/mês)	466.569,84	2.356.721,04	54.321,43	49.344,04	146.894,61		221.981,45	2.499.968,12
Demanda total (mm/ano)	19,72	54,49	38,41	2,87	12,63		10,89	355,65

Tabela 89 – Valores de demanda hídrica para o cenário atual computados, quando não especificado, em m³/mês

Elaboração própria (2018)

Atividade / UG	Maruim	Cubatão	Foz do Cubatão	Vargem do Braço	Massiambu	Cachoeiras	Madre	Siriú
Abastecimento público urbano	470.222,29	209.949,54	0,00	63.262,72	188.935,60		266.189,11	2.009.736,71
Abastecimento público rural	0,00	79.858,35	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Abastecimento público flutuante	15.273,45	1404,63	0,00	564,00	3.011,13		11.048,84	1.055.379,50
Criação animal	322,53	1.961.716,62	0,00	0,00	0,00		23,96	0,00
Irrigação	1.740,43	100.362,21	0,00	0,00	0,00	Não há poços cadastrados	0,00	0,00
Industrial	66.611,05	123.963,13	7.909,90	14.422,43	0,00		0,00	0,00
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		6.187,50	0,00
Demanda total (m³/mês)	554.169,74	2.477.254,49	7.909,90	78.249,16	191.946,73		283.449,41	3.065.116,21
Demanda total (mm/ano)	23,42	57,27	5,59	4,55	16,50		13,91	436,05

Tabela 90 – Valores de demanda hídrica para o cenário de curto prazo computados, quando não especificado, em m³/mês

Elaboração própria (2018)

Atividade / UG	Maruim	Cubatão	Foz do Cubatão	Vargem do Braço	Massiambu	Cachoeiras	Madre	Siriú
Abastecimento público urbano	565.202,39	239.357,79	0,00	78.285,17	221.610,61		309.521,78	2.265.168,10
Abastecimento público rural	0,00	84.569,99	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Abastecimento público flutuante	16.508,87	1.448,37	0,00	593,12	3.342,81		11.793,60	1.122.354,15
Criação animal	259,38	1.990.368,76	0,00	0,00	0,00	Não há poços cadastrados	14,67	0,00
Irrigação	2.136,16	123.973,85	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Industrial	76.568,52	138.433,99	8.869,83	16.397,96	0,00		0,00	0,00
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		4.725,08	0,00
Demanda total (m³/mês)	660.675,32	2.578.152,75	8.869,83	95.276,25	224.953,42		326.055,13	3.387.522,25
Demanda total (mm/ano)	27,93	59,61	6,27	5,54	19,34		16,00	481,91

Tabela 91 – Valores de demanda hídrica para o cenário de médio prazo computados, quando não especificado, em m³/mês

Elaboração própria (2018)

Atividade / UG	Maruim	Cubatão	Foz do Cubatão	Vargem do Braço	Massiambu	Cachoeiras	Madre	Siriú
Abastecimento público urbano	679.284,85	272.516,72	0,00	96.700,49	261.222,80		358.708,24	2.554.126,01
Abastecimento público rural	0,00	89.559,62	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Abastecimento público flutuante	17.840,70	1.492,96	0,00	622,96	3.710,31		12.586,35	1.193.433,11
Criação animal	208,46	2.020.627,39	0,00	0,00	0,00	Não há poços cadastrados	9,01	0,00
Irrigação	2.625,11	153.075,79	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Industrial	88.014,50	154.594,09	9.946,26	18.644,07	0,00		0,00	0,00
Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		3.686,15	0,00
Demanda total (m³/mês)	787.973,62	2.691.866,58	9.946,26	115.967,52	264.933,11		374.989,74	3.747.559,12
Demanda total (mm/ano)	33,31	62,23	7,03	6,74	22,78		18,40	533,13

Tabela 92 – Valores de demanda hídrica para o cenário de longo prazo computados, quando não especificado, em m³/mês

Elaboração própria (2018)

Balanço hídrico

Cenário atual

O resultado do confronto entre a disponibilidade e a demanda hídrica subterrânea para o cenário atual e futuro é apresentado na Tabela 93. A análise do balanço quantitativo foi realizada através da razão entre as vazões de demanda hídrica e vazões de disponibilidade hídrica por UG.

Para avaliar o cenário, assim como no confronto preliminar dos dados, adotou-se as faixas de classificação propostas pela Agência Europeia do Ambiente (AEA) e pelas Nações Unidas, consideradas adequadas conforme a metodologia de balanço qualiquantitativo apresentada pela ANA (2013). As classes propostas foram apresentadas na Tabela 83 e caracterizam a situação da utilização dos recursos hídricos em função da razão de retirada e da vazão disponível, expostas em porcentagem.

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	5,90	Confortável
Cubatão	15,78	Preocupante
Foz do Cubatão	16,49	Preocupante
Vargem do Braço	1,04	Excelente
Massiambu	3,49	Excelente
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	3,72	Excelente
Siriú	111,44	Péssimo

Tabela 93 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário atual

Elaboração própria (2018)

A partir dos resultados da razão entre demanda e disponibilidade hídrica subterrânea é possível observar que a UG Siriú apresenta uma situação hídrica "péssima", em que, atualmente, a vazão de captação subterrânea é maior que a disponibilidade hídrica. A UG Siriú abrange parcialmente a cidade de Garopaba, onde estão localizados os poços para o abastecimento público do município, que consiste no principal setor usuário desta UG. Observa-se que o município é atendido principalmente por recursos hídricos subterrâneos e, nos dias atuais, importa água de Imituba, mais precisamente do reservatório de Ibiraquera. O cenário apresenta, portanto, uma situação "péssima", que é agravada durante a temporada de verão.

Verificou-se com base nos resultados, que as UGs Cubatão e Foz do Cubatão apresentaram situação hídrica "preocupante". O principal fator responsável para esta condição é um poço na UG Cubatão cadastrado com parecer "não avaliado". Na UG Foz do Cubatão, o cenário "preocupante" ocorre devido a um poço voltado ao uso industrial para engarrafamento de água mineral.

As demais UGs apresentaram situações hídricas "excelente" e "confortável".

Cenários tendencial

Cenário de curto prazo

A Tabela 94 exhibe os resultados do balanço hídrico para um cenário de curto prazo, referente ao período de 2016 a 2023. Este cenário aponta um crescimento da demanda mais significativo nas UGs que apresentam o abastecimento público como setor usuário de maior representatividade.

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	7,00	Confortável
Cubatão	16,59	Preocupante
Foz do Cubatão	2,40	Excelente
Vargem do Braço	1,64	Excelente
Massiambu	4,56	Excelente
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	4,75	Excelente
Siriú	136,63	Péssimo

Tabela 94 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário de curto prazo (2016-2023)

Elaboração própria (2018)

Os resultados indicam, em um cenário de curto prazo, que a situação hídrica da UG Siriú permaneceria na condição "péssima", com um aumento significativo na relação entre demanda e disponibilidade hídrica subterrânea. Este cenário aponta que o aumento na vazão de captação subterrânea agravaria a situação em curto prazo, caracterizando uma condição de necessidade de intervenções e ações, objetivando a conservação dos recursos hídricos subterrâneos.

Observa-se que a maior área da UG Siriú é composta por aquíferos sedimentares, o que indica uma região de grande potencialidade. Entretanto, embora ocorra a favorabilidade hidrogeológica à exploração, a crescente demanda voltada ao abastecimento público urbano e flutuante mantém essa UG em uma condição hídrica desfavorável. Ademais, cabe salientar que além da limitação quantitativa, ocorre uma situação de vulnerabilidade, pois o aquífero se encontra próximo ao mar, podendo acarretar em risco de intrusão salina. Sendo assim, o crescimento populacional ocorrido pelo aporte do turismo na UG Siriú consiste em fatores determinantes para a condição hídrica desta unidade.

A UG Foz do Cubatão apresentou uma alteração na situação hídrica, de "preocupante" para "excelente". Esta condição de melhoria hídrica deve-se essencialmente à projeção do cenário industrial nesta UG, o qual indica um decréscimo deste setor. Salienta-se que o resultado deste cenário deve ser interpretado apenas como uma estimativa baseada nos dados de entrada, considerando que a demanda foi estimada em um único poço localizado nesta unidade, cujo uso é voltado à produção de água mineral.

A UG Maruim permaneceu em situação hídrica "confortável", em virtude principalmente da alta taxa de infiltração nesta área. A UG Cubatão continuou apresentando uma condição hídrica "preocupante", destacando-se o crescimento significativo na demanda voltada ao abastecimento público. Apesar do aumento da demanda, as UGs Vargem do Braço, Massiambu e Madre continuaram com uma situação hídrica "excelente", considerando a baixa demanda distribuída em relação à disponibilidade.

Cenário de médio e longo prazo

Os resultados do cálculo do balanço hídrico para os cenários de médio e longo prazo são apresentados na Tabela 95 e na Tabela 96, respectivamente. Observa-se que, devido às projeções das demandas tendenciais, duas UGs alteraram a situação hídrica quando comparadas ao cenário de curto prazo.

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	8,35	Confortável
Cubatão	17,27	Preocupante
Foz do Cubatão	2,69	Excelente
Vargem do Braço	2,00	Excelente
Massiambu	5,35	Confortável
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	5,46	Confortável
Siriú	151,00	Péssimo

Tabela 95 – Balanço hídrico de águas

Elaboração própria (2018)

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	9,96	Confortável
Cubatão	18,03	Preocupante
Foz do Cubatão	3,02	Excelente
Vargem do Braço	2,43	Excelente
Massiambu	6,30	Confortável
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	6,28	Confortável
Siriú	167,05	Péssimo

Tabela 96 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário de longo prazo (2027-2031)

Elaboração própria (2018)

De acordo com o balanço hídrico é possível identificar que a UG Siriú permanece apresentando uma situação hídrica "péssima", em que a vazão de retirada é maior que a vazão disponível. De maneira análoga à projeção do cenário de curto prazo, nos cenários de médio e longo prazo o fator condicionante desta situação hídrica é o aumento da demanda voltada ao abastecimento público. Sendo assim, a projeção indica que o crescimento contínuo da demanda de abastecimento público na UG Siriú tende a agravar a proporção entre demanda e disponibilidade hídrica, assinalando um cenário de alerta.

Observa-se ainda que as UGs Massiambu e Madre passaram de uma situação hídrica "excelente" para "confortável", em virtude, principalmente, do aumento da demanda hídrica voltada ao abastecimento público urbano. Estas UGs abrangem parcialmente os municípios de Palhoça e Paulo Lopes, compreendendo o abastecimento da Praia da Pinheira e os sistemas de abastecimento público de Paulo Lopes. Nesse contexto, a projeção indica que embora ocorra o proporcional crescimento da demanda para o abastecimento, a disponibilidade em função da taxa de infiltração supriria a necessidade dessas UGs.

Cenários alternativos

Cenário otimista de curto prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário otimista apresentaram uma mudança na situação hídrica da UG Foz do Cubatão, que passou de "preocupante" para "excelente",

quando comparada ao cenário atual. Já quando comparada ao cenário tendencial de curto prazo, não houve mudanças na situação hídrica da bacia. Isso ocorre devido à situação hídrica da bacia ser caracterizada segundo faixas de classificação propostas pela AEA e pelas Nações Unidas e em decorrência de pequenas alterações nos coeficientes dos cenários alternativos não serem suficientes para que ocorra uma mudança na faixa de classificação e, portanto, uma alteração na situação.

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	6,25	Confortável
Cubatão	15,53	Preocupante
Foz do Cubatão	2,26	Excelente
Vargem do Braço	1,46	Excelente
Massiambu	4,15	Excelente
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	4,33	Excelente
Siriú	124,15	Péssimo

Tabela 97 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário otimista de curto prazo (2016-2023)

Elaboração própria (2018)

Cenário otimista de médio prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário otimista de médio prazo, quando comparado ao cenário tendencial de médio prazo, apresentaram mudanças na situação hídrica das UGs Massiambu e Cachoeiras, as quais passaram de uma situação hídrica "confortável" para "excelente". Quando comparados ao cenário alternativo de curto prazo, não houve mudanças significativas para que fossem alteradas as situações hídricas das UGs.

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	7,35	Confortável
Cubatão	15,90	Preocupante
Foz do Cubatão	2,50	Excelente
Vargem do Braço	1,74	Excelente
Massiambu	4,51	Excelente
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	4,64	Excelente
Siriú	136,80	Péssimo

Tabela 98 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário otimista de médio prazo (2023-2027)

Elaboração própria (2018)

Cenário otimista de longo prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário otimista de longo prazo não apresentaram mudanças na situação hídrica da bacia, quando comparados ao cenário tendencial de longo prazo. Entretanto, quando comparado ao cenário alternativo de médio prazo, houve mudanças na situação hídrica das UGs Massiambu e Madre, que passaram da situação "excelente" para "confortável".

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	8,68	Confortável
Cubatão	16,35	Preocupante
Foz do Cubatão	2,77	Excelente
Vargem do Braço	2,08	Excelente
Massiambu	5,25	Confortável
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	5,25	Confortável
Siriú	150,74	Péssimo

Tabela 99 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário otimista de longo prazo (2027-2031)

Elaboração própria (2018)

Cenário moderado de curto prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário moderado de curto prazo não apresentaram mudanças na situação hídrica da bacia, quando comparados ao cenário tendencial de curto prazo. Entretanto, quando comparados ao cenário atual, houve mudança na situação hídrica da UG Foz do Cubatão, que passou de situação "preocupante" para "excelente".

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	6,64	Confortável
Cubatão	16,07	Preocupante
Foz do Cubatão	2,33	Excelente
Vargem do Braço	1,56	Excelente
Massiambu	4,36	Excelente
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	4,54	Excelente
Siriú	130,51	Péssimo

Tabela 100 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário moderado de curto prazo (2016-2023)

Elaboração própria (2018)

Cenário moderado de médio prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário moderado de médio prazo apresentaram uma mudança na situação hídrica das UGs Massiambu e Cachoeiras, nas quais passaram de uma situação hídrica "excelente" para "confortável", quando comparados ao cenário moderado de curto prazo. Entretanto, quando comparados ao cenário tendencial de médio prazo, não houve mudanças na situação hídrica das UGs.

UG	Razão demanda/Disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	7,86	Confortável
Cubatão	16,59	Preocupante
Foz do Cubatão	2,60	Excelente
Vargem do Braço	1,87	Excelente
Massiambu	5,00	Excelente
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	5,11	Excelente
Siriú	144,01	Péssimo

Tabela 101 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário moderado de médio prazo (2023-2027)

Elaboração própria (2018)

Cenário moderado de longo prazo

Os coeficientes estabelecidos para o cenário moderado de longo prazo não apresentaram mudanças na situação hídrica da bacia, quando comparados ao cenário tendencial de longo prazo e ao cenário moderado de médio prazo.

UG	Razão demanda/disponibilidade (%)	Situação hídrica
Maruim	9,02	Confortável
Cubatão	16,63	Preocupante
Foz do Cubatão	2,73	Excelente
Vargem do Braço	2,15	Excelente
Massiambu	5,63	Confortável
Cachoeiras	Não há poços cadastrados	
Madre	5,51	Confortável
Siriú	152,43	Péssimo

Tabela 102 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário moderado de longo prazo (2027-2031)

Elaboração própria (2018)

3.2.3. Conclusões

A partir dos resultados do balanço hídrico em águas subterrâneas, observa-se que, de modo geral, as UGS apresentaram resultados favoráveis para exploração de águas subterrâneas, tanto no cenário atual quanto nos cenários e horizontes futuros previstos.

A UG Vargem do Braço apresentou o melhor resultado tendo situação hídrica “Excelente” em todos os cenários e horizontes analisados. Já na UG Cachoeiras não houve poços cadastrados. A UG Foz do Cubatão, que está em situação “Preocupante” atualmente, sofre uma grande melhora e, a partir de 2023, passa a ter situação hídrica excelente em todos os cenários analisados, observa-se que esta melhora se dá devido a diminuição da demanda de água para o uso industrial nesta UG.

As UGs Massiambu e Madre exibem o mesmo comportamento, atualmente ambas tem classificação “Excelente”, porém há piora nos resultados. No cenário tendencial, estima-se que ambas passarão a ter situação hídrica “Confortável” a partir de 2027, e nos cenários moderado e otimista, estima-se que ambas apresentarão situação hídrica “Confortável” a partir de 2031. Observa-se que o aumento da população urbana nestas UGs é o principal fator para a piora da situação hídrica

A situação hídrica permaneceu estável, em todos os cenário e horizontes analisados, na UG Maruim, a qual foi considerada “Confortável”, e na UG Cubatão, onde a situação hídrica é classificada como “Preocupante”.

O pior resultado foi referente a UG Siriú, onde a situação hídrica foi considerada péssima em todos os cenário e horizontes analisados. Nesta UG a demanda hídrica é maior do que a disponibilidade de água para consumo, que é principalmente o abastecimento urbano.

4. Identificação de áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água

Esta atividade tem como objetivo orientar a expansão das atividades demandadoras de água e a avaliação da possibilidade de implantação de novas atividades que utilizam recursos hídricos nas bacias em estudo. A identificação de áreas críticas é fator primordial para o planejamento do equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, considerando as características qualitativas dos mananciais disponíveis. As áreas identificadas como críticas deverão ser analisadas para que se possam definir medidas estruturais e não estruturais necessárias, além de ações mitigadoras prioritárias a serem recomendadas pelo Plano.

O Capítulo 4.1 apresenta o levantamento de áreas críticas identificadas nos balanços hídricos realizados em corpos de água superficiais enquanto o Capítulo 4.2 apresenta o levantamento de áreas críticas identificadas nos balanços hídricos realizados em águas subterrâneas.

4.1. ÁREAS CRÍTICAS PARA EXPANSÃO DE ATIVIDADES DEMANDADORAS DE ÁGUA SUPERFICIAL

O Capítulo 4.1.1 apresenta a descrição da metodologia adotada para a identificação das áreas críticas em corpos de água superficiais, o Capítulo 4.1.2 apresenta os resultados das áreas críticas identificadas por UG enquanto que o Capítulo 4.1.3 apresenta as conclusões.

4.1.1. Metodologia

Para a identificação das áreas críticas em cada UG foi realizada uma sobreposição de temáticas socioambientais com os resultados dos balanços hídricos do Sistema de Apoio a Decisão e Planejamento (SADPLAN). Consoante às resoluções CERH-SC nº 001/2008 e Conama nº 357/2005 serão utilizadas temáticas que tratam de restrições e fragilidades socioambientais quanto aos usos de recursos hídricos, quais sejam:

- » Unidades de Conservação de Uso Sustentável e Proteção Integral nas esferas federais – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) –, estaduais – Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) –, e municipais – prefeituras e fundações municipais de meio ambiente.
- » Terras Indígenas (TI) mapeadas pela Fundação Nacional do Índio (Funai).
- » Áreas de Preservação Permanente de Nascentes elaboradas a partir da base de dados geográficos de nascentes, mapeadas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina (SDS).

Para representação dos resultados do SADPLAN, serão utilizados os seguintes índices: Índice de Disponibilidade Remanescente (IDR) e Índice de Criticidade para Outorga de Diluição (ICOD).

O IDR representa a relação entre as vazões consumidas e as vazões disponíveis nos trechos hídricos, sem considerar a vazão mínima no trecho (Q7,10). O IDR foi construído com o intuito de complementar os resultados do IACT (Capítulo 3.1.1.8), pois permite avaliar a quantidade de água ainda disponível para a aprovação de novas outorgas em cada trecho hídrico. O IDR é calculado conforme a Equação (17).

(17)

Onde: Q_{remD2} é a vazão remanescente disponível para usos consuntivos no trecho hídrico após o ciclo de atendimento de 2ª prioridade; e Q_{disp1} é a vazão disponível para atendimento aos usos consuntivos no trecho hídrico para o ciclo de atendimento de 1ª prioridade. Conforme apresentado no Capítulo 3.1.1, “1ª prioridade” e “2ª prioridade” tratam-se dos ciclos de cálculos realizados pelo SADPLAN para as diferentes prioridades de atendimento dos usos de recursos hídricos.

Para classificação do IDR é adotada uma adaptação dos índices provenientes do critério de classificação *Water Exploitation Index*, utilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) e proveniente da European Environment Agency e da Organização das Nações Unidas. A classificação adotada para o IDR está apresentada na Tabela 103.

IDR (%)	Situação do corpo hídrico	Descrição
> 95	Excelente	Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre.
95 a 90	Confortável	Pode ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento.
90 a 80	Preocupante	A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios.
80 a 60	Crítico	Exige intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos.
60 a 0	Muito crítico	-
= 0	Péssimo	-

Tabela 103 – Índices de classificação para o balanço hídrico quantitativo

Fonte: ANA (2016). Elaboração própria (2018)

O ICOD é calculado de forma similar ao Índice de Atendimento de Diluição (IAD) (Capítulo 3.1.1.8), porém supondo que toda vazão consumível no trecho em análise já está comprometida e que, portanto, a única vazão remanescente é a que corresponde a vazão de restrição (vazão mínima). O valor de ICOD > 1 indica a impossibilidade de concessão de novas autorizações para diluir poluentes nos trechos hídricos considerados. A Equação (18) apresenta a formulação do ICOD.

(18)

Onde Q_{TIPLk} é a vazão total indisponibilizada pelos lançamentos de DBO desde o trecho de extremo de montante até o extremo jusante do trecho “k” em análise; e Q_{MINK} é a vazão de restrição, ou seja, a mínima vazão a ser garantida na seção de jusante do trecho k.

4.1.2. Resultados

Da Tabela 104 a Tabela 107 são apresentados os resultados dos IDRs por vazão de referência e Unidade de Gestão das bacias em estudo. Foram avaliados os números de ottobacias que se encontra em cada classe de IDR estabelecida.

De modo geral, a maioria dos trechos hídricos da área de estudo foi classificada como “Excelente”, indicando que ainda há disponibilidade de água, do ponto de vista quantitativo, para atendimento a novas outorgas. À medida que a vazão de referência se torna menos restritiva (com menor tempo de permanência), maior é a disponibilidade hídrica, e, portanto, maior o número de trechos hídricos em situação “Confortável” e “Excelente” de IDR.

Para a vazão de referência mais restritiva (Q98), 84,15% dos trechos hídricos estão classificados como “Excelente”. Observa-se que as UGs Maruim, Foz do Cubatão e Cachoeiras apresentaram a totalidade de seus trechos hídricos classificados como “Excelente”. Do restante de trechos hídricos que não se encontram em situação “Excelente” (39 ottobacias), 1 trecho apresentou a classificação de disponibilidade “Péssimo”, 19 apresentaram a classificação “Muito Crítico”, 6 foram identificados como “Crítico”, 12 como “Preocupante” e 1 como “Confortável”.

Ao serem analisadas as diferentes vazões de referências, quatro Unidades de Gestão apresentaram trechos hídricos que sofreram alterações de classe de IDR quando progrediram para uma vazão de referência menos restritiva: UG Cubatão, UG Massiambu, UG Madre e UG Siriú. Dentre essas, a UG Madre foi a que apresentou o maior número de trechos hídricos que sofreram alterações significativas de classe de IDR.

Na sequência de análise da vazão de referência Q98 para Q95, a UG Madre apresentou seis trechos hídricos que se mantiveram “Muito Crítico”, seis que passaram para “Crítico”, dois que se mantiveram “Preocupante” e cinco que passaram para “Confortável”. Passando de Q95 para Q90, dois trechos hídricos se mantiveram “Muito Crítico”, sete se mantiveram “Crítico”, seis passaram para “Preocupante”, três se mantiveram “Confortável” e dois passaram para “Excelente”. Ao passar da vazão Q90 para a vazão de referência menos restritiva dentre as avaliadas, QMLT, observou-se que nenhum trecho hídrico se manteve “Muito Crítico” ou “Crítico”, cinco mantiveram-se “Preocupante”, seis passaram para “Confortável” e seis passaram para “Excelente”.

UG	Ottobacias por classe de IDR para Q98					
	Péssimo	Muito crítico	Crítico	Preocupante	Confortável	Excelente
Maruim	0	0	0	0	0	35
Cubatão	0	1	0	1	0	77
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	1
Vargem do Braço	1	0	0	0	0	24
Massiambu	0	1	2	2	0	34
Cachoeiras	0	0	0	0	0	10
Madre	0	14	3	5	0	15
Siriú	0	3	1	4	1	11

Tabela 104 – Número de ottobacias por classe IDR e Unidade de Gestão para a Q98

Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IDR para Q95

UG	Péssimo	Muito crítico	Crítico	Preocupante	Confortável	Excelente
Maruim	0	0	0	0	0	35
Cubatão	0	1	0	1	0	77
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	1
Vargem do Braço	1	0	0	0	0	24
Massiambu	0	0	1	2	2	34
Cachoeiras	0	0	0	0	0	10
Madre	0	6	9	2	5	15
Siriú	0	2	1	3	2	12

Tabela 105 – Número de ottobacias por classe IDR e Unidade de Gestão para a Q95

Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IDR para Q90

UG	Péssimo	Muito crítico	Crítico	Preocupante	Confortável	Excelente
Maruim	0	0	0	0	0	35
Cubatão	0	1	0	1	0	77
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	1
Vargem do Braço	1	0	0	0	0	24
Massiambu	0	0	0	1	4	34
Cachoeiras	0	0	0	0	0	10
Madre	0	2	7	8	3	17
Siriú	0	0	2	2	4	12

Tabela 106 – Número de ottobacias por classe IDR e Unidade de Gestão para a Q90

Elaboração própria (2018)

Ottobacias por classe de IDR para QMLT

UG	Péssimo	Muito crítico	Crítico	Preocupante	Confortável	Excelente
Maruim	0	0	0	0	0	35
Cubatão	0	1	0	0	1	77
Foz do Cubatão	0	0	0	0	0	1
Vargem do Braço	1	0	0	0	0	24
Massiambu	0	0	0	0	0	39
Cachoeiras	0	0	0	0	0	10
Madre	0	0	0	5	9	23
Siriú	0	0	0	1	2	17

Tabela 107 – Número de ottobacias por classe IDR e Unidade de Gestão para a QMLT

Elaboração própria (2018)

A Tabela 108 apresenta os resultados do ICOD para o parâmetro de qualidade de água DBO por vazão de referência e Unidade de Gestão das bacias em estudo para o cenário atual.

Para vazão de referência mais restritiva, Q98, 32,9% do total de trechos hídricos da área de estudo possuem ICOD > 1. Esses trechos são considerados críticos, do ponto de vista qualitativo. Supõe-se que para eles toda vazão remanescente (consumível e mínima) já foi comprometida e, portanto, não há a possibilidade de concessão de outorga de diluição para novos usuários de água. À medida que a vazão de referência se torna menos restritiva, maior é a disponibilidade hídrica para diluição de poluentes, portanto menor é o número de trechos

hídricos com valor de ICOD > 1. Entretanto, observa-se que poucos trechos hídricos deixam de estar em situação restritiva quando se passa de Q98 para Q95 ou Q90. A mudança mais significativa ocorre quando se trabalha com a vazão de referência menos restritiva dentre as avaliadas, a QMLT, em que se passa de 80 trechos hídricos em situação restritiva para 68.

Para a vazão de referência Q98, observa-se que a UG mais crítica é a UG Massiambu, na qual são verificados 29 trechos hídricos com ICOD superior a 1, seguida da UG Maruim com 25 trechos hídricos na mesma situação. As UGs menos críticas são as UGs Foz do Cubatão e Cachoeiras, nas quais nenhum trecho hídrico possui ICOD maior que 1.

Na progressão da vazão de referência mais restritiva, Q98, para a menos restritiva, Q95, observa-se que a UG Maruim passou a ter um trecho hídrico a menos com ICOD > 1. Ao passar da Q95 para a Q90, nota-se que não ocorreu nenhuma alteração. Já na evolução da Q90 para a QMLT, verificam-se algumas alterações mais significativas. A UG Maruim passou de 24 para 22 trechos hídricos com ICOD > 1, a UG Cubatão passou de 3 para 1, a UG Massiambu passou de 29 para 23 e a UG Madre passou de 9 para 7. As demais UGs mantiveram suas quantidades de trechos hídricos com ICOD superior a 1.

É notório que a região na qual se concentra a maior parte dos trechos hídricos com ICOD > 1 está localizada na vertente litorânea da área de estudo. Estes resultados estão consoantes aos resultados apresentados no Capítulo 3.1.2.2, no qual são exibidos os trechos hídricos com IAD superior a 1 e onde está descrita a justificativa para tais resultados.

UG	Ottobacias com ICOD > 1 (situação restritiva)			
	Q98	Q95	Q90	QMLT
Maruim	25	24	24	22
Cubatão	3	3	3	1
Foz do Cubatão	0	0	0	0
Vargem do Braço	1	1	1	1
Massiambu	29	29	29	23
Cachoeiras	0	0	0	0
Madre	9	9	9	7
Siriú	14	14	14	14
Total	81	80	80	68

Tabela 108 – Número de ottobacias por Unidade de Gestão e por vazão de referência em situação restritiva
Elaboração própria (2018)

Da Figura 52 a Figura 59 são apresentadas as sobreposições das bases de dados para a identificação das áreas críticas nas UGs em estudo para o cenário atual e a vazão de referência Q98.

Na UG Maruim (Figura 52) a região próxima às fozes dos Rios Passa Vinte, Rio Grande e Aririú se encontram em Unidades de Conservação de Proteção Integral, portanto a utilização de recursos hídrico nestas regiões é restrita. Ademais, os referidos trechos apresentam criticidade do ponto de vista qualitativo (valor de ICOD > 1) indicando que não estão, para o cenário atual e considerando a vazão de referência Q98, adequados ao enquadramento de rios de Classe II. Na UG Maruim há poucos trechos hídricos que se encontram fora de área de UCs e que ao mesmo tempo estão em situação hídrica confortável do ponto de vista quali-quantitativo. Os trechos em questão estão localizados mais a montante da UG, no Rio da Rocinha assim como em um dos afluentes do Rio Maruim, conforme indicado na Figura 52. Para estes trechos, de acordo com os resultados obtidos e a metodologia adotada, há possibilidade de expansão das atividades demandadoras de água.

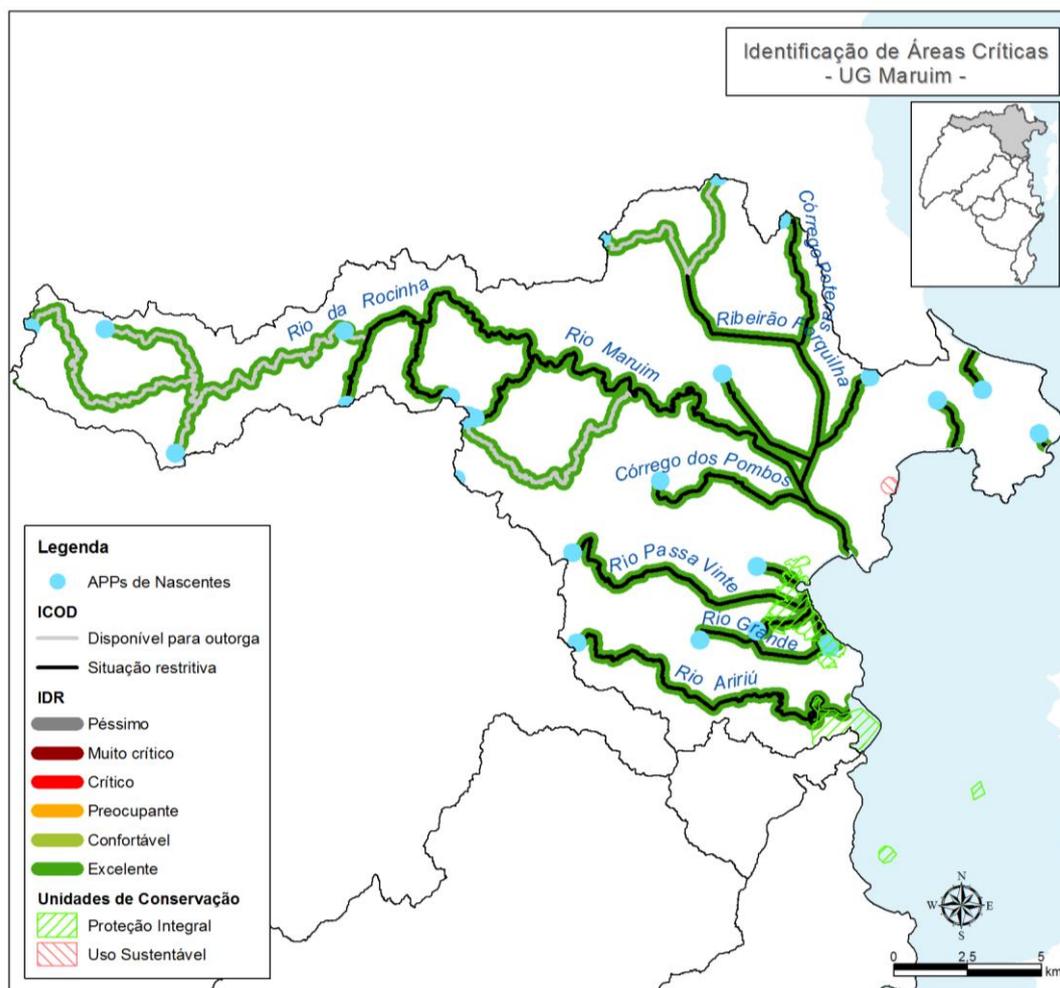


Figura 52 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Maruim para o cenário atual e vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

Para a UG Cubatão observa-se que parte dos rios que se encontram na vertente sul da UG, tais quais: Rio dos Porcos, Ribeirão Vermelho e o Rio das Águas Claras, estão localizados dentro dos limites do Parque Estadual Serra do Tabuleiro. Por se tratar de uma UC de Proteção Integral, as atividades demandadoras de água nestes corpos hídricos são restritas. Todos os corpos hídricos dentro dessa UC encontram-se em boa situação do ponto de vista qualitativo e quantitativo, a exceção do Rio das Águas Claras que apresenta problemas quantitativos (IDR classificado como “Preocupante”).

Além dos trechos de rios supracitados há outros dois trechos de rios que apresentam problemas quali-quantitativos e que, portanto, indicam a necessidade de restrição futura de uso dos recursos hídricos. Os trechos são: trecho do Rio Cubatão localizado no exutório da UG, o qual está classificado com IDR “Muito crítico”; e um pequeno afluente do Rio Cubatão que se encontra em situação restritiva quanto ao ICOD. Demais trechos hídricos da UG em questão se encontram em situação favorável para a expansão das atividades demandadoras de água.

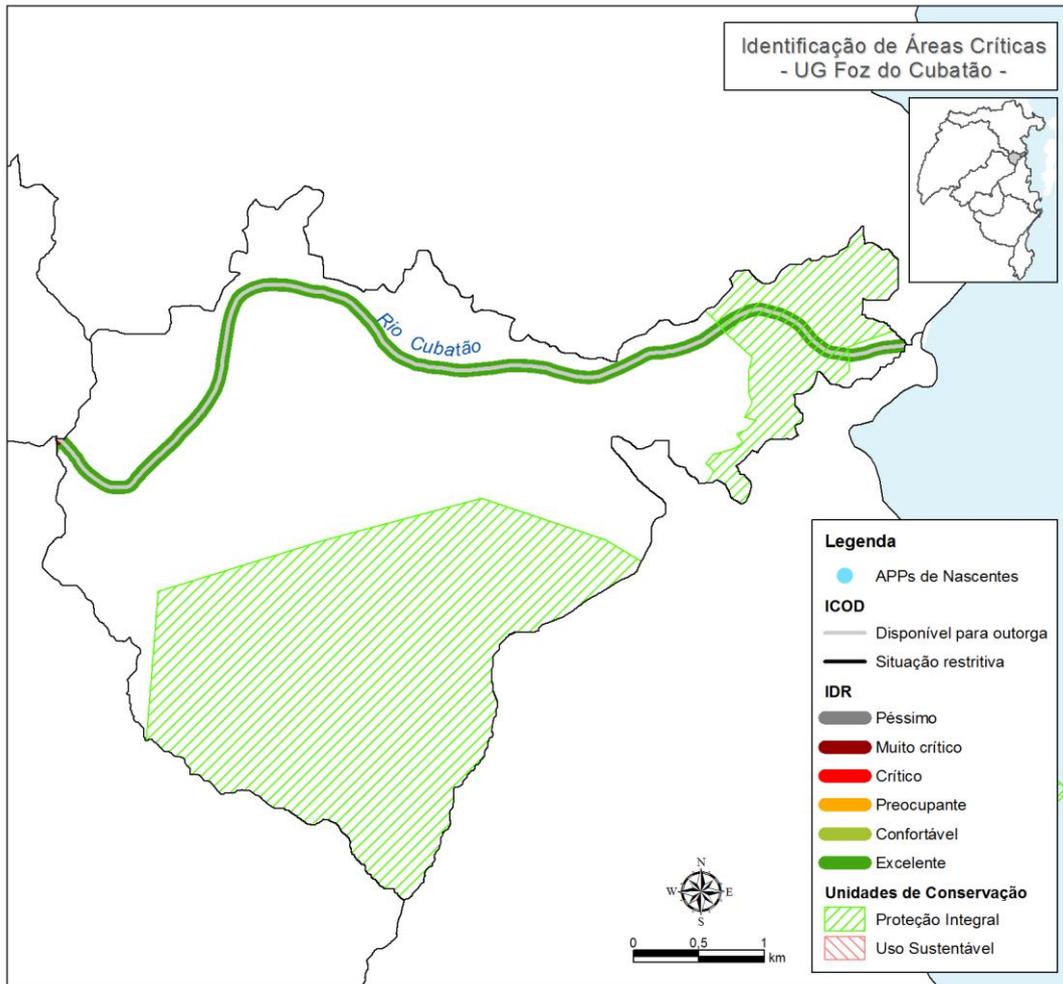


Figura 54 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Foz do Cubatão para o cenário atual e vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

A UG Vargem do Braço está inserida, quase que em sua totalidade, em Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável, logo a maioria dos trechos hídricos desta UG devem ser enquadrados como rios de Classe Especial e Classe 1, respectivamente. Assim avalia-se que na UG Vargem do Braço, para o cenário atual, há bastante restrição quanto à utilização de recursos hídricos.

Há um trecho hídrico, na porção nordeste da UG, que se encontra localizado fora dos limites de UCs e no qual seria possível a expansão de atividades demandadoras de água. Entretanto, para o cenário atual e considerando a vazão de referência Q98, o trecho já se encontra indisponível para outorga de diluição de novos usuários de água (ICOD > 1). Outro trecho em que também há possibilidade de expansão de atividades demandadoras de água é o trecho do Rio do Braço e seus afluentes, localizados próximo ao exutório da UG.

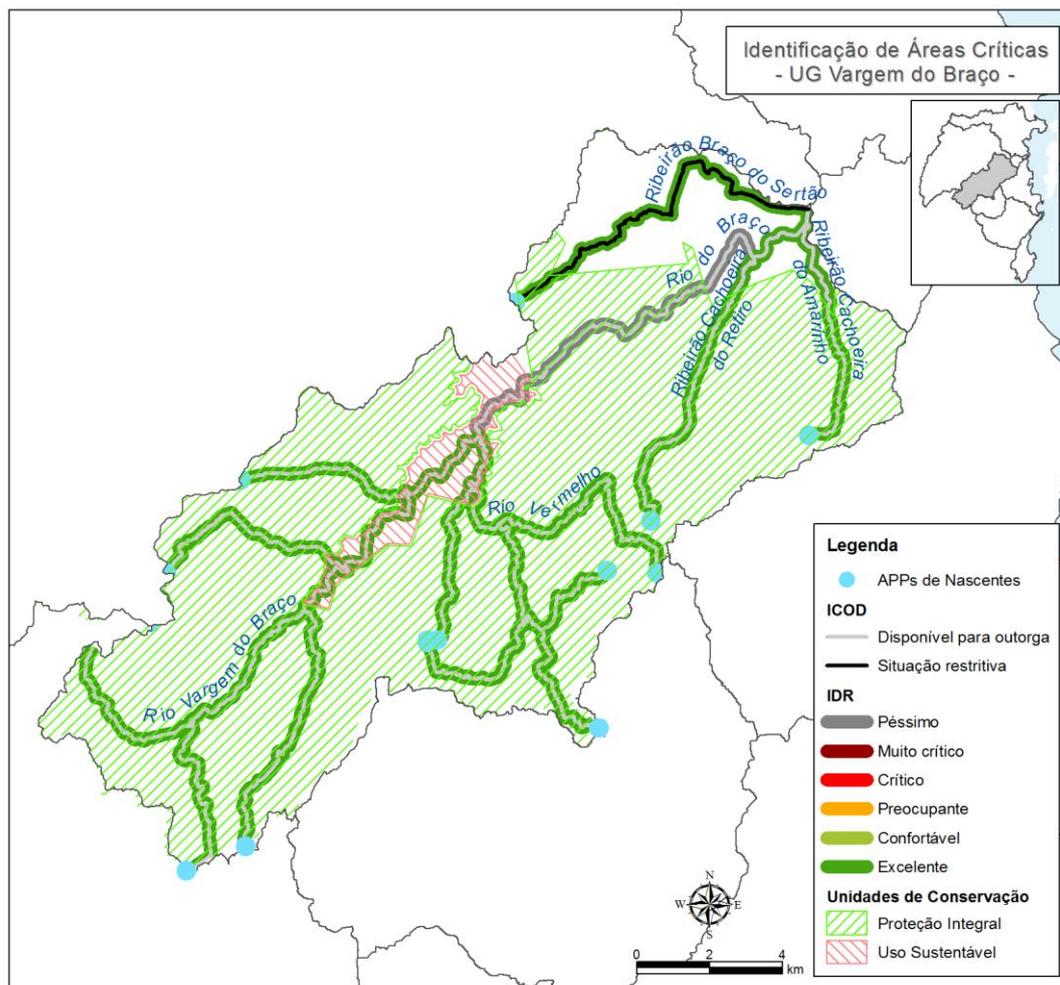


Figura 55 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Vargem do Braço para o cenário atual e vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

Na UG Massiambu, Figura 56, há UCs de Proteção Integral, UCs de Uso Sustentável e TIs, portanto a utilização dos recursos hídricos nesta UG é bastante restrita. Ademais, os poucos trechos hídricos que estão localizados fora destas áreas restritivas apresentam criticidade do ponto de vista qualitativo (ICOD > 1), indicando que estes trechos também estão restritos para expansão de novas atividades demandadoras de água.

Apenas dois pequenos trechos hídricos, referentes ao Rio Massiambu Grande e um de seus afluentes, encontram-se fora das áreas de UCs e de TIs e, ao mesmo tempo, estão em situação confortável do ponto de vista qualiquantitativo. Para esses trechos, de acordo com os resultados obtidos e a metodologia adotada, há a possibilidade de expansão das atividades demandadoras de água. Salienta-se, entretanto, que a expansão das atividades deve levar em consideração que, a jusante desses trechos, há um trecho do Rio Massiambu Grande com IDR classificado como “Crítico” e que, portanto, se encontra restrito para expansão. Entende-se assim que as expansões deverão ser planejadas de modo a não prejudicar ainda mais as condições de trechos hídricos a jusante.

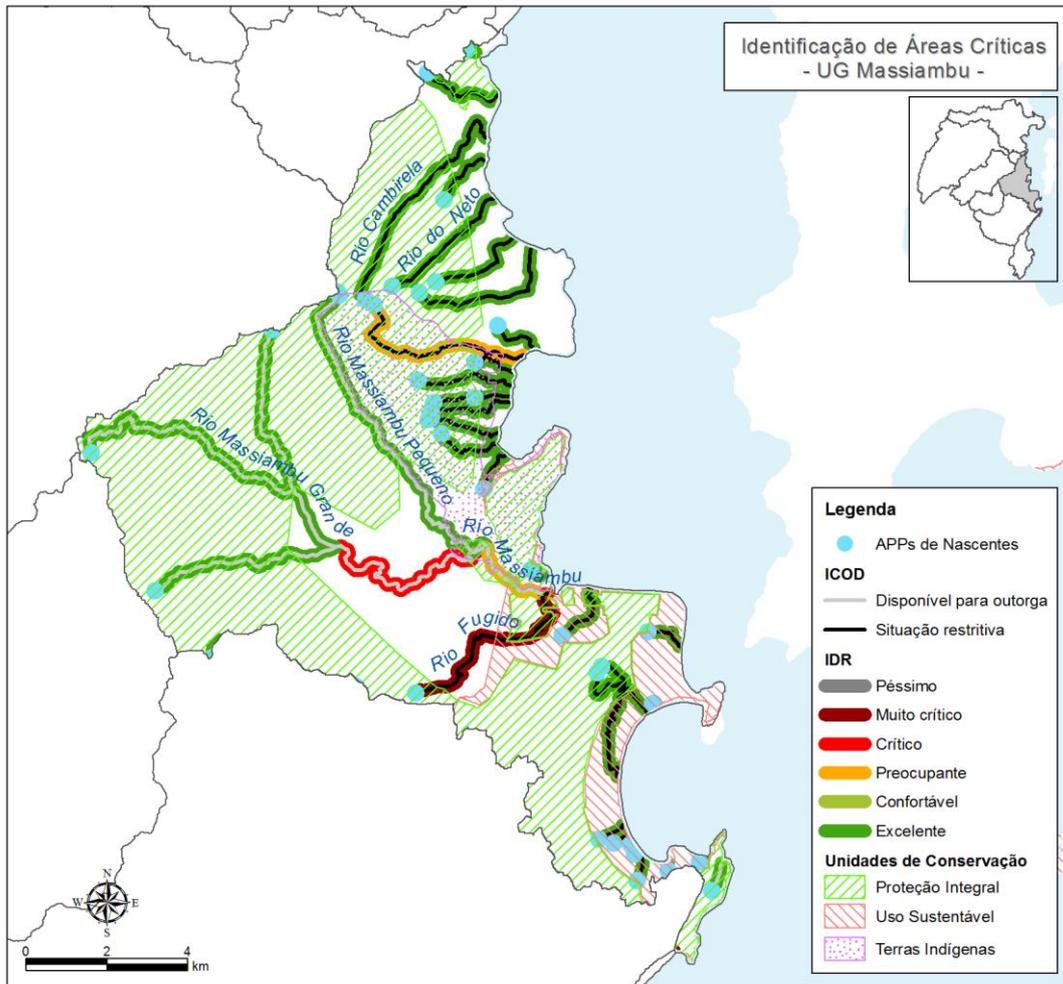


Figura 56 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Massiambu para o cenário atual e vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

A UG Cachoeiras, apresentada na Figura 57, possui quase que a totalidade de seu território inserida no Parque Estadual Serra do Tabuleiro (UC de Proteção Integral), portanto, a utilização dos recursos hídricos nessa UG está restrita quase que em sua totalidade.

Apenas dois trechos, localizados próximos ao exutório da UG, encontram-se fora dos limites do Parque Serra do Tabuleiro. Esses trechos estão em situação confortável do ponto de vista qualitativo. Assim, para esses trechos há a possibilidade de expansão das atividades demandadoras de água, de acordo com os resultados obtidos e a metodologia adotada.

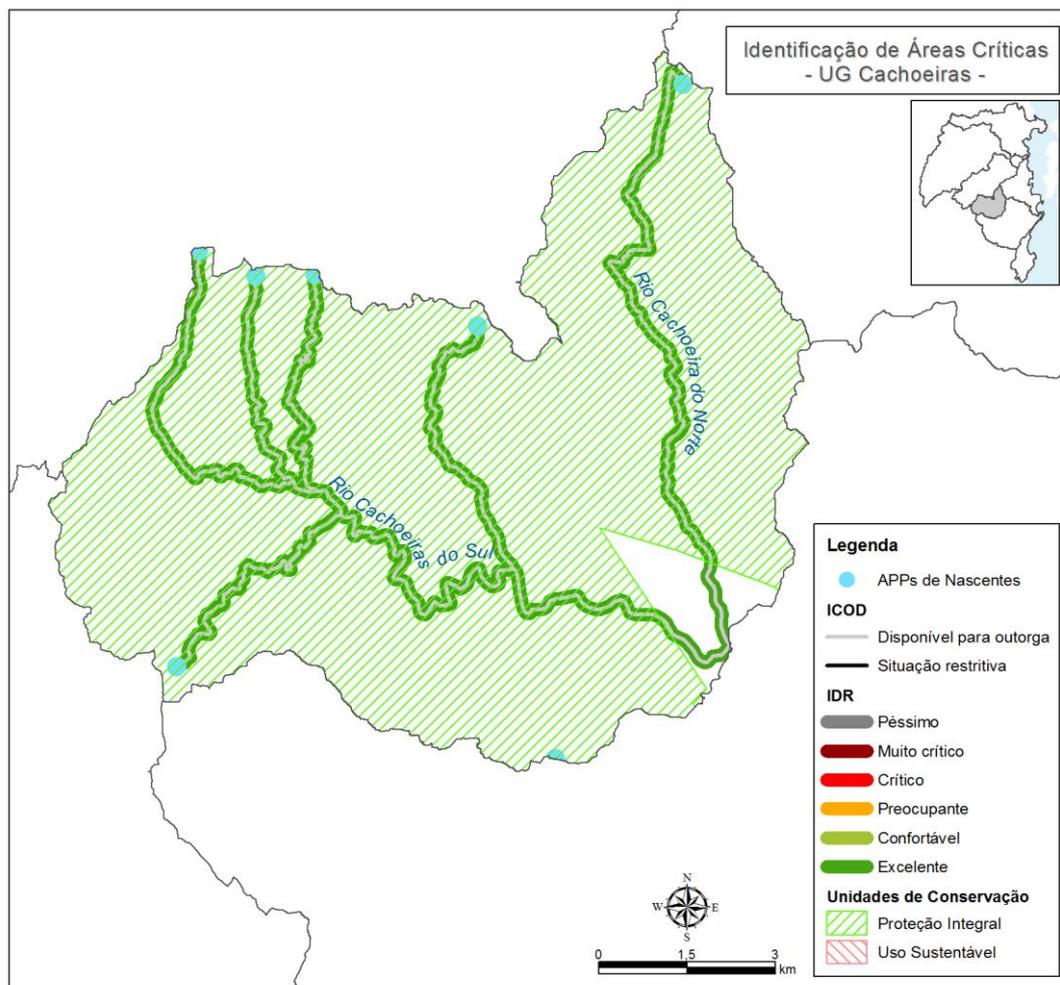


Figura 57 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Cachoeiras para o cenário atual e vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

Na UG Madre, Figura 58, há diversos trechos de rios presentes tanto em áreas de Unidade de Conservação de Proteção Integral quanto em áreas de Uso Sustentável. Na porção oeste e norte da UG predominam UCs de Proteção Integral, os trechos hídricos que se encontram dentro dessas UCs são restritos a rios de Classe Especial. Na porção leste e nordeste da UG predominam UCs de Uso Sustentável, portanto trechos de rios que se encontram dentro destas são restritos a rios de Classe 1. Na porção central e sul da UG onde não há UCs poderia haver maior expansão das atividades demandadoras de água.

A UG possui poucos trechos que se encontram fora da área de UCs e que, ao mesmo tempo, estão em situação hídrica confortável do ponto de vista qualitativo. Por exemplo: o trecho do Rio da Madre na porção central da UG, a parte a montante do Rio do Furado e um dos afluentes do Rio das Cachoeiras. Para esses trechos, há a possibilidade de expansão de atividades demandadoras de água, de acordo com os resultados obtidos e a metodologia adotada. Porém como esses trechos estão a montante de trechos hídricos em estado crítico qualitativamente, entende-se, conforme já salientado, que as expansões desses trechos deverão ser planejadas de modo integrado, sem prejudicar ainda mais as condições de trechos hídricos a jusante.

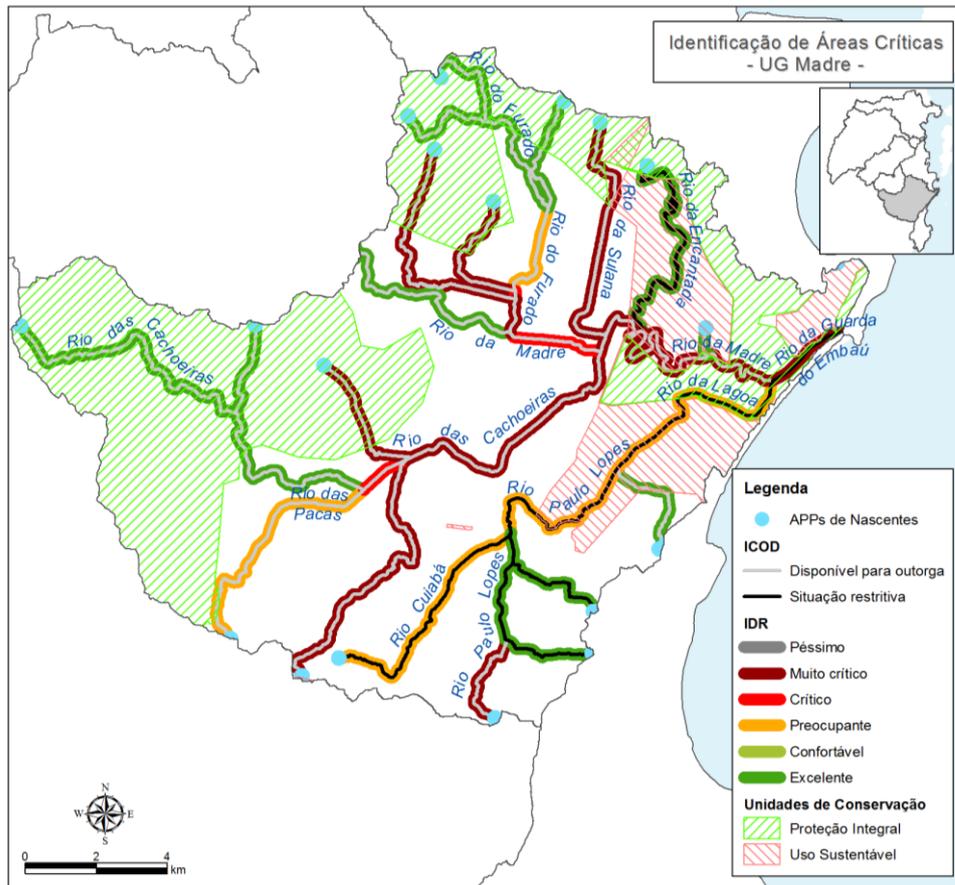


Figura 58 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Madre para o cenário atual e vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

Na UG Siriú, Figura 59, toda a região litorânea está na área de UC de Uso Sustentável restringindo a expansão de atividades demandadoras de água. Os trechos de rios na porção central e interior da UG, que não estão restritos por estas temáticas, apresentam, quase em sua totalidade, problemas do ponto de vista qualitativo. Os poucos trechos que se encontram, para o cenário atual, em condições de expansão são: o trecho de rio afluente ao Rio Linhares na porção central da UG e o pequeno trecho de rio na porção norte, próximo ao limite da UG.

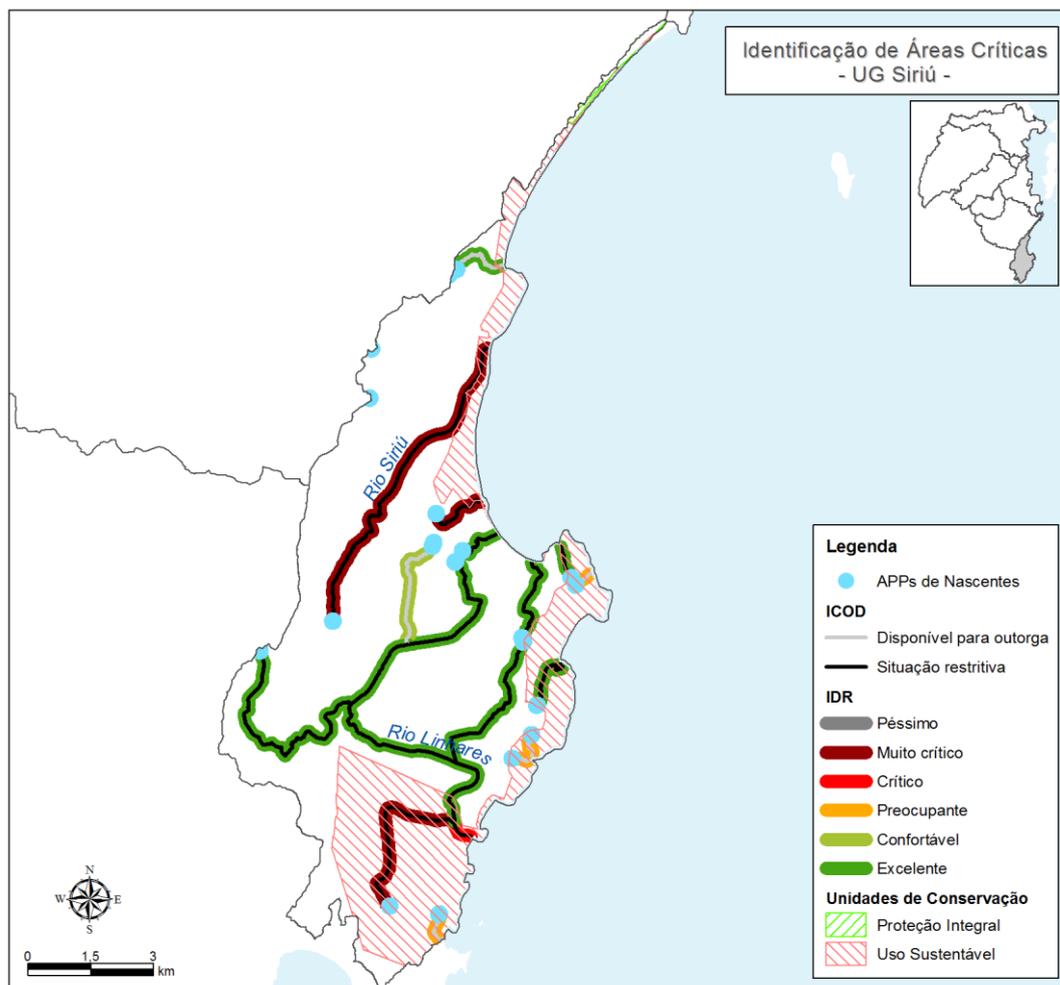


Figura 59 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Siriú para o cenário atual e vazão de referência Q98

Elaboração própria (2018)

Após a identificação dos trechos críticos por UGs foi realizada a sobreposição das temáticas anteriormente definidas e determinadas as áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água superficiais nas bacias em estudo. A Figura 60 (também apresentada em forma de mapa no Apêndice 5) apresenta o resultado da identificação das áreas críticas para a expansão de atividades demandadoras de água de superficiais. Tais áreas foram definidas a partir da identificação de ocorrência de:

- » Ottobacias com resultados de IDR inferiores a 90% (que se caracterizam como: “Preocupantes”; “Críticos”; “Muito críticos”; e “Péssimo”).
- » Ottobacias com resultados de ICOD caracterizado como “Situação restritiva”.
- » Unidade de Conservação de Proteção Integral.
- » Unidade de Conservação de Uso Sustentável.
- » Terra Indígena.

Destaca-se que cerca de 64% da área das bacias em estudo foi identificada como área crítica para expansão de atividades demandadoras de água, sendo que grande parte desse percentual se deve às Unidades de Conservação (UC) existentes na área de abrangência do Plano.

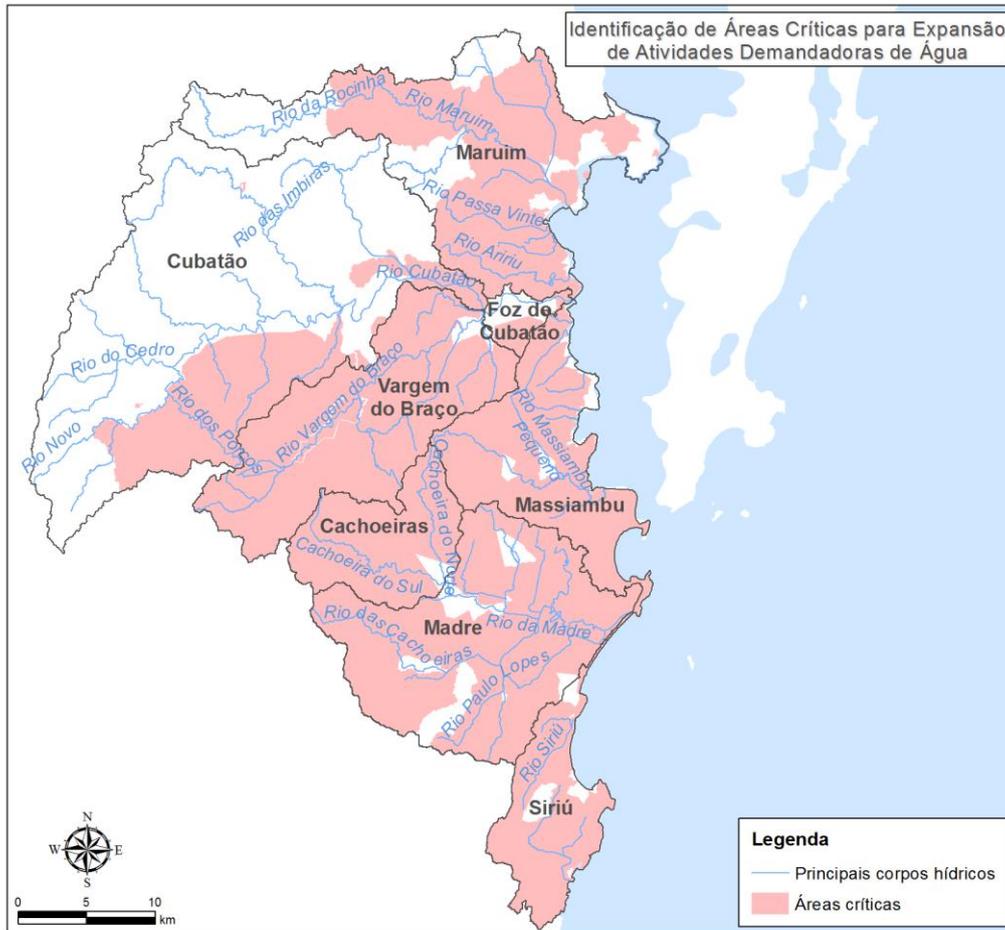


Figura 60 – Resultado da identificação das áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água superficial nas bacias em estudo

Elaboração própria (2018)

4.1.3. Conclusões

Conforme apresentado no item anterior observa-se que o IDR está “Excelente” para 84,15% dos trechos hídricos para a vazão de referência Q98. Aumentando-se a disponibilidade de vazão e diminuindo sua permanência no tempo, não se atingem mudanças significativas. Em termos de números de trecho que passam a ter o IDR como “Excelente”, atinge-se um aumento de 7,72% a mais de trechos ou ottobacias, ao adotar-se a disponibilidade da QMLT ao invés da Q98.

Para todas as vazões de referência simuladas da UG Vargem do Braço, um trecho permaneceu com o IDR classificado como “Péssimo”, ou seja, a vazão remanescente disponível para novas outorgas, independente da vazão de referência, é nula. Isso significa que a vazão de captação está acima de 50% da vazão de referência (vazão outorgável). Da mesma forma, com um pouco menos de criticidade, na UG Cubatão ocorreu o mesmo para todas as vazões de referência simuladas e um trecho permaneceu como “Muito crítico”. Nas UGs Madre e Siriú, para a Q98, 38% e 15% respectivamente dos trechos apresentaram IDR “Muito crítico”, mas ainda com vazões remanescentes disponíveis para outorga de captação.

Em relação ao ICOD as vazões remanescentes nos trechos somadas às cargas calculadas de DBO tiveram um impacto significativo nos trechos de rios. Além disso, existem muitas UCs na região hidrográfica que restringem o uso dos recursos hídricos e requerem uma qualidade não compatível com o cenário apresentado. Observou-se um impacto negativo com o aumento de vazão para diluição, ou seja, as cargas de DBO estimadas estão muito acima da capacidade depuradora dos corpos d'água necessitando de medidas de redução em suas fontes.

De maneira geral, grande parte da região hidrográfica é área crítica para expansão de atividades demandadoras de água. Na UG Vargem do Braço, principalmente devido à demanda de captação para abastecimento, e nas demais regiões devido à demanda de diluição de efluentes, conforme a estimativa das cargas que são lançadas no corpo d'água, além das Unidades de Conservação com restrição de usos e requisito de qualidade de água mínimo, forma-se um quadro restritivo para a expansão de atividades demandadoras de água.

Recomenda-se um gerenciamento específico para a UG Vargem do Braço uma vez que a vazão outorgável está totalmente comprometida e a vazão cadastrada no Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos da SDS é muito acima da vazão disponível para outorga. Há necessidade de monitoramento das vazões a montante e a jusante dos pontos de captações, com implantação de estações hidrométricas e serviços de hidrometria para a consolidação de curvas de descargas calibradas e consistentes, além do monitoramento da qualidade da água.

Nas demais regiões é imprescindível que haja também o monitoramento da qualidade e da quantidade das águas para constatação da situação real dos corpos d'água ao longo do tempo e para uma adequada caracterização de parâmetros indicadores como um instrumento de controle ambiental e de gestão dos recursos hídricos.

4.2. ÁREAS CRÍTICAS PARA EXPANSÃO DE ATIVIDADES DEMANDADORAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

4.2.1. Metodologia

O mapeamento das áreas críticas para a expansão de atividades demandadoras de água subterrânea foi realizado considerando a ocorrência de dois fatores: as restrições quanto à disponibilidade hídrica subterrânea (quantitativa) e as restrições quanto à possibilidade de contaminação aquífera (qualitativa). Decorrente das bases de dados disponíveis, os resultados dos critérios de identificação qualitativa e quantitativa de áreas críticas foram apresentados separadamente.

Para a identificação e análise das áreas críticas quanto à disponibilidade hídrica subterrânea foram considerados os resultados do balanço hídrico (Capítulo 3.2.2). Sendo assim, foram consideradas críticas para expansão as Unidades de Gestão com razão entre demanda e disponibilidade (Bq) superior a 10%, caracterizando as situações hídricas “preocupante”, “crítico”, “muito crítico” e “péssimo”.

As áreas restritivas quanto à sua possibilidade de contaminação aquífera foram identificadas considerando as propriedades naturais dos aquíferos e o potencial de contaminação em virtude do uso e ocupação do solo. Nesse contexto, a identificação das áreas

críticas para a expansão de atividades demandadoras de água subterrânea na abordagem qualitativa considera a interação entre a vulnerabilidade natural do aquífero e a potencial carga poluente, ou seja, é resultante da análise da sobreposição dos resultados obtidos nos mapas de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos (baseado na aplicação do método GOD) e de Possibilidade de Existência de Carga Poluente (baseado na aplicação do método POSH), ambos apresentados no âmbito do Produto C deste plano. Dessa forma, foram considerados um conjunto de fatores que compreendem o uso e ocupação do solo e a capacidade de infiltração de água, contaminada ou não, em subsuperfície. Entende-se que esses fatores ditam a distribuição espacial e a qualidade da disponibilidade hídrica.

Foram consideradas como áreas críticas, as áreas classificadas com perigo de contaminação moderado, alto e extremo, de acordo com a matriz de sobreposição das metodologias GOD e POSH (Figura 61).

		VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS (MÉTODO GOD)				
		INSIGNIFICANTE	BAIXA	MÉDIA	ALTA	EXTREMA
POSSIBILIDADE DE EXISTÊNCIA DE CARGA POLUENTE (MÉTODO POSH)	EXTREMAMENTE BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO
	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO
	MODERADO	BAIXO	BAIXO	MODERADO	ALTO	ALTO
	ELEVADO	MODERADO	MODERADO	ALTO	EXTREMO	EXTREMO

Figura 61 - Matriz de determinação do perigo à contaminação

Adaptado de Meira, De-Campos e Pereira (2014)

Deve-se ressaltar a necessidade de ponderações quanto à interpretação e ao uso dos mapas de identificação de áreas críticas para a expansão de atividades demandadoras de água subterrânea por dois principais motivos. O primeiro mapa, baseado no balanço quantitativo é apresentado por Unidade de Gestão, as quais foram definidas considerando principalmente os limites das bacias determinadas pelos recursos hídricos superficiais, não convergindo com a distribuição dos recursos hídricos subterrâneos. O segundo mapa, baseado na interação entre vulnerabilidade natural e a possibilidade de existência de carga poluente envolve algumas simplificações geológicas e hidrogeológicas. Sendo assim, os limites identificados como áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água subterrânea devem ser interpretadas como áreas mais suscetíveis aos problemas de disponibilidade e contaminação, onde devem ser direcionadas ações preventivas prioritárias.

4.2.2. Resultados

A Figura 62 e a Figura 63 apresentam a identificação de áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água subterrânea pela análise qualitativa e quantitativa, respectivamente.

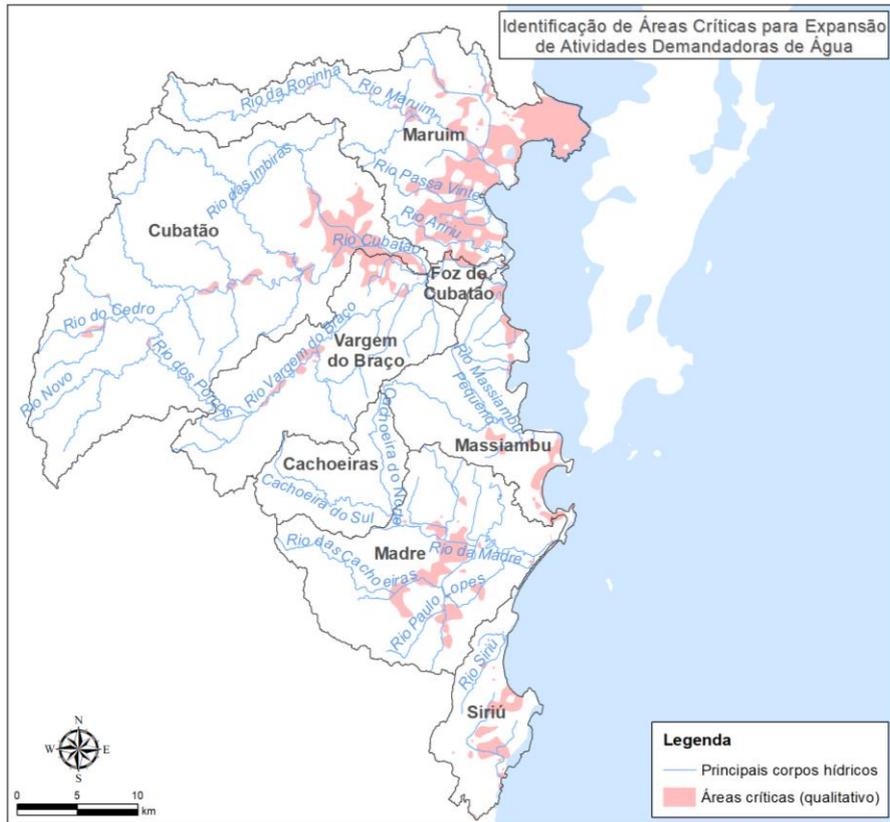


Figura 62 – Identificação de áreas críticas para expansão das atividades demandadoras de águas subterrâneas pela análise qualitativa

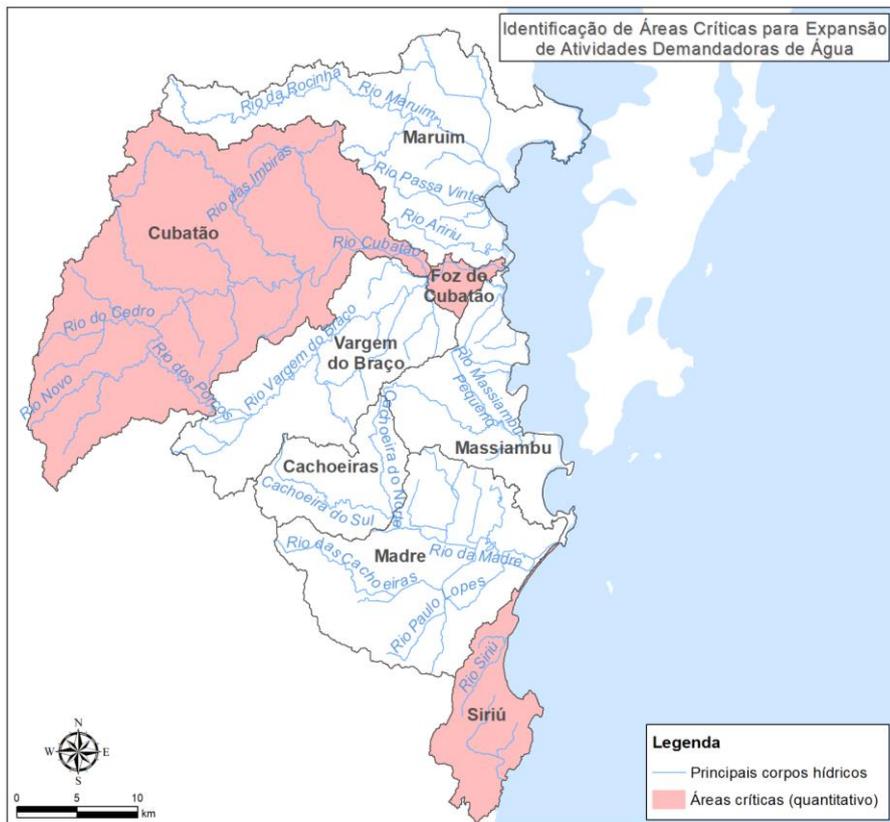


Figura 63 – Identificação de áreas críticas para expansão das atividades demandadoras de águas subterrâneas pela análise quantitativa

Qualitativamente, a UG Maruim exibe a maior área crítica da bacia em estudo, cerca de 23,6% de seu território. A possibilidade de carga poluente é considerada elevada em grande parte da UG e, apesar de majoritariamente a vulnerabilidade natural ser baixa, existem alguns pontos nos quais a vulnerabilidade varia de média a alta, caracterizando assim área de alto risco de contaminação. Na análise quantitativa a UG Maruim apresentou situação hídrica “confortável” em todos os horizontes do plano, assim pode ocorrer a necessidade de gerenciamento para a solução de prolemas locais de abastecimento.

As UGs Cubatão e Foz do Cubatão apresentam, no cenário atual, uma situação hídrica "preocupante" no tocante ao balanço quantitativo. Entretanto a UG Foz do Cubatão passará, a partir do cenário de curto prazo, para uma situação hídrica "excelente". Assim, apenas a UG Cubatão necessitará de atividades de gerenciamento, com a realização de investimentos de médio e grande porte. Analisando qualitativamente, as áreas críticas na UG Cubatão representam 5,4% de seu território, em sua maioria estão localizadas a leste da UG, nessa região há elevada possibilidade de carga poluente sobreposta com zonas de vulnerabilidade natural do aquífero media à alta, essa situação hídrica é corroborada pelos altos valores de carga orgânica, principalmente animal, obtidas no balanço hídrico, caracterizando assim alto perigo de contaminação. Na UG Foz do Cubatão cerca de 8,9% do território é caracterizado como área crítica, a vulnerabilidade é majoritariamente baixa, porém a sobreposição com trechos de probabilidade de contaminação elevada leva a áreas de moderado risco de contaminação.

A UG Vargem do Braço apresentou, na análise qualitativa, 4,9% de áreas críticas concentradas na região às margens do Rio Vargem do Braço. A região as margens do Rio Vargem do Braço é caracterizada por ser uma região de alto risco de contaminação, devido ao índice de vulnerabilidade ser de alto à extremo e há possibilidade elevada e moderada de existência de carga poluente. Quantitativamente a UG Vargem do Braço apresentou classificação “excelente” em todos os horizontes de projeto, assim pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária.

A UG Massiambu apresenta 8,0% de seu território como áreas críticas qualitativas, em sua maioria localizadas na região litorânea da UG a qual exibe probabilidade de contaminação elevada devido à alta densidade populacional, sobreposto com média vulnerabilidade no litoral sul e alguns trechos de alta vulnerabilidade no litoral norte. Conclui-se portanto que há alto perigo de contaminação nesta região. Na análise quantitativa a UG Massiambu apresentou o mesmo compostamento da UG Madre, ou seja, classificação “excelente” até 2023 e "confortável" em 2031, desde modo são necessárias poucas atividades de gerenciamento na bacia.

O melhor resultado ocorreu na UG Cachoeiras, localizada em uma região com risco de contaminação extremamente baixo e aliado a uma vulnerabilidade classificada como insignificante a baixa, estes fatores a fazem ser a única UG na qual não há presença de áreas críticas. A UG Cachoeiras é a única que não apresenta poços de captação de água subterrânea cadastrados portanto não é possível realizar a identificação de áreas críticas no tocante a disponibilidade hídrica (qualitativa).

Na UG Siriú a análise qualitativa apresenta 11,5% de áreas críticas para expansão das atividades demandadoras de água subterrânea. A possibilidade de carga poluente é elevada em virtude das áreas urbanizadas nesta UG, aliado a alguns trechos que possuem vulnerabilidade

média, resultando assim, em um alto perigo de contaminação. Analisando o balanço hídrico quantitativo para os cenários atual e tendencial, na UG Siriú a situação hídrica é caracterizada como "péssima", portanto haverá necessidade de medidas de restrição, com intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos.

Na UG Madre 8,4% do território está localizado em áreas críticas, segundo a análise qualitativa. O risco de contaminação da UG é moderado, porém é necessário atenção com esta UG devido a ocorrência de área urbanizada, agricultura, pastagens, campos naturais e solo exposto. Na análise quantitativa a UG Madre apresentou situação hídrica "excelente" até 2027 e "confortável" em 2031, assim poucas atividades de gerenciamento são necessárias.

Além da contaminação antrópica, aquíferos sedimentares costeiros costumam apresentar problemas de intrusão salina. Na área de estudo, os aquíferos sedimentares recobrem a região sul das UGs Maruim e Massiambu e grande parte da UG Siriú. A salinização dos aquíferos pode estar relacionada ao avanço da cunha salina, ou seja, a superexploração do aquífero resulta em desequilíbrio, em que a recarga natural produzida pelas águas da chuva não equivale a quantidade explorada e, portanto, ocorre um avanço da interface salina. Na bacia em estudo, para toda a região leste (litorânea) há a ocorrência de aquíferos sedimentares. Assim, a região litorânea demanda de atenção quanto à superexploração, para que não ocorra o avanço da cunha salina.

Ademais, cabe ressaltar que há a necessidade de preservar as regiões de encostas com declividade superior a 45, pois tais áreas consistem em regiões de suma importância para a manutenção e recarga de aquíferos que vão abastecer as nascentes.

5. Proposta de enquadramento dos cursos d'água

O enquadramento de corpos d'água estabelece o nível de qualidade d'água dos corpos hídricos da bacia hidrográfica. Além disso, é um instrumento de planejamento da Lei nº 9.433/1997, a Lei das Águas, e tem como base os níveis de qualidade que os corpos hídricos devem possuir, isto considerando a condição atual e os horizontes futuros. O enquadramento dos corpos d'água deve ser resultado de acordo coletivo, estabelecido a partir do diálogo entre o comitê de bacias, a sociedade civil e os órgãos do governo que atuam na área de recursos hídricos e setores usuários (ANA, 2018b).

É importante salientar que a proposta de enquadramento apresentado no âmbito deste Plano deverá ainda ser discutida e aprovada mediante assembleia à ser realizada no âmbito do Comitê Cubatão e, posteriormente, junto ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Para complementar a proposta de enquadramento será necessário que o Comitê elabore o Plano de Efetivação do Enquadramento, o qual tem como objetivo apresentar o plano de investimentos para o enquadramento proposto, além das respectivas metas e prazos de execução das ações envolvidas.

O Capítulo 5.1 apresenta a metodologia utilizada na construção da proposta de enquadramento, enquanto o Capítulo 5.2 apresenta o enquadramento proposto para as bacias em estudo.

5.1. METODOLOGIA

A metodologia para a proposta de enquadramento deste Plano tem como base as orientações estabelecidas pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2013b) no documento Planos de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água.

A proposta de enquadramento apresentada se refere aos corpos hídricos superficiais de água doce. Em decorrência da disponibilidade de dados, não foi possível identificar o ponto de influência das águas salobras⁷, porém sugere-se que seja adotado classe de enquadramento de águas salobras correspondente a classe de água doce. Por exemplo, classe 1 de água doce, corresponde a classe 1 de água salobra. Quanto à elaboração da proposta de enquadramento, inicialmente foi realizada a estimativa da qualidade das águas superficiais nas bacias em estudo. Para a estimativa da qualidade de água dos corpos hídricos superficiais da bacia, foram utilizados os resultados do balanço hídrico quali-quantitativo realizados no SADPLAN (Capítulo 3.1.2.2). A partir da realização do balanço hídrico quali-quantitativo, consoante a Resolução Conama nº 357/2005, foi possível identificar a classe na qual os corpos d'água superficiais da bacia estariam enquadrados considerando a qualidade das águas.

⁷ a SDS está identificando (encontra-se em fase de análise e validação) os trechos de água salobra na área de abrangência do Plano, dessa forma, os cursos d'água inicialmente classificados como água doce, e que forem identificados como salobra, deverão se reclassificados como tal, conforme os critérios da Resolução Conama nº357/2005.

Os resultados do balanço foram discutidos junto à comunidade nas oficinas participativas, descritas no Apêndice 7. Posteriormente, foram realizadas interações entre a equipe técnica da UFSC, os integrantes do Grupo de Acompanhamento do Plano (GAP), os integrantes do Comitê de Bacias e a SDS para discussão dos resultados das oficinas participativas. A partir destas interações definiu-se a proposta de enquadramento dos cursos d'água das bacias em estudo, apresentada no Capítulo 5.1.1.

5.1.1. Definição da proposta de enquadramento dos cursos d'água

A definição da proposta de enquadramento dos cursos de água das bacias em estudo expressa o resultado das interações realizadas entre a UFSC, o GAP, o Comitê Cubatão, a SDS e os participantes das oficinas de enquadramento, reuniões com a comunidade e demais eventos realizados no âmbito deste Plano.

A proposta de enquadramento dos cursos d'água foi elaborada considerando os seguintes fatores:

- » Preceitos legais, em especial as Resoluções Conama nº357/2005 e a Resolução CNRH nº 91/2008.
- » Resultados do balanço hídrico qualiquantitativo referente à situação atual das classes dos corpos d'água superficiais.
- » Resultados das oficinas de enquadramento realizadas na Bacia (Apêndice 7).
- » Resultados das reuniões e diálogos sociais com entidades e prefeituras da bacia (Apêndice 8).
- » Usos e ocupação do solo da área de estudo, bem como suas características biogeográficas.
- » Usuários de água identificados a partir do CEURH e das oficinas participativas.

A partir da análise desses fatores, foi elaborada uma sugestão de enquadramento dos trechos de rios em classes, consoante à Resolução Conama nº 357/2005. De modo geral os resultados refletem as seguintes considerações:

- » Os trechos hídricos em áreas de Unidades de Conservação de Proteção Integral devem ser enquadrados em Classe Especial, consoante a Resolução Conama nº 357/2005.
- » Os trechos hídricos em áreas de Unidades de Conservação de Uso Sustentável e Terras Indígenas devem ser enquadrados no mínimo em Classe 1, consoante a Resolução Conama nº 357/2005.
- » As Áreas de Proteção Permanente de nascentes (50 metros a partir das nascentes) sugere-se que sejam enquadradas em Classe Especial.
- » Os trechos hídricos em áreas próximas às nascentes e densamente vegetadas e preservadas sugere-se que sejam enquadrados no mínimo em Classe 1.
- » Os trechos hídricos em áreas com densa urbanização e/ou atividades como mineração e agricultura, e que a partir dos resultados do balanço hídrico qualiquantitativo estariam enquadrados em Classe 3 ou Classe 4, sugere-se que sejam enquadrados, no mínimo, em Classe 3.
- » Os trechos em áreas que não se enquadram nas características apresentadas nas classes Especial e 1, e que apresentam diferentes usos e ocupações do solo, sugere-se que sejam enquadrados no mínimo em Classe 2.

5.2. RESULTADOS

Aproximadamente 996 quilômetros de cursos d'água foram enquadrados na bacia, de forma que a maior parte desses se encontram na Classe 1, seguido da Classe especial, conforme é apresentado na Tabela 109.

Enquadramento	Trecho (km)	%
Classe 1	505	51
Classe 2	142	14
Classe 3	18	2
Classe especial	331	33
Total	996	100

Tabela 109 – Extensões dos trechos de rio por classe de enquadramento

Elaboração própria (2018)

Destaca-se que o alto percentual de cursos d'água enquadrados na Classe especial deve-se a principalmente ao Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e ao Parque Natural Municipal Natalina Martins da Luz, ambos são Unidades de Conservação de Proteção Integral.

A proposta de enquadramento dos cursos d'água está apresentada na Figura 64 e no Apêndice 6.

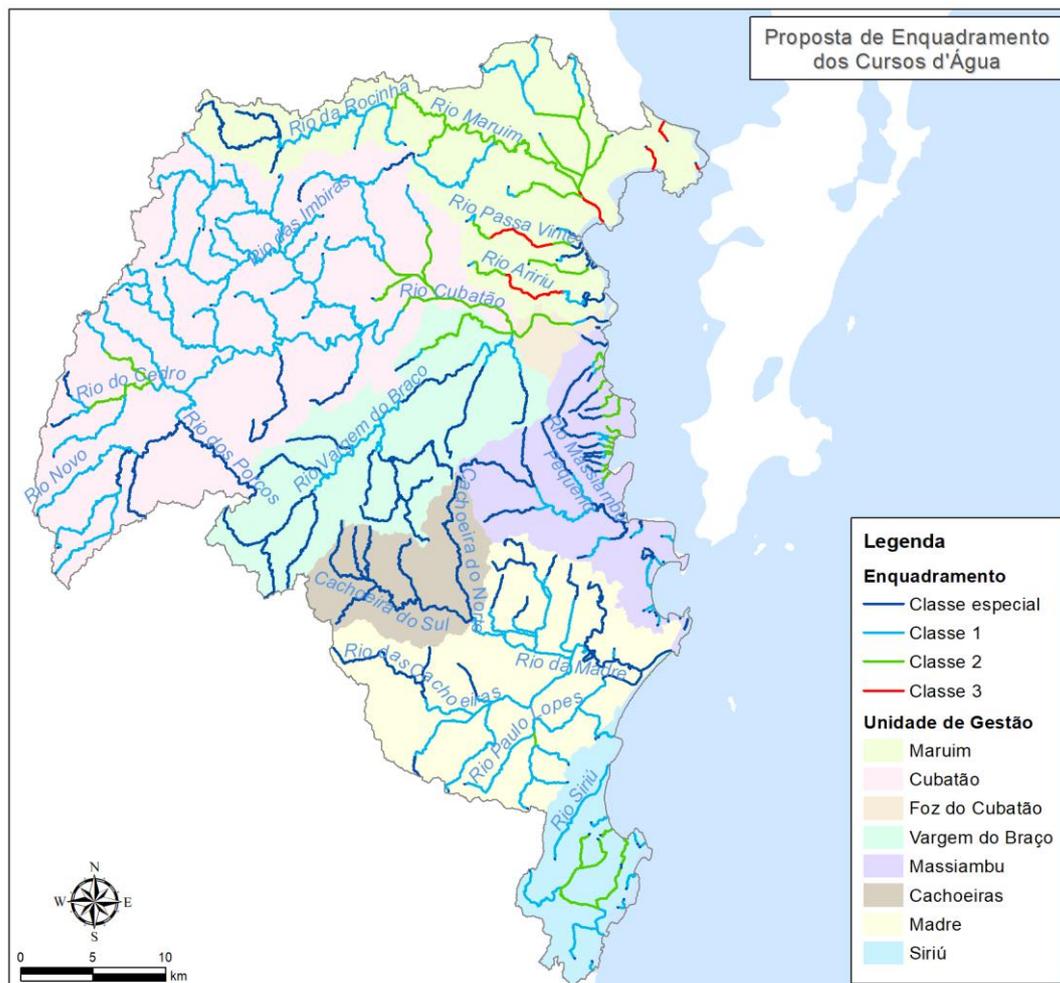


Figura 64 – Proposta final do enquadramento dos cursos d’água das Bacias dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas

Elaboração própria (2018)

A Tabela 110 apresenta a extensão dos trechos enquadrados em cada classe por UG. Destaca-se que a UG Maruim é a única que tem trechos de rios enquadrados na classe 3 e que representam cerca de 18% dos cursos d’água naquela UG. Por outro lado, a UG Cachoeiras é composta apenas por rios enquadrados na Classe especial, em razão do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

Destaca-se o elevado percentual de trechos hídricos enquadrados em Classe especial e Classe 1 na UG Madre. Tais resultados refletem os anseios da comunidade da região e dos participantes das oficinas de enquadramento participativo na construção do “rio que queremos”. Entretanto, decorrente dos resultados obtidos no balanço hídrico e do cenário atual de qualidade de água nesta UG, entende-se que tal enquadramento possa não ser factível com a realidade da UG num horizonte próximo. Ademais o enquadramento proposto também pode restringir as atividades de agricultura, rizicultura e mineração hoje existentes nesta UG.

Ressalta-se também os trechos hídricos de foz de rio que foram enquadrados em classe especial por estarem inseridos em UCs de Proteção Integral. A condição de classe

especial estabelecida por preceitos legais não é condizente, na maioria dos casos, com a qualidade da água destes trechos nas bacias em estudo, tendo em vista a grande densidade demográfica das regiões litorâneas associado ao baixo índice de coleta e tratamento de esgotamento sanitário, além do aporte de cargas poluentes sem capacidade elevada de autodepuração em trechos hídricos a montante dos trechos de foz. Neste sentido recomenda-se um estudo mais detalhado para verificar a capacidade de autodepuração dos trechos a montante das UCs de foz, verificando assim a possibilidade de se alcançar a classe hídrica exigida para a foz.

UG	Enquadramento	Trecho (km)	%	
Maruim	Classe 1		57	35
	Classe 2		61	37
	Classe 3		18	11
	Classe especial		28	17
	Total		164	100
Cubatão	Classe 1		266	76
	Classe 2		34	10
	Classe especial		50	14
	Total		350	100
Foz do Cubatão	Classe 1		1	13
	Classe 2		5	67
	Classe especial		2	20
	Total		8	100
Vargem do Braço	Classe 1		27	22
	Classe 2		9	7
	Classe especial		86	70
	Total		122	100
Massiambu	Classe 1		28	29
	Classe 2		12	13
	Classe especial		56	58
	Total		97	100
Cachoeiras	Classe especial		51	100
	Total		51	100
Madre	Classe 1		96	63
	Classe 2		1	1
	Classe especial		56	37
	Total		154	100
Siriú	Classe 1		30	60
	Classe 2		19	39
	Classe especial		1	2
	Total		50	100

Tabela 110 – Extensões dos trechos de rio por classe de enquadramento em cada UG das bacias em estudo

Elaboração própria (2018)

6. Compatibilização de disponibilidade e demanda

Buscando estabelecer uma situação de equilíbrio entre oferta e demanda qualiquantitativa de água, foram levantadas medidas estruturais e não estruturais, que visam não só solucionar os conflitos identificados ao longo do Plano, mas também atender o enquadramento proposto.

A partir de reuniões realizadas com representantes das prefeituras da área em estudo, câmaras e secretarias municipais relacionadas às áreas relevantes na discussão de recursos hídricos, setores de usuários de água, entidades de saneamento público, federações de trabalhadores, entre outros, foram identificados projetos de grandes empreendimentos que possam afetar direta ou indiretamente os recursos hídricos nas bacias em estudo. Os projetos de grandes empreendimentos identificados assim como os diálogos realizados com as prefeituras municipais, autoridades entidades locais são apresentados no Apêndice 8.

De modo complementar, a partir de pesquisa bibliográfica, também foram identificadas medidas necessárias para compatibilização da disponibilidade e demanda, a partir dos resultados dos balanços qualiquantitativos dos cenários analisados. As medidas propostas neste relatório consideram as águas superficiais e subterrâneas e contemplam os seguintes setores: saneamento básico, agricultura e irrigação, criação animal, pesca e aquicultura, indústria e mineração, transporte hidroviário, navegação, turismo e lazer, conservação de mananciais, manutenção de ecossistemas, e gestão dos recursos hídricos. As medidas identificadas são apresentadas no Capítulo 6.1.

Na próxima etapa do Plano (Etapa E), as medidas aqui levantadas de forma preliminar serão validadas e hierarquizadas junto à comunidade a partir da realização de três oficinas participativas e posteriormente serão detalhadas, atribuídas por Unidade de Gestão bem como identificados os responsáveis pela execução das medidas. Além disso serão estabelecidas metas e ações estratégicas buscando atender a anseios dos diferentes setores usuários de água e a critérios de preservação ambiental e de desenvolvimento econômico e social.

6.1. PROPOSTAS DE MEDIDAS PARA COMPATIBILIZAÇÃO DE DISPONIBILIDADE E DEMANDAS QUALIQUANTITATIVAS

Destacamos a seguir as ações de intervenção estrutural e não estrutural necessárias para compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas, visando solucionar os conflitos identificados, associando alternativas de intervenção e mitigação dos principais problemas identificados nas etapas anteriores do Plano de forma a estabelecer os cenários desejados e a compatibilização dos interesses internos e externos à bacia.

As ações identificadas foram baseadas nos diálogos realizados com os atores estratégicos da bacia, reuniões com o Comitê, análise de outros Planos de Recursos Hídricos de bacias estaduais e nacionais, bem como uma vasta pesquisa bibliográfica. Também foram considerados os resultados das oficinas participativas realizadas com a comunidade, com destaque para a Oficina de Reconhecimento de Território, que promoveu a identificação participativa de conflitos e potencializadas internas e externas à bacia através da matriz SWOT

(do inglês – *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*), e da Oficina de Enquadramento, que identificou usos, conflitos, pontos críticos e boas práticas por meio do Mapeamento Participativo.

As medidas contemplam os seguintes setores: saneamento básico, agricultura e irrigação, criação animal, pesca e aquicultura, indústria e mineração, transporte hidroviário, navegação, turismo e lazer, conservação de mananciais, manutenção de ecossistemas e gestão dos recursos hídricos. Essas medidas foram organizadas como estruturais e não estruturais, identificando ainda a aplicação para águas superficiais ou subterrâneas.

Ressalta-se que se trata de um levantamento inicial de medidas e ações necessárias para minimização dos conflitos identificados, que servirão como subsídio para as discussões a serem realizadas nas Oficinas de Ações Estratégicas. A partir dos resultados dessas oficinas, as ações propostas serão detalhadas e complementadas na Etapa E do Plano de Recursos Hídricos, a partir do estabelecimento de metas e ações estratégicas para os horizontes de curto, médio e longo prazo.

6.1.1. Saneamento básico

O saneamento básico é definido como o conjunto de serviços e ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida nos meios urbano e rural. Além disso, especifica os quatro conjuntos de serviços públicos que o constituem: abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais (KOBİYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008).

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina, a poluição urbana das águas superficiais e subterrâneas é originada principalmente do lançamento de efluentes domésticos (SANTA CATARINA, 2017f).

De acordo com a análise dos resultados dos balanços quali-quantitativos apresentados, verificou-se que a maior dificuldade quanto à garantia da preservação dos recursos hídricos está relacionada principalmente com as condições de qualidade da água.

Em especial nas bacias dos rios localizados na região litorânea, onde há um maior adensamento populacional e conseqüentemente maior lançamento de carga proveniente de efluente sanitário doméstico e, em alguns locais da carga provinda da criação animal, os resultados dos balanços quali-quantitativos indicaram que vários trechos apresentam concentração de DBO acima do limite estabelecido pela legislação para rios Classe 2, o que representaria um enquadramento em classes superiores à Classe 3.

O uso da água para as dinâmicas de saneamento básico apresenta algumas deficiências estruturais e não estruturais, podendo ser citada a falta de redes coletoras e estações de tratamento, deficiência nos sistemas de coleta de lixo reciclável e a falta de implementação e revisão dos Planos de Saneamento Básico, o que reflete na qualidade ambiental dos corpos hídricos. Em termos de esgotamento sanitário, a prioridade deve ser investir na infraestrutura de coleta e tratamento dos municípios mais populosos e povoados.

Com relação às águas subterrâneas, a ampliação dos sistemas de saneamento é necessária a fim de evitar o lançamento direto em subsuperfície mediante a utilização de fossas sépticas, nas

quais aumenta-se a carga de poluentes subterrânea. Como consequência, haverá redução da demanda para diluição dos poluentes e aumento na qualidade da água subterrânea.

Com relação à disponibilidade de recursos, a projeção das demandas futuras apontou uma situação favorável de disponibilidade hídrica para atendimento às demandas de captação, mas identificou alguns problemas pontuais de disponibilidade, relacionada aos trechos onde ocorrem captações de água utilizadas no abastecimento público dos municípios, conflito que fica ainda mais intensificado durante o verão. Este cenário sugere a necessidade implementação de medidas estruturais e não estruturais que otimizem os sistemas de abastecimento de água, sobretudo aquelas relacionadas à redução das perdas de água nos sistemas de abastecimento público.

Além da implementação de medidas estruturais como a melhoria e implantação de novos sistemas de captação e saneamento é necessário a implementação de medidas não estruturais, como fortalecer a fiscalização e realizar medidas de conscientização ambiental relacionadas às ligações às redes já existentes e ao descarte correto de resíduos entre outros assuntos relacionados.

Entende-se, porém, que os fatores de qualidade e quantidade são indissociáveis, devendo serem garantidos de forma integrada dentro do sistema de gestão a fim de garantir o acesso efetivo aos recursos hídricos.

Entre as possíveis medidas mitigadoras para solucionar os problemas de saneamento apresentados, estão:

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas estruturais	
Incremento da estrutura e promoção da melhoria da eficiência dos sistemas de saneamento	Águas superficiais e subterrâneas
Redução das perdas de água no sistema de abastecimento público	Águas superficiais e subterrâneas
Controle da descarga de lodo proveniente do tratamento de água (ETAs)	Águas superficiais e subterrâneas
Redução da carga poluidora gerada pelo manejo incorreto dos resíduos sólidos	Águas superficiais e subterrâneas
Medidas não estruturais	
Estudo dos efeitos hidrológicos e dinâmica da drenagem urbana e agrícola	Águas superficiais e subterrâneas
Emissão e/ou renovação de alvarás de funcionamento apenas após a ligação da unidade à rede coletora.	Águas superficiais e subterrâneas
Priorização da dotação de recursos para serviços de saneamento básico em áreas críticas e com problemas de poluição de mananciais superficiais e subterrâneos	Águas superficiais e subterrâneas
Criação de sistemas de reservas de energia para períodos de sobrecarga do sistema.	Águas superficiais e subterrâneas

Tabela 111 – Resumo de ações para o setor de saneamento básico

Elaboração própria (2018)

A seguir, apresenta-se uma descrição sucinta das medidas apontadas na Tabela 111.

6.1.1.1. Incremento da estrutura e promoção da melhoria da eficiência dos sistemas de saneamento

Entre as ações para incrementar a estrutura e promover a melhoria da eficiência dos sistemas de saneamento, está a complementação e implantação dos sistemas de saneamento básico, incluindo abastecimento, adutoras, tratamento de efluentes, drenagem, canalizações e construção de aterros sanitários, conforme previsto nos Planos de Saneamento dos municípios, adequando-se à realidade do local. Além disso, é importante promover o atendimento e o cumprimento do disposto em portarias e nas licenças ambientais.

As ações de melhoria da eficiência dos sistemas de tratamento de efluentes existentes devem ser estendidas para as áreas rurais. Além do mais, deve-se incentivar a ligação de todas as unidades à rede coletora.

A captação de água para abastecimento público realizada no município de Santo Amaro da Imperatriz possui dois pontos em destaque: um localizado dentro do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, no Rio Vargem do Braço, afluente na margem direita do Rio Cubatão, e outro ponto de captação localizado no próprio Rio Cubatão, a jusante da cidade de Santo Amaro da Imperatriz e a montante da junção entre os Rios Cubatão e Vargem do Braço. A água captada nos dois pontos é conduzida para a Estação de Tratamento de Água (ETA) Cubatão, na localidade de Morro dos Quadros em Santo Amaro da Imperatriz. A água captada abastece os municípios de Florianópolis, São José, Biguaçu, Palhoça e Santo Amaro da Imperatriz.

Apesar da importância destacada da captação de água para abastecimento da Grande Florianópolis, na região da Vargem do Braço ocorrem atividades de agricultura e pecuária, além da criação de javalis, conforme constatado no balanço hídrico e de acordo com as oficinas. Além disso, no município de Santo Amaro da Imperatriz observa-se problemas quanto ao lançamento de efluentes de esgoto no corpo hídrico.

A água que abastece a região urbana do município de Garopaba é captada no manancial subterrâneo por meio de poços tubulares profundos. Os mananciais subterrâneos oferecem condições mais vantajosas que a utilização de mananciais de superfície, já que os estes são naturalmente mais protegidos dos agentes poluidores, e a qualidade natural da água extraída é, em geral, adequada ao consumo humano, sem a necessidade do processo de clarificação. Por esses mananciais estarem situados na zona urbana, existe o risco de contaminação superficial. Na reunião com a Prefeitura de Garopaba também foi exposta a necessidade de fomentar o tratamento de esgoto para as áreas urbana e rural.

Na cidade de São Pedro de Alcântara, nas áreas onde se localizam o hospital e a penitenciária, o sistema de tratamento de esgoto precisa ser melhorado a fim de reduzir a carga de dejetos lançada nos rios. Na reunião com a prefeitura de Águas Mornas, foi apontada a intenção de fomentar a implantação do esgotamento sanitário, que ainda é descentralizado no município. De acordo com reunião com a prefeitura de Palhoça, também é necessário fomentar a implementação de um sistema de coleta e tratamento de esgoto para a região central do município.

Redução de perdas de água no sistema de abastecimento público

O controle e a redução de perdas de água em sistemas públicos de abastecimento de água são uma das principais ações estruturantes a serem implementadas na bacia, afim de garantir a compatibilização de disponibilidade e demanda de recursos hídricos, já que os estudos identificaram alguns problemas pontuais de disponibilidade, relacionada principalmente aos trechos onde ocorrem captações de água utilizadas no abastecimento público dos municípios

A redução das perdas de água no sistema de abastecimento público pode ser alcançada através de medidas operacionais e de gestão, através da adequação das instalações, equipamentos, processos e implementação de novas tecnologias, coma utilização de métodos de monitoramento de pressão na rede, por exemplo, por meio da macromedição de água bruta e tratada, ou ainda através da substituição de hidrômetros antigos.

De acordo com o Ofício da Casan CT/D 0601, datado de 29 de maio de 2018, em fevereiro de 2017 foi criada pela empresa a equipe de geofonamento da Superintendência Regional de Negócios da região metropolitana da Grande Florianópolis, com o objetivo de detecção e localização de vazamentos ocultos com aparelhos de geofone e haste de escuta. A atividade de geofonamento abrange a instalação de macromedidores e acompanhamento dos dados pelo sistema supervisório, encontrando vazamentos ocultos relevantes para a redução de perdas. Foram iniciadas atividades nos municípios de Santo Amaro da Imperatriz e Águas Mornas.

Além dessa ação, a Casan tem investido em instrumentos de macromedição, telemetria, gestão de pressão e melhorias operacionais em adutoras e redes de distribuição. A substituição de hidrômetros está sendo considerada foco principal na gestão comercial de perdas.

O Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do Município de Florianópolis (2011) aponta que a perda atual do município no Sistema Integrado de Florianópolis (SIF) é de 32,25%. Para o horizonte de longo prazo (2025), o plano prevê a redução de 7,25% das perdas do sistema. O plano aponta como medidas estratégicas a necessidade de modernização dos sistemas de macromedição, a implantação de medidores em todos os pontos de produção,

adução e distribuição, além da modernização dos sistemas de micromedição, com a substituição de hidrômetros com mau funcionamento, prioritariamente as unidades cujo consumo *per capita* esteja aparentemente reduzido.

Em Garopaba, a perda atual do município é de 35%, conforme aponta o PMSB (GAROPABA, 2012). O plano foi elaborado em 2012 e o horizonte estabelecido foi de 2020 a 2031. Para esse horizonte, a redução desejada é de 10%. Como ações estratégicas, o plano prevê a necessidade de estruturar o "Programa de Controle de Perdas e Uso Racional da Água" e realizar procedimentos como geofonamento e medição de pressões em períodos regulares.

Conforme aponta o Plano Municipal de Saneamento Preliminar de Palhoça (2015), a perda atual do município é de 40%. O plano foi elaborado em 2016 e teve como horizontes estabelecidos 2019, 2024, 2028 e 2036. Para esses horizontes, as reduções dos índices de perdas desejadas são de 5%, 10%, 15% e 20%, respectivamente. Como ação estratégica, o plano destaca a necessidade de implementação do Programa de Controle de Perdas e Uso Racional da Água.

Segundo o PMSB de Santo Amaro da Imperatriz (2012), a perda atual do sistema no município é desconhecida. O plano foi elaborado em 2012 e prevê redução de perdas de 4% ao ano nos primeiros 4 anos, e 3% a partir do ano 5 até atingir 25%. As ações estratégicas propostas são a elaboração de projeto para implantação da setorização na rede de distribuição, a implantação da setorização na área de influência de cada um dos reservatórios, a implementação da atividade de caça fraude e ligações clandestinas e a macromedição.

O PMSB de São Pedro de Alcântara (SANTA CATARINA, 2011b) aponta que a perda atual do município é de 40%. O plano foi elaborado em 2011 e prevê reduções dos índices de perdas desejadas de 15% em 2030, a partir de investimento em implantação e substituição de hidrômetros.

6.1.1.2. Controle da descarga de lodo proveniente das Estações de Tratamento de Água (ETA)

Os produtos químicos utilizados no processo de tratamento de água para a purificação, clarificação e desinfecção resultam em quantidades de lodo que retornam ao corpo hídrico, muitas vezes sem que ocorra o seu devido tratamento, podendo prejudicar a saúde pública e o ecossistema (SANTA CATARINA, 2017a).

Os principais resíduos gerados nas ETAs são: lavagem de filtros, lodos dos decantadores e rejeitos de limpeza dos tanques de produtos químicos. Esses resíduos têm características diferentes, com frequências de descargas distintas.

Os resíduos dos decantadores têm em sua composição grandes concentrações de alumínio, quando o sulfato de alumínio é utilizado como coagulante primário. Esse material quando disposto em rios com baixa velocidade de escoamento ou lagoas poderá causar problemas na fauna desses corpos hídricos (SOUZA, 1999).

Medidas como a desidratação do lodo por centrifugação, espessamento por gravidade (sedimentadores) ou flotação, remoção de água de lodo de ETAs, através de filtração forçada ou utilizando leitos de secagem, e lagoas de lodo são indicadas.

Conforme previsto no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de São Pedro de Alcântara (SANTA CATARINA, 2011b) é necessário, no curto prazo, a realização do tratamento de lodo gerado na ETA.

6.1.1.3. Redução da carga poluidora através do manejo correto dos resíduos sólidos

Conforme identificado nas reuniões com as prefeituras e na análise dos PMSB dos municípios da bacia, é necessário implementar ações para redução da carga poluidora através de ações que promovam o manejo e descarte adequado dos resíduos sólidos urbanos.

Para o manejo correto dos resíduos sólidos pode-se incentivar a implantação de usinas de reciclagem, promover a educação sobre a separação dos resíduos sólidos e ampliar a fiscalização de empresas geradoras de resíduos sólidos tóxicos.

O PMSB de Palhoça (2015) destaca a necessidade de campanhas educacionais, a fim de conscientizar a população sobre o descarte inadequado de resíduos e o que essas ações acarretam no âmbito ambiental.

6.1.1.4. Estudo dos efeitos hidrológicos e dinâmica da drenagem urbana e agrícola

A modelagem do fluxo de água e poluentes, realizada por meio de estudos hidrogeológicos e hidroquímicos, auxilia na predição do comportamento futuro desses fluxos no corpo hídrico. A realização do estudo dos efeitos hidrológicos e da dinâmica da drenagem urbana e agrícola são essenciais para proporcionar uma regulação das atividades de drenagem, através de obras de macro e microdrenagem.

É necessário também o exercício das atividades de fiscalização e monitoramento de lançamentos indevidos no sistema de drenagem urbana que conduzam à obstrução de dispositivos hidráulicos, assim como a identificação de áreas problemáticas e posterior execução de obras de macrodrenagem e microdrenagem nessas áreas.

O PMSB de Águas Mornas (SANTA CATARINA, 2011a), assim como o de São Pedro de Alcântara (SANTA CATARINA, 2011b), prevê como ação o monitoramento e manutenção do sistema de macrodrenagem. De acordo com o PMSB de Garopaba (2012), é preciso realizar o monitoramento da qualidade e quantidade de água subterrânea.

Em consonância com o PMSB de Florianópolis (2011), propõe-se implantar uma estrutura especializada em manutenção e vistoria permanente no sistema de microdrenagem e macrodrenagem e da ampliação deste, atendendo à demanda de urbanização do município.

6.1.1.5. Emitir e renovar alvarás de funcionamento apenas após a ligação da unidade à rede coletora

Esta medida se aplica no sentido de garantir a ligação adequada à rede coletora, no intuito de evitar ligações irregulares à rede pluvial, conforme conflito identificado nas oficinas participativas realizadas na bacia, apesar dessa atividade ser caracterizada como crime ambiental.

6.1.1.6. Priorizar dotação de recursos para saneamento básico em áreas críticas e com problemas de poluição de mananciais superficiais e subterrâneos

Considerando os problemas financeiros enfrentados pelos municípios, conforme identificado nas reuniões realizadas com as entidades executivas dos municípios, os municípios devem identificar as áreas críticas e com problemas de poluição de mananciais superficiais e subterrâneos e promover a priorização da dotação de recursos específicos para serviços de saneamento básico nessas regiões. Também devem ser identificadas fontes de recursos estaduais e federais que promovam a implantação de estações de tratamento, a redução dos níveis de poluição em bacias hidrográficas e a proteção dos mananciais de sistemas de produção de água.

Um exemplo é o Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (PRODES), uma iniciativa da Agência Nacional de Águas (ANA) consiste na concessão de estímulo financeiro pela União aos prestadores de serviço de saneamento que investirem na implantação e operação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Podem participar do PRODES os empreendimentos destinados ao tratamento de esgotos com capacidade inicial de tratamento de pelo menos 270kg de DBO (carga orgânica) por dia, cujos recursos para implantação da estação não venham da União.

6.1.1.7. Criação de sistemas de reservas de energia

O funcionamento dos equipamentos de dosagem de produtos químicos das ETAs, bem como as bombas de recalque, necessita de um fornecimento contínuo de energia elétrica. Problemas nesse fornecimento podem afetar o funcionamento contínuo dos equipamentos de dosagem de produtos químicos e sistemas de telemetria e controle, bem como na distribuição de água com a diminuição da pressão na rede em algumas localidades. É importante que os sistemas de tratamento sejam dotados de geradores ou outros sistemas de reservas de energia para evitar problemas de fornecimento decorrentes da falta de energia elétrica.

6.1.2. Agricultura e irrigação

De acordo com os estudos realizados, verificou-se que o uso da água para a agricultura irrigada, criação animal, pesca e aquicultura apresenta conflitos relacionados à disputa pela água disponível em quantidade e qualidade necessárias.

De acordo com os resultados das oficinas participativas, o uso de água para a agricultura irrigada apresenta conflitos relacionados à disputa pela água disponível em quantidade e qualidade necessárias.

Constatou-se como conflitos relacionados à agricultura e recursos hídricos na bacia o desenvolvimento de atividades de agricultura e pecuária em Áreas de Preservação Permanente (APP), a supressão de mata ciliar, a poluição devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes químicos na agricultura, especialmente nos arrozais, o descarte irregular de embalagens de agrotóxicos, a falta de regulação e fiscalização de queimadas, assim como a falta de maiores investimentos na orientação dos produtores rurais sobre formas de uso sustentável da terra, entre outros fatores, gera a degradação da qualidade dos

corpos hídricos, afetando muitas vezes outros usos de recursos hídricos na bacia como a produção de moluscos, um setor onde a manutenção da qualidade ambiental marinha é essencial para a manutenção dos resultados socioeconômicos e consolidação da atividade.

Conforme os cenários projetados neste Plano, prevê-se um aumento da demanda hídrica para irrigação, o que torna necessário o desenvolvimento de novas tecnologias no meio rural para adequar essa procura à disponibilidade hídrica, aliada à proteção dos recursos disponíveis.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) desenvolve programas institucionais que incentivam os produtores rurais a otimizarem seu processo produtivo, viabilizando a redução da demanda de água para o setor de irrigação e criação animal. Entre os programas desenvolvidos estão ações voltadas à educação ambiental, à preservação da água e saneamento ambiental e à gestão socioambiental.

O Programa Desenvolvimento e Sustentabilidade Ambiental surgiu a partir da preocupação da ocupação do território realizada sem o devido planejamento, numa situação em que os custos ambientais são desconsiderados ou não valorizados. Ao considerar o crescimento demográfico e o aumento de pressões de uso e demanda pelos recursos naturais, verifica-se uma elevação na degradação do ambiente e uma redução da disponibilidade e qualidade de água. Dessa forma, o programa é direcionado ao estudo, desenvolvimento e difusão de sistemas de informações e tecnologias que possibilitem o manejo sustentável dos recursos ambientais e o destino adequado dos resíduos e efluentes agrícolas, industriais e humanos, considerando também os aspectos socioeconômicos e culturais. (EPAGRI, 2018a).

O Programa Grãos contempla ações de pesquisa, assistência técnica e extensão rural, voltadas ao desenvolvimento e disponibilização de tecnologias apropriadas aos produtores de grãos, especialmente arroz irrigado, feijão e milho. Uma das formas para os produtores melhorarem suas atividades produtivas se dá pela adoção de tecnologias apropriadas às condições edafoclimáticas das propriedades. O programa então oferece serviço de pesquisa, de assistência técnica e de extensão, priorizando o alto desempenho técnico e econômico a partir da eficiência do uso das tecnologias apropriadas de produção e bom gerenciamento da atividade de produção. (EPAGRI, 2018b).

O aumento da disponibilidade hídrica para a agricultura também pode ser obtido aumentando a reserva de água, por exemplo, através da coleta e armazenamento de água da chuva. De acordo com Bertoncini (2008), a estrutura necessária para a coleta de água da chuva é pequena, sendo feita nos telhados por meio de calhas de bambu, em propriedades rurais.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2007), entre as vantagens do reúso de água estão a economia de água na agricultura, a reciclagem de nutrientes para irrigação, a economia de insumos, a substituição das águas de melhor qualidade, o controle de poluição sobre corpos hídricos receptores e da eutrofização. Ainda de acordo com o documento, essa fonte adicional de água é renovável e segura, podendo ser aplicada na produção agrícola de forma sustentável, sem a necessidade da expansão de novas áreas de captação. De acordo com Bertoncini (2008), o reúso de água na agricultura e na pecuária é uma alternativa viável que aumenta a eficiência da utilização de água e reduz a captação de fontes naturais e o gasto com energia elétrica.

A Tabela 112 exibe as possíveis medidas mitigadoras e ações possíveis para solucionar os problemas apresentados.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas estruturais	
Racionalizar e tornar mais eficientes os sistemas de irrigação.	Águas superficiais e subterrâneas.
Adotar medidas para reduzir perdas no cultivo de arroz irrigado.	Águas superficiais e subterrâneas.
Utilização de técnicas que propiciem a conservação do solo e o controle da erosão e do assoreamento.	Águas superficiais e subterrâneas.
Medidas não estruturais	
Estimular a agricultura agroecológica e orgânica.	Águas superficiais e subterrâneas.
Fomentar a elaboração de planos de monitoramento de risco ambiental de pesticidas.	Águas superficiais e subterrâneas.
Estimular a redução do uso de agrotóxicos e adoção de programas de recolhimento de embalagens.	Águas superficiais e subterrâneas.

Tabela 112 – Resumo das ações para a agricultura e irrigação

Elaboração própria (2018)

6.1.2.1. Racionalizar e tornar mais eficientes os sistemas de irrigação

O planejamento do sistema de irrigação dos cultivos, inicialmente realizado na estruturação e sistematização da lavoura, deve buscar ser mais eficaz no manejo de água, obtendo uma melhor distribuição de água também no sistema de drenagem. A racionalização da quantidade demandada de recursos hídricos para irrigação aumenta a eficiência do processo e auxilia no equacionamento dos conflitos pelo uso de água na irrigação.

Segundo Kongyan (2005) e Rosegrant, Cai e Cline (2002), para aumentar a eficiência do uso de água é necessário investir em sistemas de irrigação mais eficientes e em novas tecnologias poupadoras de água, relacionadas ao manejo racional do recurso, à redução das perdas por evaporação e ao controle do déficit hídrico na irrigação.

Conforme Marouelli et al. (2011), no Brasil apenas metade da água captada para fins de irrigação são efetivamente utilizados pelas plantas, sendo que as perdas são maiores em sistemas de irrigação por superfície. Segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006), esse problema ocorre da baixa utilização de critérios técnicos de manejo de água na maioria das áreas irrigadas, das informações escassas e incompletas de parâmetros para manejo de água e do uso de sistemas de irrigação com baixa eficiência de aplicação de água. O desperdício de água na irrigação eleva os custos de produção e compromete a disponibilidade e qualidade da água.

Rosegrant, Cai e Cline (2002) apontam que as ações para melhorar a eficiência do uso de água na agricultura irrigada são melhorias técnicas com a adoção de sistemas de irrigação avançados, como a aspersão, o gotejamento, a microaspersão, o uso conjunto de águas superficiais e subterrâneas e a agricultura de precisão, com estratégias para o monitoramento da demanda de água pelas plantas. Outras ações incluem a adoção de estratégias de manejo de água com base na demanda da cultura e melhoria da manutenção de equipamentos.

6.1.2.2. Adotar medidas para reduzir perdas no cultivo de arroz irrigado

Segundo Gomes et al. (2008), as perdas de água por percolação e infiltrações no cultivo de arroz dependem de atributos intrínsecos do solo relacionados a sua textura e estrutura e da topografia do terreno, altura da lâmina de água, permeabilidade e da existência, próximo à área irrigada, de canais de drenagem profundos. Todavia, sempre que a quantidade de água infiltrada no solo superar a sua capacidade de retenção, ocorrerão perdas por percolação profunda.

O manejo do uso de água nas lavouras de arroz irrigado por inundação é fundamental para a redução das perdas. A altura da lâmina de água bem como a rede de drenagem da lavoura devem ser adaptadas para maior eficiência.

De acordo com o PRH de Itapocu (SANTA CATARINA, 2017a), deve-se incentivar a adoção do sistema pré-germinado, uma vez que esse sistema apresenta uma demanda hídrica média menor para o cultivo de arroz.

Segundo a Epagri (2010, não paginado):

A pré-germinação é realizada imergindo-se as sementes em água, à temperatura ambiente, durante 24 a 48 horas mantendo-as, após, por igual período fora d'água, até que se inicie o processo de germinação, com a emissão da radícula e do coleóptilo. A pré-germinação tem como objetivo adequar as sementes para a semeadura em áreas alagadas.

As sementes podem ser colocadas em tambores, cochos, tanques ou outros recipientes providos de sistema de drenagem, ou colocadas em sacos dentro de rios, vales ou açudes.

Outras estratégias que podem ser adotadas são: sistematização e regularização do terreno; racionalização e melhoria nos procedimentos operacionais; construção de taipas antecipadas; redução das perdas de água por infiltrações laterais e percolação; redução do período de irrigação; controle da altura da lâmina de água; uso de sistemas intermitentes de irrigação; uso de cultivares de arroz de menor duração do ciclo biológico (precoce ou superprecoce), que apresentem alta produtividade; cultivo do arroz em solos favoráveis; consideração da chuva efetiva na lavoura; e melhoria da capacitação e treinamento em serviço das práticas poupadoras de água (GOMES et al., 2008).

6.1.2.3. Utilização de técnicas que propiciem a conservação do solo e o controle da erosão e do assoreamento

O problema da erosão ocorre principalmente com o manejo inadequado em áreas de cultura. Essa exposição e abertura do solo pode provocar o carreamento de sedimentos para os corpos hídricos, influenciando na qualidade hídrica, além de ser uma das causas do assoreamento. Uma das técnicas que podem controlar esses eventos é o terraceamento, que disciplina o volume de escoamento das águas, reduzindo a declividade do terreno e, por consequência, a velocidade da água, contribuindo para a recarga de aquíferos.

Segundo Machado e Wadt (2016), o terraceamento da lavoura é uma prática de combate à erosão fundamentada na construção de terraços com o propósito de disciplinar o volume de escoamento das águas das chuvas. Essa prática deve ser utilizada em conjunto com

manejo do solo, calagem e adubação fertilizante balanceadas e com práticas como: a rotação de culturas e cultivo em nível ou em contorno.

6.1.2.4. Estimular a redução do uso de agrotóxicos e adoção de programas de recolhimento de embalagens

De acordo com a proposta do Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos (PRONARA), desenvolvido pelo Grupo de Trabalho de Agrotóxicos da Comissão Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (CNAPO), deve-se estimular a ampliação da fiscalização das medidas de recolhimentos de embalagens de agrotóxicos e destinação final de produtos vencidos e contaminados.

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o art. 33 atribui ao setor de agrotóxicos a responsabilidade de estruturar e implementar um sistema de logística reversa para receber os resíduos após o uso dos produtos.

Um exemplo de política para recolhimento de embalagens de agrotóxicos é a Campanha de Recolhimento de Embalagens de Agrotóxicos Vazias (CAMPO LIMPO), iniciativa da ARASUL, do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) – antiga Fundação do Meio Ambiente (Fatma), com parceria das prefeituras, da EPAGRI, da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (Cidasc) e das empresas que comercializam agrotóxicos. A campanha contou com o envolvimento dos municípios de Águas Mornas, Angelina, Anitápolis, Antônio Carlos, Canelinha, Governador Celso Ramos, Major Gercino, Nova Trento, Rancho Queimado, Santo Amaro da Imperatriz, São Bonifácio, São João Batista, São Pedro de Alcântara e Tijucas.

Segundo relatório da Casan, ao realizar expedição no Rio Cubatão, foi constatado que a região de Santo Amaro da Imperatriz, Águas Mornas e Palhoça, é tradicionalmente conhecida pela prática da agricultura familiar e pecuária de pequeno porte que utilizam uma elevada quantidade de agrotóxicos. A região se destaca também por ser a maior produtora de tomates do Estado. O problema é que muitos desses cultivos ocorrem às margens do Rio, contaminando o corpo hídrico.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Águas Mornas (SANTA CATARINA, 2011a), é preciso ampliar e/ou disseminar o programa da Epagri de recolhimento de embalagens e diminuição do uso de agrotóxicos.

6.1.2.5. Estimular a agricultura agroecológica e orgânica

Como complementação ao controle de pesticidas utilizados na agricultura, cabe o estímulo à agroecologia, na qual não há a utilização de pesticidas. A agroecologia é um modelo de produção agrícola que se preocupa em manter a produtividade do solo em longo prazo e, para isso, utiliza de artifícios que mantenham a terra em condições férteis de produção para que esta possa ser reutilizada em novos plantios. Entre esses artifícios estão a compostagem, o uso de defensivos naturais, a rotação de culturas, a diversidade no plantio, entre outros.

A área da bacia tem um grande potencial para a produção orgânica e agroecológica, devido ao fato de ser constituída, principalmente, de pequenas propriedades rurais, dispor de

mão de obra qualificada e instituições de apoio, como a Epagri, além de estar próxima a centros consumidores, como Florianópolis.

Devem ser promovidas ações de incentivo à produção orgânica e agroecológica, através da criação de linhas de crédito específicos e, principalmente, da promoção de capacitações nas distintas etapas da cadeia produtiva, desde a produção até a comercialização.

Também devem ser divulgadas as ações e iniciativas de associações e grupos de agricultores que trabalham com agricultura agroecológica e orgânica, buscando a facilitação da cooperação entre grupos e trocas de experiências.

6.1.2.6. Fomentar a elaboração de planos de monitoramento de risco ambiental de pesticidas

O cultivo e o manejo do solo exercem grande influência na qualidade das águas subterrâneas e nas taxas de recarga de alguns aquíferos. Algumas práticas agrícolas são capazes de causar contaminação difusa por nutrientes e pesticidas. Assim, estudos de monitoramento ambiental devem ser realizados para a delimitação dos limites máximos para resíduos de pesticidas e para que práticas de remediação sejam recomendadas (RIBEIRO, et al., 2007).

6.1.3. Criação animal

Segundo os resultados das oficinas participativas do Plano, o uso de água para a criação animal, assim como para agricultura e irrigação, apresenta conflitos relacionados à disputa pela água disponível devido à expansão da fronteira agropecuária, afetando negativamente o corpo hídrico.

A proximidade da pecuária nas margens dos rios compromete a regeneração natural da mata ciliar devido ao pisoteio e alimentação herbívora, além de aumentar a presença de dejetos carregados para as águas dos rios. Outro problema é a devastação da vegetação nativa, devido à limpeza dos terrenos.

Conforme citado anteriormente, a Epagri desenvolve programas institucionais que incentivam a redução da demanda de água para o setor de irrigação e criação animal.

O Programa Desenvolvimento Sustentável da Pecuária contempla as atividades de bovinocultura de leite, bovinocultura de corte, ovinocultura e apicultura. O objetivo do programa é aumentar a competitividade da pecuária, utilizando sistemas sustentáveis de produção, a base de pastagens perenes e sistemas de múltiplo uso, visando o fortalecimento da agricultura familiar, segurança alimentar e a qualidade dos produtos.

A Tabela 113 exhibe as possíveis ações e medidas mitigadoras para solucionar os problemas apresentados.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas estruturais	
Promover o aproveitamento de resíduos orgânicos e o manejo de resíduos agropecuários.	Águas superficiais e subterrâneas.
Incentivo à implantação de esterqueiras.	Águas superficiais e subterrâneas.
Medidas não estruturais	
Aumentar a fiscalização de atividades pecuárias nas proximidades das margens do rio.	Águas superficiais e subterrâneas.

Tabela 113 – Resumo das ações para a criação animal

Elaboração própria (2018)

6.1.3.1. Promover o aproveitamento de resíduos orgânicos e o manejo de resíduos agropecuários

De modo geral, a reciclagem dos resíduos no meio rural pode ser feita com o objetivo de reciclagem energética ou reciclagem orgânica e de nutrientes. A reciclagem energética de resíduos tem como objetivo a geração de calor ou de gás combustível. A conversão de matéria orgânica em energia pode ser consumada através de vários processos, dependendo do material e do tipo de energia desejada.

Conforme Konzen (2000), é possível reaproveitar dejetos animais por meio de alternativas de manejo, sistemas de tratamento dos resíduos e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção de grãos (entre eles milho e soja), forragens e pastagens para bovinos, como já ocorre no Triângulo Mineiro e no Centro-Oeste brasileiro.

Outra alternativa é a implantação de biodigestores como fonte alternativa de energia para a área rural.

De acordo com Augusto e Kunz (2011, p. 164):

A biodigestão anaeróbia é o processo biológico no qual a matéria orgânica é degradada na ausência de oxigênio, formando majoritariamente metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Essa mistura de gases é denominada de biogás e pode ser coletada e usada como fonte de energia (térmica ou elétrica) em substituição aos combustíveis fósseis, diminuindo a demanda e o impacto ambiental pela utilização de uma fonte de energia renovável.

Ainda segundo esses autores, a biodigestão anaeróbia pode ser usada no tratamento de resíduos sólidos ou líquidos, reduzindo a poluição ocasionada pelo lançamento do dejetos no meio ambiente e ainda oferecendo como subprodutos biogás e biofertilizantes, que podem ser aplicados na propriedade rural.

Os resíduos orgânicos de origem animal têm grande representatividade na área de estudo. Como constatado em todas as Unidades de Gestão (UG) do Plano, com exceção da UG Maruim, a carga orgânica animal ultrapassa a carga orgânica doméstica. Assim, o reaproveitamento dos resíduos agropecuários é de suma importância para a garantia da qualidade das águas.

6.1.3.2. Incentivo à implantação de esterqueiras

Segundo Cardoso, Oyamada e da Silva (2015), a contaminação dos lençóis freáticos é o principal problema ambiental causado pelo manejo inadequado dos dejetos suínos. Os principais tipos de processos de tratamento desses dejetos no Brasil são: lagoas de decantação, esterqueiras, bioesterqueiras, biodigestores, compostagem e cama sobreposta.

A utilização de esterqueiras em sequência a aplicação do esterco no solo pode reduzir a necessidade de fertilizantes agrícolas, funcionando como adubo orgânico, reduzindo a poluição ambiental nas áreas de maior concentração de animais. Esse processo visa a reutilização dos resíduos animais reduzindo a carga poluidora que atinge os recursos hídricos da bacia.

6.1.3.3. Aumentar a fiscalização de atividades pecuárias nas margens do rio

As atividades pecuárias próximas às margens dos rios geram impactos principalmente sobre as matas ciliares, sendo substituídas por pastagens, propiciando a ocorrência de eventos como a erosão do solo.

Desta forma, uma maior fiscalização quanto às atividades pecuárias pode ser determinante na manutenção das matas ciliares e conseqüentemente promover a melhoria da qualidade dos corpos hídricos

6.1.4. Pesca e aquicultura

Segundo os resultados das oficinas participativas e das reuniões realizadas com a comunidade realizadas para este Plano de Recursos Hídricos, o uso de água para a pesca e aquicultura apresenta conflitos relacionados à disputa pela água disponível, à má qualidade dos corpos hídricos e a falta de estrutura para a maricultura. Também foi relatado problemas relacionados à falta de incentivos para promoção da pesca artesanal e falta de fiscalização na pesca industrial em áreas próximas à costa.

A Epagri desenvolve programas institucionais que incentivam a pesquisa e ações de desenvolvimento sustentável do setor. O Programa Aquicultura e Pesca da Epagri abrange atividades de pesquisa, desenvolvimento ações de extensão rural e pesqueira, nas áreas de maricultura, piscicultura de águas continentais e pesca. Visa ainda o fortalecimento e consolidação das cadeias produtivas da piscicultura e do cultivo de moluscos, o fomento da capacidade de gestão e organização dos pescadores e a agregação de valor ao pescado e ao desenvolvimento de tecnologias para o cultivo de novas espécies como alternativa de renda aos aquicultores e pescadores.

A Tabela 114 exhibe as possíveis ações para minimizar os problemas apresentados.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas estruturais	
Melhoria do sistema de saneamento básico em áreas de maricultura.	Águas superficiais.

Tabela 114 – Resumo das ações para a pesca e aquicultura
Elaboração própria (2018)

6.1.4.1. Melhoria do sistema de saneamento básico em áreas de maricultura

Segundo Hoffmann et al. (2017), o desenvolvimento do cultivo de moluscos em Santa Catarina teve início no final da década de 80, através de um programa de pesquisa e extensão do Laboratório de Mexilhões-LAMEX, atual Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) do departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em conjunto com a Associação de Crédito e Assistência Pesqueira de Santa Catarina (ACARPESC), atual Epagri, envolvendo pescadores artesanais. O espaço marinho foi ocupado de forma desordenada, onde a situação irregular dos maricultores impedia a sua inserção em políticas públicas e a obtenção de incentivos de apoio à produção.

Segundo o Plano Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável da Maricultura Catarinense:

Moluscos bivalves como ostras, mexilhões, vieiras e berbigões são organismos filtradores que capturam seu alimento da água. Juntamente com seu alimento, formado principalmente por microalgas e microorganismos naturalmente presentes no mar, os moluscos podem filtrar e acumular bactérias, vírus e toxinas patogênicas aos seres humanos. Isto significa que a qualidade destes alimentos está diretamente relacionada às condições sanitárias das águas onde são cultivados. No caso específico dos contaminantes microbianos, o risco é aumentado pelo hábito de se consumir bivalves crus (ex: ostras) ou levemente cozidos (ex: mexilhões). Por este motivo, a manutenção da qualidade ambiental marinha é essencial para a manutenção dos resultados socioeconômicos e consolidação deste setor. (EPAGRI, 2015, p. 28).

A Cidasc monitora, quinzenalmente, 26 pontos do Litoral Catarinense para avaliar a qualidade da água, no que se refere ao consumo dos alimentos produzidos nesses espaços, e a Epagri estuda criar um processo de classificação das áreas produtivas de moluscos, conforme a quantidade de resíduos presentes. Isso permitiria a rastreabilidade dos produtos da maricultura catarinense.

O Plano Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável da Maricultura Catarinense (EPAGRI, 2015) prevê entre suas metas intervenções ambientais que possuem relação direta com a qualidade dos corpos hídricos.

- » Meta 16 – Aumentar os investimentos em coleta e tratamento de esgotos.
- » Meta 17 – Ampliar os programas de monitoramento sanitário das áreas de cultivo.
- » Meta 18 – Implantar programas de monitoramento ambiental.
- » Meta 19 – Criar um selo de procedência para produtos da maricultura catarinense.
- » Meta 20 – Obter certificação orgânica e de comércio justo.

Para atingir essas metas, o Plano Estratégico indica a necessidade da Cidasc, as Prefeituras e o Governo Estadual intensificarem os investimentos para assegurar que a rede de coleta e tratamento atenda toda Grande Florianópolis. Todas as prefeituras de municípios produtores de moluscos devem ser informadas e engajadas no Plano Estratégico de Desenvolvimento, de forma a estarem comprometidas em ampliar a rede de coleta e tratamento de esgotos, com apoio do Ministério das Cidades e de agências de cooperação e bando de desenvolvimento internacional.

Além de investimentos em implantação de redes e estações de tratamento, ações de melhoria nos sistemas de tratamento existente também são necessárias, como a instalação de medidores de transbordo.

O transbordo de ETE ou Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) pode ocorrer durante eventos climáticos extremos ou panes de energia. Para minimizar o problema é necessário a instalação de medidores do nível de líquido equipados com alarmes. Esses dispositivos podem ser configurados para indicar quando um excesso de volume ocorre e alertar a Cidasc e as associações de produtores sobre o problema, criando um canal de comunicação direto entre o setor da maricultura com as empresas de saneamento básico, como já existe em outros países (SANTA CATARINA, 2017b).

6.1.5. Indústria

Nas oficinas e reunião realizadas na bacia identificou-se que o uso de recursos hídricos para o setor industrial apresenta conflitos relacionados à disputa pela água disponível em quantidade e qualidade para atender aos diversos setores usuários.

Ações voltadas para minimizar esse conflito visam especialmente controlar e prevenir a geração de resíduos industriais, promover o fortalecimento da capacidade institucional de gestão de resíduos através de ações de cooperação intersetoriais e implementar instrumentos de controle mais eficientes de forma a possibilitar o uso de outros instrumentos para a gestão, planejamento e tomada de decisão pelos setores público e privado.

Além disso é importante dispor de um plano de desenvolvimento integrado que considere a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, visando garantir a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade para todos os usos da bacia.

A Tabela 115 exhibe as possíveis ações para solucionar os problemas apresentados.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas estruturais	
Implantação de medidas de controle da carga poluidora.	Águas superficiais e subterrâneas.
Promover a redução da demanda por água.	Águas superficiais e subterrâneas.
Medidas não estruturais	
Adequação à legislação vigente, à fiscalização e ao monitoramento.	Águas superficiais e subterrâneas.

Tabela 115 – Resumo das ações estratégicas para o setor industrial

Elaboração própria (2018)

6.1.5.1. Implantação de medidas de controle da carga poluidora

A Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 do Conama, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. A Seção II das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, art. 16, afirma que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e aos padrões previstos nesse artigo (BRASIL, 2011c).

A promoção de projetos de Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) permite que estudos preliminares de tratabilidade indiquem as técnicas e tecnologias a serem empregadas no tratamento do efluente industrial.

Além do tratamento dos efluentes industriais por parte das empresas, é necessário que a iniciativa pública realize incentivos, a fim de promover e intensificar o tratamento de água utilizada nos processos produtivos do setor industrial.

É possível ainda promover a redução da geração de resíduos industriais por meio do fortalecimento da capacidade institucional de gestão dos resíduos e da implementação de instrumentos de controle mais eficientes. Além disso a geração e divulgação de informação ambiental e ações de educação ambiental voltadas para o setor, são importantes para divulgar e promover boas práticas, de forma a possibilitar o uso de outros instrumentos para a gestão de resíduos e subsidiar o processo de planejamento e a tomada de decisão pelos setores público e privado.

6.1.5.2. Promover a redução da demanda por água

O levantamento de informação sobre como se dá o uso de água nas etapas do processo produtivo industrial é essencial para identificar ações que promovam a redução da demanda de água para os processos produtivos. Além disso pode subsidiar a elaboração de planos de investimento, mapeando áreas onde é possível realizar melhorias e motivar acionistas a adotar práticas sustentáveis.

Em conjunto com a racionalização do uso de água, pode-se buscar medidas de reaproveitamento nos diferentes processos produtivos. O reúso de águas nas operações industriais consiste no aproveitamento dos efluentes da própria empresa, após o tratamento, como insumo reintroduzido no processo de produção. A reutilização de água depende das diferentes necessidades de qualidade em cada etapa do processo industrial.

É preciso também encorajar projetos adicionais de racionalização e reutilização de água. Outra medida de controle de dejetos industriais é a redução da geração de resíduos por meio de técnicas que possibilitem a redução do resíduo, procedimentos que viabilizem sua recuperação ou reciclagem, assim como a utilização de alternativas que levem em conta as técnicas de disposição no solo. Outras ações são mudanças tecnológicas, substituição de matérias primas e alterações nos procedimentos e práticas operacionais.

6.1.5.3. Adequação à legislação vigente, à fiscalização e ao monitoramento

As atividades que causam impactos ambientais devem se adequar à legislação vigente por meio de licenciamento ambiental, visando minimizar o impacto ambiental, atendendo ao disposto na Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 do Conama, que define as condições e padrões de lançamento de efluentes, entre outras providências.

Os processos de licenciamento do setor industrial devem estimular a realização do automonitoramento, com base em análises amostrais para o controle e o acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores por parte dos responsáveis pelas

fontes poluidoras dos recursos hídricos. Os parâmetros e padrões devem ser determinados pelo órgão ambiental competente que deverá averiguar o monitoramento.

É necessário ainda reforçar as ações de fiscalização ambiental e a realização de monitoramentos periódicos, sobretudo nos pontos de lançamento, visando coibir ações irregulares e identificar possíveis problemas antes do impacto ambiental ser consolidado.

6.1.6. Mineração

Segundo os resultados das oficinas o uso de água para a mineração apresenta conflitos relacionados à disputa pela água disponível, uma vez que as atividades de mineração elevam a turbidez da água, aumentam a exposição do solo a processos erosivos, além de alterar na quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Conforme abordado nos cenários de demanda hídrica, deve ocorrer nos próximos anos um aumento da demanda hídrica para mineração, o que torna necessária a criação de medidas para reduzir esses conflitos e os danos causados por essa atividade.

Nos municípios de Santo Amaro da Imperatriz, Palhoça e Águas Mornas ocorre a presença de empresas mineradoras que exploram as planícies de inundação do Rio Cubatão, de onde retiram areia, em sua maioria destinada para a utilização da construção civil na Grande Florianópolis, e, em geral, a exploração é feita em cavas nas áreas próximas aos cursos d'água.

De acordo com Marini (2017), na bacia do Rio da Madre, abrangendo partes dos municípios de Palhoça e Paulo Lopes, desenvolve-se a intensificação da atividade de mineração de areia voltada para a construção civil, fruto da expansão urbana dos municípios da região metropolitana de Florianópolis. Algumas atividades nessa região são desenvolvidas sem a observação de critérios técnicos e ambientais adequados, gerando impactos ambientais.

Nas Oficinas de Reconhecimento do Território constatou-se ainda como pontos fracos da bacia a interferência da mineração no nível do lençol freático e a existência de mineração em áreas de APP, especialmente na região do Massiambu, e a extração mineral em Santo Amaro da Imperatriz.

Nas Oficinas de Reconhecimento do Território constatou-se ainda como pontos fracos da bacia a extração mineral nos padrões como é realizada atualmente e a existência de conflitos entre agricultores e mineradores devido às erosões nas margens dos rios.

A Tabela 116 exhibe as possíveis medidas/ações mitigadoras para solucionar os problemas apresentados.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas não estruturais	
Fiscalização nas áreas de extração de areia em leito de rio.	Águas superficiais e subterrâneas.
Implementar o Plano Diretor de Mineração, além de adequar a atividade mineradora de acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM)	Águas superficiais

Tabela 116 – Resumo das ações para a mineração

Elaboração própria (2018)

6.1.6.1. Fiscalização nas áreas de extração de areia em leito de rio

As atividades de extração de areia, ao mesmo tempo em que são importantes para o desenvolvimento socioeconômico de uma região, também apresentam impactos negativos, quando se considera os efeitos sobre o meio ambiente.

Segundo o estudo técnico da Confederação Nacional dos Municípios (CNM, 2012), alguns municípios do País contam com a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), que é uma contrapartida que a empresa de exploração paga aos municípios, estados e União pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios.

A emissão de licenças ambientais para locais em que a mineração em leito de rio possa ser realizada deve estar de acordo com as normas e procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral definidas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Segundo a Resolução nº 10 do Conama, de 6 de dezembro de 1990, a exploração de bens minerais deverá ser precedida de licenciamento ambiental do órgão estadual de meio ambiente ou do Ibama (BRASIL, 1990).

Em caso de o minerador praticar a atividade sem a devida autorização ou licença, incorrerá na prática de crime contida na norma do art. 44 da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998), podendo cumprir a pena de detenção no período de seis meses a um ano, além do pagamento de multa.

Nas oficinas participativas da bacia foram identificados diversos pontos onde a extração de areia no leito dos rios é realizada de maneira irregular, sendo a principal causa da desestabilização do talude e intensificação do processo erosivo ripário. É preciso fomentar a adequação, licenciamento e fiscalização periódica do serviço de extração de areia.

6.1.6.2. Implementar o Plano Diretor de Mineração além de adequar a atividade mineradora de acordo com a ANM

O Plano Diretor de Mineração tem por objetivo realizar o diagnóstico técnico setorial, usando a estratégia participativa e democrática de ampla discussão com representantes de órgãos afins, de entidades representativas do setor e da sociedade organizada. Devem conciliar o aproveitamento das substâncias minerais com a ocupação do solo e os efeitos de degradação ambiental relacionados.

A implementação do Plano Diretor de Mineração deve se basear na realização de estudos complementares quanto à proteção dos solos durante o processo de licenciamento, de forma a reduzir processos erosivos e despejo de efluentes no corpo hídrico.

6.1.7. Transporte hidroviário e navegação

O transporte hidroviário é uma atividade que ainda necessita de estudos sobre impactos ambientais e viabilidade de implementação na bacia.

É importante promover estudos para a avaliação do potencial hidroviário da bacia hidrográfica, com levantamento de informações acerca da infraestrutura disponível (extensão, calado, vazão e obstáculos), bem como das embarcações.

O estado de Santa Catarina através do Pró-Náutica, que tem como objetivo manter a competitividade da indústria catarinense e fomentar o polo náutico do Estado, promove incentivos à Indústria Náutica que beneficia a indústria de embarcações de lazer, através da redução de carga tributária.

A Tabela 117 exhibe as possíveis medidas e ações mitigadoras para solucionar os problemas apresentados.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas não estruturais	
Prever, no planejamento estratégico municipal e estadual, a compatibilização entre os projetos hidroviários e de aproveitamento turístico com os de geração de energia elétrica.	Águas superficiais.
Realizar estudos para levantar o potencial hidroviário da bacia.	Águas superficiais.
Realizar estudos do impacto cumulativo da implantação das diversas PCHs na bacia.	Águas superficiais.

Tabela 117 – Resumo das ações do transporte hidroviário e navegação

Elaboração própria (2018)

Conforme apresentado na Etapa B deste Plano de Recursos Hídricos e nas reuniões com os setores estratégicos, um dos principais conflitos presentes na bacia ocorre entre o *rafting* e o setor de geração de energia elétrica. Com a implantação de PCHs, a lâmina d'água é reduzida, o que acaba prejudicando a atividade em certos trechos. Nesse sentido, é essencial prever medidas de compatibilização entre os projetos hidroviários e de aproveitamento turístico com os de geração de energia.

Além disso, é importante que os estudos ambientais que subsidiam a liberação das licenças das diversas PCHs em estudo na bacia avaliem também o impacto cumulativo da implantação das diversas instalações em uma mesma bacia.

6.1.8. Turismo e lazer

Com vistas ao desenvolvimento do potencial turístico da região, pautado especialmente no ecoturismo e no turismo sustentável, percebe-se a importância da elaboração de estudos para proporcionar a descoberta de novas possibilidades de exploração dessa atividade na bacia.

A Tabela 118 apresenta as possíveis medidas a serem realizadas para compatibilizar o uso de água para o turismo e lazer.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas não estruturais	
Estruturar e estimular as atividades turísticas sustentáveis existentes na bacia.	Águas superficiais e subterrâneas.
Avaliar a viabilidade e o potencial de incentivar novas atividades de ecoturismo e desenvolver políticas de incentivo e valorização do potencial turístico da bacia.	Águas superficiais e subterrâneas.
Desenvolver atividades de lazer, turismo rural e ecoturismo, considerando o potencial da região e pautando-se por estudos de viabilidade de tais atividades.	Águas superficiais e subterrâneas.
Incentivar estudos para minimizar os efeitos nocivos da mineração nos rios navegáveis e promover o diálogo entre as partes interessadas.	Águas superficiais e subterrâneas.

Tabela 118 – Resumo das ações para o turismo e lazer

Elaboração própria (2018)

De acordo com os usos levantados para a bacia hidrográfica, sabe-se que o Rio Cubatão apresenta um grande potencial para as atividades turísticas sustentáveis, como a prática de *rafting*, canoagem, pesca, cachoeiras, piscinas naturais e águas termais. Essas ações devem ser estimuladas de forma a garantir a qualidade das águas locais, pois, conforme a Resolução Conama nº 357/2005, atividades de recreação com contato primário e secundário exigem uma classe de enquadramento do corpo hídrico superior a outros usos (BRASIL, 2005b). Estimula-se o contato e a conscientização da população quanto à importância dos recursos hídricos ao passo em que se promove a sua preservação.

No município de Santo Amaro da Imperatriz, a grande maioria dos turistas visita o local devido à prática de *rafting*.

Contudo, conforme exposto na Etapa B deste Plano de Recursos Hídricos, a implantação de PCHs – que se encontram em fase de estudo – podem afetar a prática do *rafting* nos rios da região. Para compatibilizar essas demandas, sugere-se o desenvolvimento de estudos para levantar o potencial turístico em locais ainda não explorados da bacia. Além do incentivo ao ecoturismo existente em áreas sem conflito de usos, também se pode avaliar a viabilidade e o potencial de incentivar novas atividades de ecoturismo, como a prática do *Stand Up Paddle* e a recreação com boias e prática de vela, atualmente pouco difundidas nessa região.

6.1.9. Conservação de mananciais e manutenção de ecossistemas

De acordo com os resultados das oficinas realizadas para o Plano de Recursos Hídricos, a conservação de mananciais e de ecossistemas deve ser realizada, a fim de reduzir aspectos que diminuam a quantidade e qualidade da água disponível.

A Tabela 119 exhibe as possíveis medidas e ações mitigadoras possíveis para solucionar os problemas apresentados.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas não estruturais	
Fomento à implementação do programa de proteção de mananciais superficiais e subterrâneos.	Águas superficiais e subterrâneas.
Fiscalização e controle de ocupação em APPs.	Águas superficiais e subterrâneas.
Limitar a quantidade de água explorada.	Águas superficiais e subterrâneas
Implementar programas de incentivo para adesão aos programas de preservação.	Águas superficiais e subterrâneas.
Implantação e ampliação de bancos de sementes de espécies nativas.	Águas superficiais e subterrâneas.

Tabela 119 – Resumo das ações para a conservação de mananciais e manutenção de ecossistemas.

Elaboração própria (2018)

6.1.9.1. Fomento à implementação de programa de proteção de mananciais superficiais e subterrâneos

É necessário a implementação de um Programa de Proteção de Mananciais Superficiais e Subterrâneos, para que haja o mapeamento, a identificação e a implementação de práticas que visem a preservação das unidades aquíferas, como a consolidação dos locais de perímetros de proteção de poços (PPP), em conjunto com as medidas de conservação dos

mananciais superficiais. Os PPPs são definidos para impedir a contaminação da água subterrânea por atividades antrópicas.

De acordo com Rheinheimer (2010), o cultivo em áreas inapropriadas ou de preservação, o uso de agrotóxicos, a substituição da mata nativa por espécie exótica, a adubação fosfatada e a ausência de tratamento de dejetos alteram os parâmetros de potabilidade das águas.

Para eliminar completamente o risco de contaminação de um manancial de água potável, quer seja poço ou fonte, recomenda-se que as atividades potencialmente contaminantes sejam proibidas dentro de sua área de captação de recarga, formando um perímetro de proteção (WAHNFRIED; HIRATA, 2005).

É necessário manter e apoiar programas e ações que assegurem a preservação da bacia e que possibilitem atender ao suprimento da população no futuro, somando esforços com todos os entes públicos e privados ligados ao meio ambiente.

6.1.9.2. Fiscalização e controle de ocupação em Áreas de Preservação Permanente (APP)

A ocupação irregular das áreas de preservação permanente pela agricultura, pecuária ou crescimento urbano desordenado causam prejuízos à qualidade de vida e ao desenvolvimento econômico da bacia.

A preservação das APPs tem um importante papel de proteção e manutenção dos recursos hídricos, de conservação da diversidade da fauna e flora, de impedimento de processos erosivos, de inundação e assoreamento, bem como o controle da poluição da água.

Mesmo nos perímetros urbanos, as áreas com mais de 45º de declividade também são APPs e devem permanecer com a vegetação nativa preservada, assim como as áreas de topos de morro, montes e montanhas – reconhecidas paisagens de recarga de aquíferos, as quais devem ser mantidas com a vegetação nativa preservada. Ocupar essas áreas aumenta o risco de deslizamentos e causa impactos na qualidade e na quantidade das águas subterrâneas.

Deve-se incentivar o controle das ocupações e desmatamentos em áreas de preservação permanente, promovendo também a recuperação da mata ciliar degradada nos corpos hídricos da bacia.

6.1.9.3. Limitar a quantidade de água explorada

Nas UGs com situação hídrica péssima, crítica e muito crítica é necessário limitar a quantidade de água explorada, baseada na taxa de recarga dos aquíferos. Assim, é preciso realizar o cadastramento dos poços e conseqüentemente a fiscalização da extração.

Na região ocorre a captação de água através de ponteiras, que é feita sem qualquer tipo de acompanhamento técnico, aumentando ainda mais as chances de contaminação e de superexploração das reservas.

6.1.9.4. Implementar programas de incentivo para adesão aos programas de preservação

Para incentivar o produtor rural e investir em ações que ajudem a preservar a água, a ANA criou o Programa Produtor de Água. Este usa o conceito Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que estimula os produtores a investirem no cuidado do trato com as águas, recebendo apoio técnico e financeiro para implementação de práticas conservacionistas.

O Programa Produtor de Água é um forte aliado para a conservação de mananciais através das propriedades rurais, trazendo como benefícios a recuperação e a proteção das nascentes, o saneamento ambiental, a melhor qualidade da água bruta e o menor custo de tratamento da água.

Também podem ser propostos incentivo à adoção pelos municípios de programas como o Programa IPTU Verde com redução nas taxas de IPTU para imóveis que apresentem projetos de captação de água da chuva, telhados verdes, captação de energia solar e tratamento de esgoto.

6.1.9.5. Implantação e ampliação de bancos de sementes de espécies nativas

A criação ou a ampliação de bancos de sementes nativas têm como objetivo a recuperação de áreas degradadas, como na recomposição de matas ciliares, essenciais para a saúde da bacia hidrográfica.

6.1.10. Gestão dos recursos hídricos

O Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica é o principal órgão de gestão participativa e integrada de água. Esse Comitê deve promover ações conjuntas entre os municípios, estado e entidades da União, visando a realização de estudos sobre a bacia, ampliar a rede de monitoramento e implementar políticas de proteção dos recursos hídricos.

O Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas (PROCOMITÊS) tem o objetivo de contribuir para o aperfeiçoamento da capacidade operacional dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Além disso, também promove a consolidação desses colegiados como espaços eficazes na elaboração das políticas de recursos hídricos, de forma descentralizada e participativa.

Uma questão relevante a ser tratada no âmbito dos comitês de bacias é a compatibilização dos Planos que abrangem os municípios e que se relacionam com a problemática de recursos hídricos como os Planos Diretores, de Saneamento Básico, de Recursos Hídricos Estadual, entre outros.

Segundo a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), todas as prefeituras têm a obrigação de elaborar seu PMSB. Sem ele, a partir de 2014, as prefeituras passaram a não poder mais receber recursos federais para projetos de saneamento básico. As atividades previstas pelos planos de saneamento estão relacionadas ao abastecimento de água potável, ao esgotamento sanitário, ao manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Nesse sentido, deve-se implementar e fomentar os PMSBs já existentes e apoiar a elaboração de políticas municipais de saneamento básico, incluindo os respectivos marcos regulatórios.

Além disso, se faz necessária a elaboração de planos diretores para os municípios que não os possuem, para regularizar o uso e a ocupação do solo, preservando áreas de interesse ambiental e a gestão integrada dos órgãos da bacia.

Alguma das ações necessárias estão listadas na Tabela 120.

AÇÃO	RECURSO AFETADO
Medidas não estruturais	
Ampliar a rede de monitoramento de qualidade da água.	Águas superficiais e subterrâneas.
Fomentar a implantação de redes de informação e a realização de estudos sobre a bacia.	Águas superficiais e subterrâneas.
Implementar ações de proteção contra eventos críticos.	Águas superficiais.
Incentivo à captação, ao armazenamento e ao uso de água da chuva.	Águas superficiais e subterrâneas.
Fiscalização, regulação, outorga e cobrança.	Águas superficiais e subterrâneas.
Implementar o Pagamento por Serviços Ambientais	Águas superficiais e subterrâneas.
Educação ambiental, capacitação e mobilização social.	Águas superficiais e subterrâneas.
Implementar e fomentar os PMSBs já existentes e apoiar a elaboração das políticas municipais de saneamento básico, incluindo os respectivos marcos regulatórios.	Águas superficiais e subterrâneas.
Fortalecimento do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica.	Águas superficiais e subterrâneas.
Compatibilização, integração e articulação entre os diferentes planos que envolvem os municípios da bacia.	Águas superficiais e subterrâneas.
Incentivo à elaboração de planos diretores e de planejamento urbano.	Águas superficiais e subterrâneas.
Promover a gestão integrada dos órgãos da bacia.	Águas superficiais e subterrâneas.
Fomentar estudos técnicos para a melhoria da capacidade gerencial e a maior eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços de saneamento básico.	Águas superficiais e subterrâneas.
Sistematização, estruturação e manutenção de base de dados de recursos hídricos.	Águas superficiais e subterrâneas.
Melhorar a fiscalização e o planejamento da ocupação do solo de áreas com relevância para a manutenção dos rios, ribeiros e mananciais.	Águas superficiais e subterrâneas.
Incentivo à adoção pelos municípios do Programa Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) Verde.	Águas superficiais e subterrâneas.
Incentivar a aprovação do ICMS Ecológico.	Águas superficiais e subterrâneas.

Tabela 120 – Resumo das ações para gestão dos recursos hídricos

Elaboração própria (2018)

6.1.10.1. Ampliar a rede de monitoramento de qualidade da água

O monitoramento é uma das ferramentas que compõe o sistema de informações sobre os recursos hídricos, um dos instrumentos da Lei das Águas, Lei Federal nº 9.433/1997, que visa principalmente à produção, à sistematização e à disponibilização de dados e informações sobre as condições hídricas em termos de quantidade e qualidade de água para os diversos usos. Este sistema de informações é fundamental para a aplicação de todos os instrumentos previstos na Lei das Águas (BRASIL, 1997b) e para a disseminação de informações

confiáveis, sendo de extrema importância para a tomada de decisões seguras em um sistema compartilhado de decisão.

Magalhães (2000) afirma que o adequado monitoramento pode ser considerado como um dos pré-requisitos para o sucesso de qualquer sistema de gestão de águas, já que permite a obtenção do arcabouço de informações necessárias, o acompanhamento das medidas efetivadas, a atualização da base de dados e o direcionamento das decisões.

O monitoramento da qualidade da água visa identificar as alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água, decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais. Das práticas relacionadas a esse monitoramento inclui a coleta de dados e de amostras de água em locais específicos georreferenciados, realizada em intervalos regulares de tempo, de modo a gerar informações que possam ser utilizadas para a definição das condições presentes da qualidade da água.

A bacia deve dispor de uma rede de monitoramento hidrometeorológico, pluviométrico e de qualidade de água e realizar a manutenção das estações de monitoramento instaladas (operação e manutenção).

A rede de monitoramento de água objetiva verificar e acompanhar a qualidade de água dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Deve ser composta por pontos de coleta, instrumentos, equipamentos, protocolos base para a determinação dos parâmetros a serem avaliados e pela estrutura logística que envolve o transporte, o recebimento e o encaminhamento de amostras para os laboratórios de análise.

As análises de qualidade de água deverão ter seus resultados relacionados ao uso e ocupação do solo da bacia, considerando os limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005, conforme a classe de enquadramento dos corpos d'água e, quando possível, estimar as cargas orgânicas e de nutrientes. Os resultados do monitoramento deverão ser sistematizados em um banco de dados georreferenciado para permitir a análise da evolução da qualidade de água no tempo e no espaço.

Tendo em vista a necessidade de planejar o uso dos recursos hídricos nos horizontes do plano, considerando o desenvolvimento econômico e demográfico da região e a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, que contemple os diversos usos de água, é fundamental o estabelecimento de um programa de monitoramento hídrico quali-quantitativo que forneça subsídios para a avaliação das condições dos corpos hídricos e para a tomada de decisões associada ao gerenciamento dos recursos superficiais e subterrâneos.

O monitoramento integrado das águas subterrâneas deve prover informações sobre a qualidade e a dinâmica dos aquíferos em relação às variações sazonais e aos efeitos antrópicos. As informações sobre a qualidade e os usos de água e a capacidade de armazenamento, exploração e recarga dos aquíferos são componentes essenciais para o entendimento, proteção e otimização do uso do recurso hídrico subterrâneo.

O Programa Nacional de Águas subterrâneas apresenta entre seus subprogramas a ampliação do conhecimento hidrogeológico e o monitoramento quali-quantitativo das águas subterrâneas. Nesse sentido, é reforçada a importância do monitoramento quali-quantitativo das águas subterrâneas como um instrumento para dar suporte às estratégias, ações preventivas e políticas de uso, proteção e conservação do recurso hídrico subterrâneo.

Segundo esse Programa, o monitoramento e sistemas de informação integrados são essenciais para compatibilizar e normatizar procedimentos comuns entre os estados, a fim de ampliar a base de conhecimento hidrogeológico dos aquíferos e acompanhar as alterações espaciais e temporais na qualidade e quantidade das águas subterrâneas para fins de gestão integrada de recursos hídricos.

É necessário realizar o cadastro de todos os poços tubulares e ampliar a rede de monitoramento. Além disso, precisa-se implantar o monitoramento do uso do solo e da exploração dos recursos naturais. Os estudos e a implementação de uma rede efetiva de monitoramento qualiquantitativo fornecem subsídios para a determinação da disponibilidade subterrânea, controle do uso de água subterrânea e a preservação da qualidade da água, a fim de garantir o uso sustentável do recurso. Atualmente, a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) tem 394 poços cadastrados no Brasil, nenhum deles se encontra na região de estudo, e o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) não disponibiliza informações suficientes para uma detalhada caracterização subterrânea. Os estudos necessários para alimentar o sistema SIAGAS e o cadastro de recursos hídricos poderão ser feitos na forma de pesquisa científica acadêmica, junto às universidades e aos órgãos ambientais.

Além do SIAGAS é necessário complementar o cadastro de recursos hídricos, pois, por exemplo, na UG Cachoeiras, por mais que grande parte da sua abrangência corresponda ao parque do tabuleiro, não há poços cadastrados nas regiões não recoberta pelo parque.

Os estudos necessários para alimentar o sistema SIAGAS e o cadastro de recursos hídricos poderão ser feitos na forma de pesquisa científica acadêmica, junto às universidades e aos órgãos ambientais.

6.1.10.2. Fomentar a implantação de redes de informação e a realização de estudos sobre a bacia

A necessidade de se obter informações técnicas, melhorar o conhecimento ambiental, com maior desenvolvimento tecnológico e monitoramento dos recursos hídricos é essencial para agregar informações técnicas que sirvam como base para elaboração de ações estratégicas que visem o uso, proteção e conservação de água.

Para garantir a melhora no processo de conhecimento acerca dos recursos hídricos da bacia, se faz necessária a atualização de instrumentos de medição e monitoramento, garantindo a sua eficiência e eficácia. A análise dos resultados do monitoramento hidrometeorológico, fluviométrico e de qualidade de água permite corrigir, se necessário, e realizar a manutenção das estações de monitoramento instaladas. Além do mais, o monitoramento qualiquantitativo de águas subterrâneas e superficiais amplia e garante a preservação e a potabilidade da água.

O fomento de estudos técnicos também é uma ação possível para a melhoria da capacidade gerencial na prestação de serviços de saneamento básico, priorizando áreas críticas com poluição de mananciais e o desenvolvimento das Bases de Dados de Recursos Hídricos, como promover o incentivo ao cadastramento no Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH/SC), o qual expõe o uso das águas superficiais e subterrâneas sob domínio estadual.

6.1.10.3. Implementar ações de proteção contra eventos críticos

De acordo com os resultados das oficinas apresentados na Etapa B deste Plano de Recursos Hídricos, constatou-se como ponto fraco a existência de áreas de risco de ocorrência de desastres naturais, principalmente enxurradas, uma vez que todos os municípios demonstram a ocorrência de danos ou prejuízos ocorridos como resultado de desastres naturais.

Entre as possíveis medidas a serem tomadas, pode-se destacar a elaboração de projetos de desassoreamento e revitalização das margens dos rios, córregos ou cursos d'água. Desse modo, é possível aumentar o canal do corpo hídrico e reduzir a probabilidade de que este transborde.

Outra ação que pode ser promovida para o gerenciamento e o enfrentamento de situações de escassez hídrica é considerar as ações previstas no Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA). Esse Plano foi instituído em 10 de maio de 2016 por meio da Portaria nº 150, sendo um instrumento elaborado pelo Governo Federal em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos estaduais que têm como objetivo promover a redução da vulnerabilidade nacional da mudança do clima e realizar uma gestão do risco associada a esse fenômeno (BRASIL, 2016).

É importante também desenvolver projetos de desassoreamento e revitalização das margens dos rios, córregos ou cursos d'água, buscando a resiliência nos momentos de maior pluviosidade.

Além disso, deve-se fomentar o monitoramento das condições climáticas e a criação de uma rede de comunicação para emissão de alertas.

6.1.10.4. Incentivo à captação, ao armazenamento e ao uso de água da chuva

É preciso incrementar a capacidade de armazenamento da bacia. Entre as medidas para aumentar a oferta hídrica está o armazenamento de água da chuva. A gerência das águas pluviais visa o aumento na disponibilidade hídrica, para isso deve-se levar em conta a inovação e a modernização de processos tecnológicos e a utilização de práticas operacionais sustentáveis.

Além de contribuir para o uso racional de água, a captação de água da chuva minimiza o impacto das precipitações pluviais, podendo, em regiões de maior impermeabilização dos solos, ser enquadrada no conceito de medida não estrutural da drenagem urbana. (FERNANDES; MEDEIROS NETO; MATTOS, 2007).

Conforme destacado no capítulo anterior, nas reuniões com as prefeituras, vários municípios da bacia manifestaram a intenção de implementar dispositivos legais que exijam a captação e o armazenamento de água da chuva.

6.1.10.5. Promover a fiscalização, regulação, outorga e cobrança

A outorga de direito de uso tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos de água, bem como o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos.

A Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997b) atribui à ANA a responsabilidade pela análise técnica para a emissão da outorga de direito de uso de água em corpos hídricos de domínio da União. Em corpos hídricos de domínio dos estados e do Distrito Federal, a solicitação de outorga deve ser feita junto ao órgão gestor estadual de recursos hídricos. Em Santa Catarina, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) é órgão gestor dos recursos hídricos de dominialidade estadual.

Ainda a Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997b) estabelece a cobrança pelo uso de água segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta tem como objetivo obter verba para a recuperação das bacias hidrográficas, estimular o investimento em despoluição, dar ao usuário uma sugestão do real valor da água e incentivar a utilização de tecnologias limpas e poupadoras de recursos hídricos. Essa cobrança não é um imposto ou tarifa, portanto, não pode ser cobrada pelas distribuidoras de águas na cidade, sendo então, uma remuneração pelo uso de um bem público. A cobrança não é realizada pela ANA.

Propõe-se a melhoria na fiscalização com vistas ao incremento no monitoramento do desmatamento ilegal e ao planejamento da ocupação do solo em áreas de rios, ribeiros e mananciais, aplicando de forma efetiva as regras para licenciamento ambiental, seja em âmbito municipal, estadual ou federal, visando a máxima preservação dessas áreas.

6.1.10.6. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

Uma ação estratégica indicada em diversas reuniões com atores estratégicos seria a aprovação do ICMS Ecológico, uma forma de PSA, em que os municípios que adotam práticas de preservação e conservação ambiental ganhem maiores pontuações nos critérios de repasse e por consequência recebem recursos financeiros como forma de compensação pelas áreas destinadas à preservação.

O PSA foi regulamentado em Santa Catarina através da Lei nº 15.133, de 19 de janeiro de 2010, que estabelece formas de controle, gestão e financiamento deste Programa.

Segundo essa lei, são diretrizes da Política Estadual de PSA:

[...]

I - utilização do pagamento por serviços ambientais como instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável;

II - o restabelecimento, recuperação, proteção, preservação, manutenção ou melhoramento de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade ou para preservação da beleza cênica;

III - o reconhecimento da contribuição da agricultura familiar, pesca artesanal, povos indígenas e comunidades tradicionais para a conservação ambiental;

IV - a prioridade para áreas sob maior risco ambiental;

V - a promoção da gestão de áreas prioritárias para conservação dos solos, água e biodiversidade, além de atividades de uso sustentável; e

VI - o fomento às ações humanas voltadas à promoção e manutenção de serviços ambientais. (SANTA CATARINA, 2010, não paginado).

O PSA e ações de compensação ambiental já foram apontados como ações estratégicas a serem realizadas nos próximos anos por alguns municípios da bacia, como elencado como ação na reunião juntamente com a Prefeitura do município de Águas Mornas, que propôs fomentar o desenvolvimento de um Programa de PSAs para proteção de nascentes e restauração da mata ciliar.

Da mesma forma, a Prefeitura de Paulo Lopes apontou como necessário fomentar o desenvolvimento de um Programa de PSAs e o ICMS Ecológico para fomentar a adoção de boas práticas.

6.1.10.7. Educação ambiental, capacitação e mobilização social

Para garantir a promoção da educação ambiental e mobilização social são apresentadas medidas empregadas em planos de recursos hídricos e fomentadas em planos de saneamento básico municipais, além de outros instrumentos que se mostram alinhados aos usos e conflitos identificados na área de estudo.

- » Capacitação de administrações municipais, prestadores públicos, conselheiros, agentes de saúde, agentes sociais e comunitários, dentre outros, para a gestão e a prestação dos serviços de saneamento básico.
- » Promover o diálogo entre a comunidade e as autoridades municipais e estaduais em relação à construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs).
- » Encorajar as práticas de desenvolvimento de baixo impacto, de forma a promover uma economia agrícola sustentável.
- » Capacitar e incentivar proprietários rurais para implantar atividades de turismo rural e ecológico, turismo de base comunitária e turismo rural sustentável, com a captação de recursos destinados à conservação ambiental.
- » Inclusão das Secretarias Municipais de Saúde e Vigilância Sanitária nos processos educativos a serem realizados com as comunidades.
- » Desenvolver práticas permanentes de educação ambiental para o saneamento básico, destinando-se uma parcela mínima dos recursos de programas e ações.
- » Capacitar agricultores em associativismo; implantação de agroindústrias familiares e administração rural.
- » Estimular o desenvolvimento da pesca e da aquicultura.
- » Desenvolvimento de projetos pedagógicos e material educativo adequados e da articulação com a Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação, visando a incorporação do tema em seus programas.
- » Produção e divulgação de materiais pedagógicos e técnicos sobre a bacia, visando a sensibilização e conscientização da comunidade.
- » Promover oportunidades de treinamento para a população, com ênfase para o descarte correto dos resíduos sólidos e compostagem de resíduos orgânicos.
- » Conscientização dos problemas de sobrecarga dos sistemas de abastecimento de água e energia elétrica em períodos de maior atração de turistas na região.

Na esfera administrativa, as medidas devem visar a capacitação de administrações municipais, prestadores públicos, conselheiros, agentes de saúde, agentes sociais e comunitários. Estes devem realizar a gestão e a prestação dos serviços de saneamento básico,

como ações de recuperação, reestruturação e revitalização, além de promover a divulgação das responsabilidades legais vigentes, por meio de esforço cooperado do Governo Federal com associações de municípios.

A partir do Programa de Modernização do Setor Saneamento, uma iniciativa do Ministério das Cidades, pode-se capacitar operadores dos sistemas de saneamento e técnicos de nível superior das prestadoras de serviços de saneamento municipais com cursos gratuitos oferecidos pela Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA) (UFG, [200-?]).

Para a agricultura, é fundamental capacitar agricultores em associativismo, estimular a implantação de agroindústrias familiares e a administração rural. Deve-se encorajar práticas de desenvolvimento de baixo impacto, de forma a promover uma economia agrícola sustentável. O desenvolvimento da pesca, com destaque para a pesca artesanal e da maricultura, e da aquicultura vai ao encontro destas medidas, pois a incentiva dessas atividades que dependem de garantias da qualidade das águas e sua preservação.

A educação ambiental pode ser trabalhada com toda a comunidade a partir da produção e a divulgação de materiais pedagógicos e técnicos sobre a bacia, visando a sensibilização e a conscientização da comunidade, principalmente dos jovens para o cuidado com a água. Devem ser oferecidas oportunidades de treinamento para a população, com ênfase para o descarte correto dos resíduos sólidos e compostagem dos orgânicos.

Tendo em vista a sobrecarga dos sistemas de abastecimento de água e energia elétrica nos períodos de maior atração de turistas em cada região, sugere-se incentivar projetos de ecoturismo para a criação de uma consciência ambiental. Esses projetos, além de minimizarem os impactos gerados pelo grande fluxo de turistas em diversas regiões da bacia, incentivam o respeito e a valorização das raízes da cultura local e ainda podem prover recursos financeiros para serem destinados à conservação ambiental. A captação de recursos a partir do ecoturismo, bem como de parcelas mínimas direcionadas de outros programas e ações, mostram-se como formas viáveis de desenvolver práticas permanentes de educação ambiental para o saneamento básico local.

Em função dos conflitos identificados com relação à geração de energia elétrica, é necessário promover o diálogo entre a comunidade e as autoridades municipais e estaduais quanto à construção de PCHs.

Outra forma de promover a conscientização ambiental é a partir do contato da população com as áreas rurais das cidades. Assim, sugere-se estimular as atividades turísticas sustentáveis já existentes, como as atividades abertas à população em parques naturais e o programa Acolhida na Colônia, além de capacitar proprietários rurais para implantar atividades de turismo rural e ecológico, Turismo de Base Comunitária e Turismo Rural Sustentável. Associado a práticas existentes, podem ser implementados mecanismos de mobilização social e divulgação de boas práticas, de forma a engajar a população na construção do cenário de conservação almejado.

A rede de ensino também deve estar alinhada com as demais esferas sociais na promoção da educação ambiental, garantindo a conscientização sobre a importância da preservação dos recursos hídricos para as futuras gerações. Assim, professores das escolas do município, agentes comunitários e técnicos educacionais da rede municipal e estadual devem

ser capacitados para incentivar a elaboração de projetos educativos voltados aos temas de saneamento básico, recursos hídricos e destinação adequada de resíduos sólidos. Vem de encontro a essas medidas a disponibilização de materiais educativos e a articulação com a Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação, visando a incorporação do tema em seus programas.

Um exemplo dessas boas práticas, tem-se o Programa Pacto Mata Ciliar, já presente em alguns municípios. Ressalta-se a importância da inclusão das Secretarias Municipais de Saúde e Vigilância Sanitária nos processos educativos a serem realizados com as comunidades.

7. Considerações finais

Neste documento foi apresentado o Produto da Etapa D – Prognóstico das Demandas Hídricas das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas.

Foram elaborados três cenários de crescimento econômico: tendencial, otimista e conservador; e três horizontes do Plano: curto prazo (2023), médio prazo (2027) e longo prazo (2031). O cenário tendencial pressupõe a continuação das tendências de desenvolvimento socioeconômicas verificadas ao longo da série histórica sem o incremento de metas de redução perdas de água e novas tecnologias de redução das demandas hídricas. Já os cenários otimista e moderado propuseram o estabelecimento de medidas de redução da demandas hídricas e redução de perdas em sistemas de uso d'água. O cenário otimista apresentou uma redução expressiva nas demandas hídricas, associado a uma trajetória tendencial de crescimento econômico. Enquanto que o cenário moderado apresentou uma redução moderada nas demandas hídricas, associado a uma trajetória tendencial de crescimento econômico.

Foram estimadas as cargas poluentes lançadas em corpos d'água superficiais e subterrâneos nas bacias em estudo. No lançamento de cargas superficiais e subterrâneas, a UG Cachoeiras exibiu os melhores resultados tendo carga total de DBO muito abaixo do apresentado pelas demais UGs em todos os horizontes de projeto. Já a UG Maruim apresentou a maior geração de carga de DBO tanta para águas subterrâneas quanto para águas superficiais. Os resultados obtidos estão diretamente associados aos usos e ocupações do solo em cada uma das UGs das bacias em estudo.

Os resultados do balanço hídrico superficial quantitativo foram obtidos no SADPLAN na forma de Índice de Atendimento de Captação Total (IACT), os resultados de IACT com classe "Adequado" significam que todas as captações solicitadas foram atendidas. Considerando a vazão de referência Q98, as UGs Maruim, Foz do Cubatão e Cachoeiras apresentaram os melhores resultados tendo todas as suas ottobacias enquadradas como "Adequado" para o cenário atual e para os horizontes futuros. Já as UGs Cubatão, Vargem do Braço, Madre e Siriú apresentaram os resultados mais críticos de balanço quantitativo. Nas UGs Cubatão e Vargem do Braço a criticidade está, principalmente, relacionada aos pontos de captação de água bruta que fazem parte do Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande Florianópolis (SIF). De acordo com dados do Sistema de Cadastro CEURH, a vazão de captação nestes pontos é superior à disponibilidade hídrica dos respectivos trechos.

Os resultados do balanço hídrico superficial qualiquantitativo foram exibidos na forma de Índice de Atendimento de Diluição (IAD), as ottobacias nas quais a qualidade das águas remanescentes exibe concentração de DBO superior a 5 mg/L têm valores de IAD > 1. Os melhores resultados foram obtidos na UG Cachoeiras que teve todas as suas ottobacias classificadas como "Atendido" para todos os horizontes de projeto. Os piores resultados se deram nas UGs da vertente litorânea, Maruim, Massiambu, Madre e Siriú, nas quais há maior adensamento populacional e, conseqüentemente, maior lançamento de carga DBO proveniente de efluente sanitário doméstico.

O diagnóstico do balanço em águas subterrâneas foi executado através da razão entre as vazões de demanda hídrica em águas subterrâneas e vazões de disponibilidade hídrica

em água subterrânea por UG. Os melhores resultados foram obtidos nas UG Vargem do Braço, que apresenta situação “Excelente” em todos os horizontes, e na UG Foz do Cubatão, na qual há uma melhora, atualmente a situação é “Preocupante”, porém em 2023 passa a ser “Excelente” e mantêm-se assim nos horizontes seguintes. A UG que apresenta a pior situação é a Siriú que é classificada como “Péssimo” em todos os horizontes simulados.

Foi realizado o mapeamento de áreas críticas para expansão das atividades demandadoras de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Para os recursos hídricos superficiais a identificação das áreas críticas foi realizada sobrepondo temáticas socioambientais com os resultados dos balanços hídricos. Cerca de 64% da área das bacias foi identificada como área crítica para expansão de atividades, tal fato decore da maioria das UGs, possuem parte dos seus territórios em UCs de Proteção Integral ou Uso Sustentável e também devido à demanda de diluição de efluentes, especialmente nas UGs litorâneas. A UG Cubatão é a unidade de gestão que possui a maior área disponível para expansão das atividades demandadoras de água. O mapeamento das áreas críticas subterrâneas foi realizado considerando a ocorrência de dois fatores: as restrições quanto à disponibilidade hídrica subterrânea (quantitativa) e as restrições quanto à possibilidade de contaminação aquífera (qualitativa). As áreas que precisam de medidas de restrição para as atividades demandadoras de recursos hídricos subterrâneos qualitativos correspondem principalmente as porções litorâneas das UGs Maruim, Massiambu, Siriú, a porção próxima a foz do rio Cubatão na UG Cubatão e a porção central da UG Madre. No aspecto quantitativos foram identificadas como críticas as UGs Cubatão, Foz do Cubatão e Siriú..

Com base nos resultados obtidos foi possível identificar a classe na qual os corpos d’água superficiais da bacia estariam enquadrados considerando a qualidade das águas, estes resultados foram discutidos junto à comunidade em oficinas participativas e, a partir destas interações, definiu-se a proposta de enquadramento dos cursos d’água das bacias em estudo. Foram enquadrados aproximadamente 996 quilômetros de cursos d’água foram enquadrados na bacia e a maior parte desses se encontram na Classe 1 seguido da Classe especial . O alto percentual de cursos d’água enquadrados na classe especial deve-se, principalmente, à presença do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e do Parque Natural Municipal Natalina Martins da Luz, ambos Unidades de Conservação de Proteção Integral.

Por final, foram identificadas medidas preliminares para compatibilização de disponibilidades e demandas hídricas tais medidas foram baseadas nos diálogos realizados com os atores estratégicos da bacia, reuniões com o Comitê, análise de outros Planos de Recursos Hídricos de bacias estaduais e nacionais, bem como uma vasta pesquisa bibliográfica. Também foram considerados os resultados das oficinas participativas realizadas com a comunidade. As medidas contemplaram os seguintes setores: saneamento básico, agricultura e irrigação, criação animal, pesca e aquicultura, indústria e mineração, transporte hidroviário, navegação, turismo e lazer, conservação de mananciais, manutenção de ecossistemas e gestão dos recursos hídricos. Essas medidas foram organizadas como estruturais e não estruturais, identificando ainda a aplicação para águas superficiais ou subterrâneas.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Abastecimento Urbano de Água**. 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 4 jun. 2018.

_____. **Atlas Esgotos**: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: ANA, 2017a. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/atlas-esgotos-revela-mais-de-110-mil-km-de-rios-com-comprometimento-da-qualidade-da-agua-por-carga-organica/atlaseesgotosdespoluicaodebaciashidrograficas-resumoexecutivo_livro.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2018.

_____. **Atlas Irrigação**: áreas irrigadas. 2015. [Planilha em Excel]. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/en/resources.get?id=461&fname=_ATLAS_Irrigacao_AreasIrigadas_2015_2030_ANA_Metadados_env.xlsx&access=private>. Acesso em: 20 out. 2017.

_____. **Atlas Irrigação**: Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2017b. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturalIrigada.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

_____. **Balanco Hídrico Quantitativo**. 2016. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=35f247ac-b5c4-419e-9bdb-dcb20defb1f4>>. Acesso em: 15 maio 2018.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. 2013a. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html>. Acesso em: 20 abr. 2018.

_____. **Enquadramento – Bases conceituais**. 2018a. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

_____. **Enquadramento**. 2018b. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH_enquadramento.aspx>. Acesso em: 27 jun. 2018.

_____. **Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água**. Brasília, v. 5, 68 p. 2013b. Disponível em: <http://www.cbh.gov.br/EstudosETrabalhos/20140108101800_CadHidrico_vol5_completo.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2018.

_____. Prognóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, tomo 3. In: PARANÁ (Estado). **Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. Colaboradora: Cobrape – Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Brasília, DF. 2013c.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); INSTITUTO RIO GRANDENSE DE ARROZ (IRGA). **Conservação de água e preservação ambiental nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul**: produção mais limpa. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www3.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/1296587603ConservacaoDeAguaEPreservacaoAmbientalNasLavourasDeArrozDoRS.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

AUGUSTO, K. V. Z.; KUNZ, A. Tratamento de dejetos de aves poedeiras comerciais. In: PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. (Ed.). **Manejo ambiental na avicultura**, 2011. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 153-174. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/920821/1/tratamentodedejetosdeaves.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

BAHIA (Estado). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025**. Salvador, v. 1, set. 2016. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursosohidricos/wp-content/uploads/2015/04/RP6_V1_Metas_rev3.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

BALTAGI, B. H. **Econometric Analysis of Panel Data**. 3. ed. Chichester, UK: Wiley. 2005.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 152-169, jun. 2008. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br/Publicacoes/T&IA/T&IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_118.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

BRASIL. Congresso Nacional. **Projeto de Lei**. Institui as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Básico - PNS. Brasília, DF, 23 maio 2005a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Projetos/PL/2005/msg302-050519.htm>. Acesso em: 29 jun. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**: Série Histórica. 2013. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação X Áreas de Risco**: o que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília, DF, 2011a.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf>> Acesso em: 29 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 129, de 29 de junho de 2011. Estabelece diretrizes gerais para a definição de vazões mínimas remanescentes. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 26 set. 2011b. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20129.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 10, de 28 de dezembro de 1990. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 28 dez. 1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1990_010.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial [da] União**. Brasília, DF, 22 dez. 1997a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). **Resolução nº 334, de 5 de abril de 2003a**. Dispõe sobre os requisitos e critérios técnicos mínimos necessários para o licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E040145E/PropResol_Revisao334_9aCTAJ_5ago14_Limpa1.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (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. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 430, 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 16 maio 2011c. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: Estratégias Setoriais e Temáticas Versão Pós-Consulta Pública**. Brasília, v. 3, 2016. Disponível em: <http://www4.unfccc.int/nap/Documents/Parties/Brazil/Brazil%20PNA_%20Volume%202.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2018.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 4.895, de 25 de novembro de 2003. Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 26 nov. 2003b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4895.htm>. Acesso em: 26 jun. 2018.

_____. Presidência da República. Lei nº 9.433, 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 Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 17 jul. 2017.

_____. Presidência da República. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 2 jul. 2018.

_____. Presidência da República. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 22 fev. 2018.

_____. Presidência da República. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 11 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 11 jun. 2018.

_____. Presidência da República. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 25 jun. 2018.

_____. Presidência da República. Lei nº 12.651, de 5 de maio de 2007. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm> Acesso em: 11 jun. 2018.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, J. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: integrating remote sensing and GIS with object-oriented data modelling". **Computers and Graphics**, 15(6): 13-22, 1996.

CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; DA SILVA, C. M. Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil. **Desenvolvimento em Questão**, [S.l.], v. 13, n. 32, p. 127-145, abr. 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/3159>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380 p.

CHIARANDA, R. **Usos da Terra e Avaliação da Capacidade Potencial de Armazenamento de Água da Bacia do Rio Cuiabá-MT**. 2002. 386 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Dados dos Poços Monitorados**. 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Hidrogeológico do Estado de Santa Catarina**. Porto Alegre, 2012. Mapa. Escala 1:500.000.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)**. 2018. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php>. Acesso em: 12 jun. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). Entenda a CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais). In: _____. **Estudos Técnicos**, Brasília, v. 5, p. 179-188, jul. 2012. Disponível em: <<https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/ET%20Vol%205%20-%2014.%20Entenda%20a%20CFEM.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE)**. [2017]. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Reúso de águas residuárias tratadas na irrigação**. Teresina, dez. 2007. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/68105/reuso-de-aguas-residuarias-tratadas-na-irrigacao>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

_____. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. **Súmula**. Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

_____. Solos do Estado de Santa Catarina. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, n. 46, p. 721, 2004. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/964417/solos-do-estado-de-santa-catarina>>. Acesso em: jan. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). **Estatísticas da Aquicultura**. [2018]. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=676>. Acesso em: 25 jan. 2018.

_____. **Plano Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável da Maricultura Catarinense – 2015-2020**. Florianópolis, jun. 2015. Versão Preliminar. Disponível em: <<http://www.agricultura.sc.gov.br/index.php/arquivos/plano-estrategico-para-o-desenvolvimento-sustentavel-da-maricultura-catarinense/57-plano-estrategico-para-desenvolvimento-sustentavel-da-maricultura-catarinense/file>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

_____. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina (pré-germinado)**. 3 ed. rev. e atual. Florianópolis, 2010. (No prelo). Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=1743>. Acesso em: 14 jul. 2018.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo: Produto 2, Diagnóstico dos Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo, Relatório Técnico sobre Demandas Hídricas**. 4. ed. Vitória, ES. 2017. 116 p. [.pdf].

FARR, T. G.; KOBRICK, M. **The shuttle radar topography mission (SRTM): a global DEM**. 2000. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FIESC). **Guia Industrial FIESC**. [2017]. Acesso restrito. Disponível em: <<https://guiafiesc.com.br/>>. Acesso em: 2 jul. 2018.

FERNANDES, D. R. M; MEDEIROS NETO, V. B. de; MATTOS, K. M. da C. Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650479_0552.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2018.

FLORIANÓPOLIS (Município). Secretaria Municipal de Habitação e Saneamento Ambiental (SMHSA). **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMISB)**. Florianópolis, fev. 2011. Disponível em: <http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/23_02_2011_14.10.48.ef4faff9080123c24722cf58ca7eb78.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2018.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FATMA). Portaria nº 312, de 7 de dezembro de 2016. Dispõe sobre a vazão ecológica. **Diário Oficial [do] Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, 8 dez. 2016. Disponível em: <<http://intranet.fatma.sc.gov.br/capa/fileDownload/3983>>. Acesso em: 2 jun. 2018.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2008-2010**. São Paulo. 2011.

GAROPABA (Município). Secretaria de Planejamento Territorial e Meio Ambiente. **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Garopaba**. Garopaba, maio 2012. Disponível em: <http://static.fecam.com.br/uploads/344/arquivos/639774_121_anexo_volume_i_versao_final_pmsb.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2018.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA). P3 Prognóstico dos Recursos Hídricos no Estado. In: _____. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Goiás**. Goiânia, 2015.

GOMES, A. S. et al. **A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 44 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/746734/a-agua-distribuicao-regulamentacao-e-uso-na-agricultura-com-enfase-ao-arroz-irrigado>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

GOMES, M. C. A. D. A.; PEREZ, L. S. N.; CURCIO, R. L. S. **Avaliação da poluição por fontes difusas afluentes ao reservatório Guarapiranga**. São Paulo: SMA – Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo, 1998.

GONÇALVES, T. D. **Geoprocessamento como ferramenta de apoio à gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Distrito Federal**. 2007. 50 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

GONÇALVES, T. D.; ROIG, H. L.; CAMPOS, J. E. G. Sistema de informação geográfica como ferramenta de apoio à outorga dos recursos hídricos subterrâneos no Distrito Federal. **Revista brasileira de Geociências**, v. 39, n. 1, p. 169-180, 2009.

HOFFMANN, K. L. et al. **Acompanhamento do processo de regularização da maricultura no município de Palhoça - SC, Brasil**. 2017. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/172507>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

HSIAO, C. **Analysis of Panel Data**. 3. ed. Cambridge University Press, 2014.

IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. 26. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1996. 301p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 9 jan. 2018.

_____. **Estimativas populacionais municipais 2016**. 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/default.shtm>>. Acesso em: 15 maio 2017.

_____. **Projeção da População**. 2013. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?&t=resultados>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

_____. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). **Censo Agropecuário 2006: Segunda apuração**. [2007]. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006/segunda-apuracao#series-temporais>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ (AGUASPARANÁ). P05: Programa de Efetivação do Enquadramento. In: PARANÁ (Estado). Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. Colaboradora: Cobrape – Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Curitiba. 2013a.

_____. P05: Programa de Efetivação do Enquadramento. In: PARANÁ (Estado). Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Jordão. Colaboradora: Cobrape – Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Curitiba. 2013b.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IEMA). **Estudo de regionalização de vazões e metodologia para determinação de vazões insignificantes para 12 bacias hidrográficas no Estado do Espírito Santo**. Relatório nº 05A. Rev. 2. Vitória: IEMA, 2009.

KOBIYAMA, M.; CHAFFE, P. L. B. Water balance in Cubatão-Sul river catchment, Santa Catarina, Brazil. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 5-17, 2008.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. de A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160 p. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/recursos_hidricos_saneamento.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

KOBRICK, M. **The shuttle radar topography mission (SRTM): a global DEM**. 2000.

KONGYAN, Y. Water-saving farming technologies. **New AG International**, Middlesex, p. 46-53, 2005.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484473>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

MACHADO, P. L. O. A.; WADT, P. G. S. **Boas práticas agrícolas: terraceamento**. Rio Branco: Embrapa, 2016. 9 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/13599347/ID01.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. A situação do monitoramento das águas no Brasil – Instituições e Iniciativas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, v. 5, n. 3, p. 113-135, jul./set. 2000. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=44&SUMARIO=647&ST=a_situacao_d_o_monitoramento_das_aguas_no_brasil_instituicoes_e_iniciativas>. Acesso em: 29 jul. 2018.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e práticas**. Viçosa: UFV, 2006.

MARINI, M. **Controle geológico e caracterização legal e ambiental da atividade de mineração de areia na bacia do Rio da Madre (SC)**. 2017. 238 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/183231>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

MAROUELLI, W. A. et al. Manejo da água de irrigação. In: In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/915574/1/IRRIGACAOeFERTIRRIGACAOcap5.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MEIRA, J. C. R.; DE-CAMPOS, A. B.; PEREIRA, L. C.. **Vulnerabilidade natural e perigo à contaminação de zona de recarga do aquífero Guarani**. R. Águas Subter., [s.l.], v. 28, n. 1, p.31-46, 4 fev. 2014. Lepidus Tecnologia. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/27412/18080>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MORAIS, J. B. A. **Caracteres hidrogeológicos do Aquífero Dunas para a Gestão de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza - Ceará**. Jun. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/4849>>. Acesso em: 3 maio 2018.

NOVAES, A. L. T. et al. Regularização da atividade de maricultura no Estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 51-53, mar. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Luiz_Vianna/publication/272126277_Regularizacao_da_atividade_de_maricultura_no_estado_de_santa_catarina/links/54db4c4c0cf233119bc5c327/Regularizacao-da-atividade-de-maricultura-no-Estado-de-Santa-Catarina.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

PALHOÇA (Município). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Palhoça**: Capítulo Resíduos Sólidos Urbanos e Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Palhoça, nov. 2015. Disponível em: <<http://planosmunicipais.com.br/downloads/1448017971.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

PENMAN, H. L. Estimating evaporation. **Transactions American Geophysical Union**, v. 37, n. 1, p. 43-50, feb. 1956.

PERNAMBUCO (Estado). Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERH-PE): Recursos**. Recife: 1998. Disponível em: <<http://www.srhe.pe.gov.br/attachments/article/458/volume3.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

PFAFSTETTER, O. **Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação**. Rio de Janeiro: DNOS, 1989.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Qualidade de águas subterrâneas captadas em fontes em função da presença de proteção física e de sua posição na paisagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 948-957, set./out. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n5/v30n5a16.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

RIBEIRO, M. L. et al. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n3/30.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (PERH-RS)**. Porto Alegre, 2007.

ROSEGRANT, M. W.; CAI, X.; CLINE, S. A. **Global water outlook to 2025: averting an impending crisis**. Washington, DC: International Food Policy Research Institute: International Water Management Institute, 2002. Disponível em: <http://www.greencrossitalia.it/ita/acqua/risorse_acqua/pdf/rapporto%20IWM%202025.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

SÃO PAULO (Estado). COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ E COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS PIRACICABA E JAGUARI (COMITÊS PCJ). **Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí**. 2011.

SANTA CATARINA (Estado). Assembleia Legislativa. Lei Estadual nº 9.748, de 30 de novembro de 1994. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, 6 dez. 1994. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Legislacao/Lei-Estadual-9748-1994.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). Definição de medidas mitigadoras para redução da carga poluidora e de controle quantitativo das demandas. In: _____. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itapocu**. Relatório de Atividades: Produto 05 – Etapa D Prognóstico das Demandas Hídricas da Bacia. Out. 2017a. cap. 8. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Planos%20de%20Bacias/Plano%20da%20Bacia%20Hidrografica%20do%20Rio%20Itapocu/produto_d/plano_itapocu-relatorio_etapa_d.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, 14 abr. 2009. Disponível em: <http://agenciaal.alesc.sc.gov.br/images/uploads/fotonoticia/14675_2009_lei.docx>. Acesso em: 18 abr. 2018.

_____. Lei nº 15.133, de 19 de janeiro de 2010. Institui a Política Estadual de Serviços Ambientais e regulamenta o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais no Estado de Santa Catarina, instituído pela Lei, n. 14.675, de 2009, e estabelece outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, 29 mar. 2010. Disponível em: <<http://server03.pge.sc.gov.br/LegislacaoEstadual/2010/015133-011-0-2010-001.htm>>. Acesso em: 2 jul. 2018.

_____. **Pacto por Santa Catarina**. Florianópolis, 2018a. Disponível em: <<http://www.pactoporsc.sc.gov.br>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

_____. **Plano Municipal de Saneamento de Águas Mornas**. Águas Mornas, dez. 2011a. Disponível em: <<http://www.aguasmornas.sc.gov.br/doc/PMSB/VOLUME%20I/VOLUME%20I%20-%20AGUAS%20MORNAS.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2018.

_____. **Resolução nº 2, de 14 de agosto de 2014**. Dispõe sobre o uso das águas subterrâneas no Estado de Santa Catarina. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável: Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Florianópolis, 14 ago. 2014a. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Legislacao/resolucao_2014-02-uso_agua_subterranea.doc>. Acesso em: 14 jun. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca. Câmara Setorial da Maricultura. Conselho de Desenvolvimento Rural (CEDERURAL). **Relatório do workshop sobre saneamento básico e maricultura**. Florianópolis, 24 nov. 2017b. Disponível em: <<http://www.agricultura.sc.gov.br/index.php/arquivos/plano-estrategico-para-o-desenvolvimento-sustentavel-da-maricultura-catarinense/97-relatorio-workshop-sobre-saneamento-basico-e-maricultura/file>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

_____. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. **Estudo dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para sua Implementação**. Maio 2006a. Disponível em: <<http://www.sirhesc.sds.sc.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

_____. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. **Regionalização de Vazões das Bacias Hidrográficas Estaduais do Estado de Santa Catarina**. Fev. 2006b.

_____. SANTA CATARINA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH). Resolução CERH nº 001/2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água de Santa Catarina e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, 24 jul. 2008. Disponível em: <http://www.cadastro.aguas.sc.gov.br/sirhsc/conteudo_visualizar_dinamico.jsp?idEmpresa=6&idMenu=714&idMenuPai=38>. Acesso em: 25 jun. 2018.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Manual Técnico Operacional: com foco em planejamento**. Florianópolis, 2018b.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio das Antas, bacias contíguas e afluentes do Rio Peperi-Guaçú: Relatório D2 - Confronto das Demandas com as Disponibilidades Hídricas Superficiais**. Florianópolis: Fai Faculdades, 2018c.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH/SC): Caracterização geral das regiões hidrográficas de Santa Catarina**. Florianópolis, 2017c. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/base-documental/plano-estadual-biblioteca>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH/SC): Compatibilização de demandas e disponibilidades**. Florianópolis, dez. 2017d. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_d/perh_sc_articulacao_perh_e_pnrh-2017-final.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH/SC): Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos de Santa Catarina – Cenário hídrico atual**. Florianópolis, 2017e. 49 p.

Disponível em:
<http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_b/PERH_SC_Cenar io_atual_CERTI-CEV_2017_final.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2018.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH/SC)**: Identificação de alternativas de compatibilização das disponibilidades e demandas. Florianópolis, 18 dez. 2017f. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_d/perh_sc_alternativas_compatibilizacao-2017-final.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2018.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano Municipal de Saneamento Básico de São Pedro de Alcântara**. São Pedro de Alcântara, dez. 2011b. Disponível em: <http://static.fecam.com.br/uploads/11/arquivos/27212_ANEXO__PLANO_MUNICIPAL_DE_S ANEAMENTO_BASICO__SAO_PEDRO_DE_ALCANTARA.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2018.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Águas Mornas**. Águas Mornas, fev. 2011c. Disponível em: <<http://www.aguasmornas.sc.gov.br/noticias/pmsb/Fases%20I-II/DIAGN%D3STICO%20%C1GUAS%20MORNAS.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

_____. Secretaria de Estado da Fazenda. Diretoria de Planejamento Orçamentário. **Plano Plurianual 2016 – 2019**: Plano Plurianual em Grandes Números e Perfil dos Órgãos. Florianópolis, 2017g. 328 p. Disponível em: <http://www.sef.sc.gov.br/arquivos_portal/relatorios/77/PPA_Perfil_dos_Orgaos.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2018.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). Portaria nº 025, de 3 de agosto de 2006. **Institui o Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos – CEURH e dispõe sobre os procedimentos para cadastramento de usuários e regularização de usos dos recursos hídricos de dominialidade do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC, 07 ago. 2006. DOE Nº 17.940, de 07 de Agosto de 2006 – Pág. 01 e 02. 2006c_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Sistema Administrativo para Gestão de Recursos Hídricos de SC**: Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos. [201-]. Disponível em: <<http://www.cadastro.aguas.sc.gov.br/adm/adm/index.jsp>>. Acesso em: 23 out. 2017.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Sistema de Cadastro de Usuários de Água do Estado de Santa Catarina**. [2016]. Disponível em: <<http://www.cadastro.aguas.sc.gov.br/sirhsc/index.jsp?idEmpresa=59>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

_____. Secretaria do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Araranguá**. Etapa B: Diagnóstico e Prognóstico dos Recursos Hídricos. Atividade B2 – Cenário Hídrico Atual. Porto Alegre. 2014b.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina. **Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC)**. 2012. Disponível em: <<http://sigsc.sds.sc.gov.br/map/?public=true>>. Acesso em: 8 de jan. de 2018.

SANTA CATARINA TURISMO S.A. (SANTUR). **Estatísticas e Indicadores Turísticos**. [2016]. Disponível em: <<http://turismo.sc.gov.br/institucional/index.php/pt-br/informacoes/estatisticas-e-indicadores-turisticos>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

SANTO AMARO DA IMPERATRIZ (Município). **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) – Santo Amaro da Imperatriz**. Santo Amaro da Imperatriz, abr. 2012. Disponível em: <<https://pt.calameo.com/read/003163592e0701e8939aa>>. Acesso em: 8 jun. 2018.

SILVA, D. J. **Uma abordagem cognitiva ao planejamento estratégico do desenvolvimento sustentável**. 1998. 250 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SILVA, D. R. A. D.; KIRCHHEIM, R. E. **Informações hidrogeológicas básicas do Estado de SC**. [2011]. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/c69cfd884d42ba609726c49a8d96708_5fb6c97b5c870db3bed8becb2c2195.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

SOUZA, A. G. et al. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 240 p. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=93121&indexSearch=ID>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

THORNTON, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**. 1. ed., v. 38, p. 55-94, 1948.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: UFRGS, 2012.

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA (UNISUL). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Itapocu**. Sustentabilidade e Desenvolvimento. Relatório de atividades produto 04 – etapa C. Diagnóstico dos Recursos Hídricos da Bacia. Tubarão, 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG). Programa de Pesquisa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente - PPGEMA. **ReCESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental**. [200-?]. Disponível em: <<https://ppgema.eec.ufg.br/n/24678-recesa-rede-nacional-de-capacitacao-e-extensao-tecnologica-em-saneamento-ambiental>>. Acesso em: 7 jun. 2018.

VIEIRA, E. G.; REZENDE, E. N. Mineração de areia e meio ambiente: é possível harmonizar? **Revista do Direito Público**, Londrina, v. 10, n. 3, p. 181-212, set./dez. 2015. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/direitopub/article/view/21303>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. **Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions**. Londres: Iwa Publishing, 2005. 835 p.

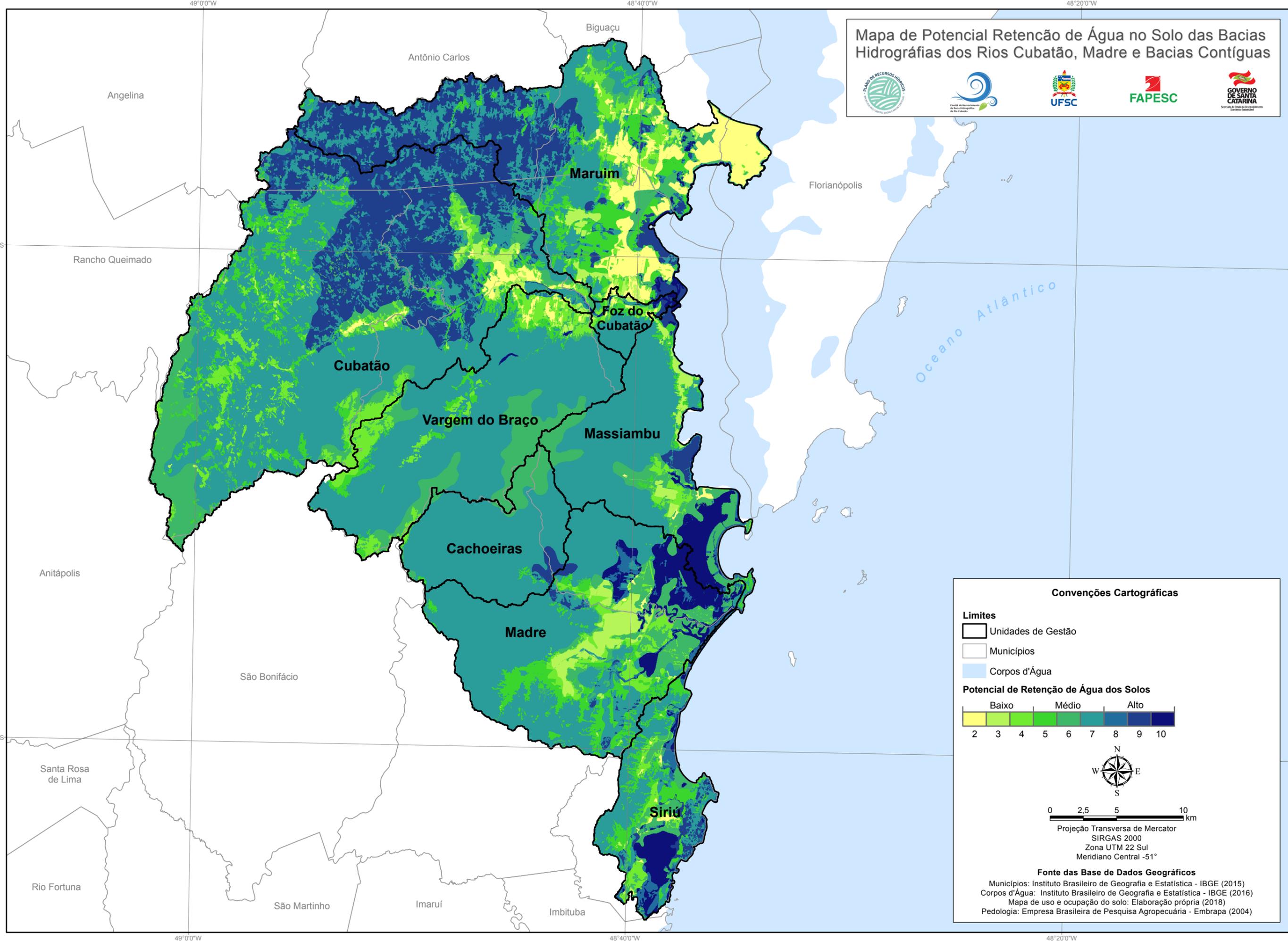
WAHNFRIED, I; HIRATA, R. Perímetros de proteção de poços: uma importante ferramenta para a sustentabilidade de mananciais públicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 14.; SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 2., 2005. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2005. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23240/15351>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**. 5. ed. Michigan: South-Western College, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – MAPA DE POTENCIAL RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Mapa de Potencial Retenção de Água no Solo das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas



Convenções Cartográficas

Limites

- Unidades de Gestão
- Municípios
- Corpos d'Água

Potencial de Retenção de Água dos Solos

Baixo	Médio	Alto
2	3	4
5	6	7
8	9	10

0 2,5 5 10 km

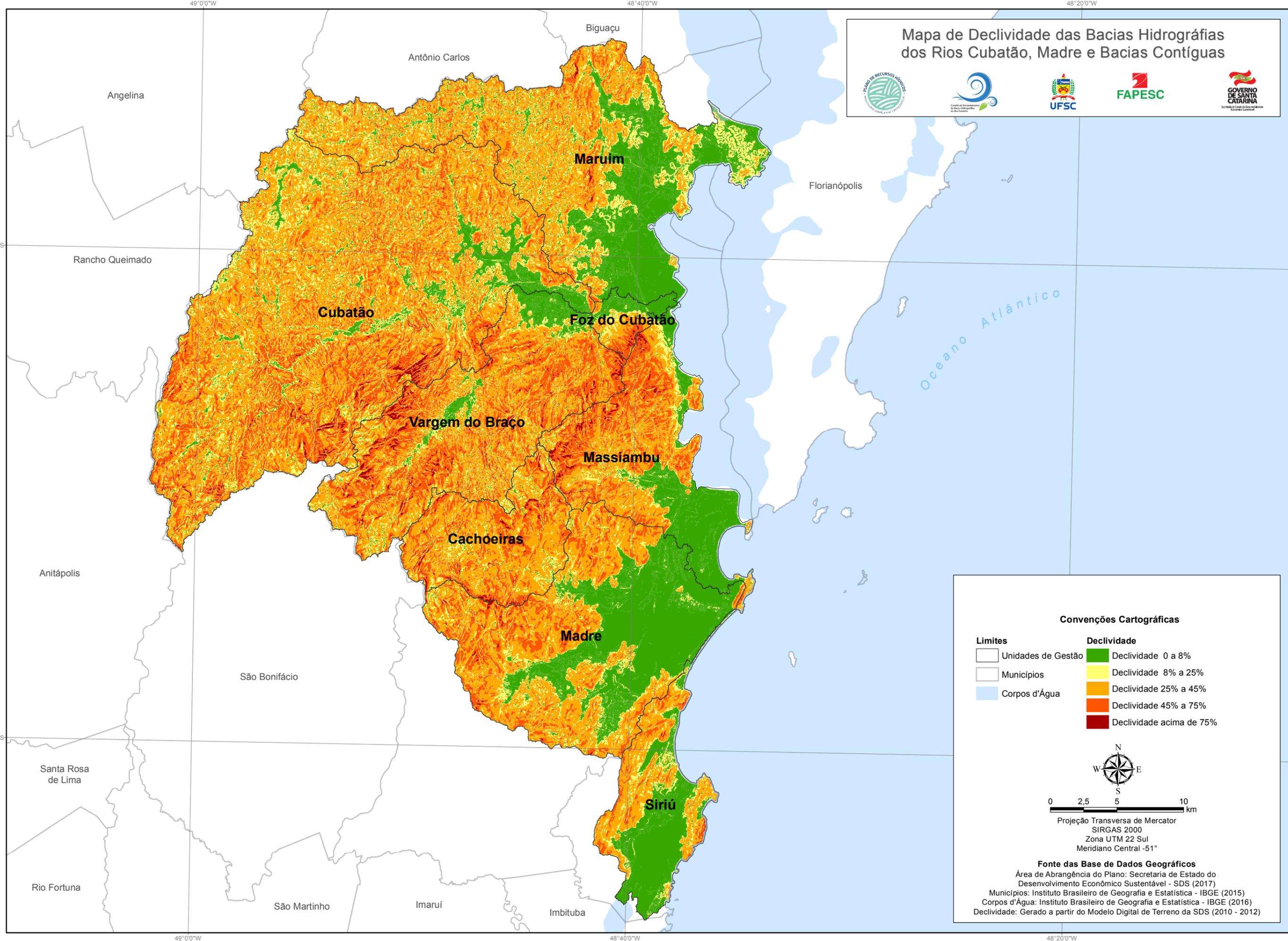
Projeção Transversa de Mercator
SIRGAS 2000
Zona UTM 22 Sul
Meridiano Central -51°

Fonte das Base de Dados Geográficos

Municípios: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015)
Corpos d'Água: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016)
Mapa de uso e ocupação do solo: Elaboração própria (2018)
Pedologia: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2004)

APÊNDICE 2 – MAPA DE DECLIVIDADE

Mapa de Declividade das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas



Convenções Cartográficas

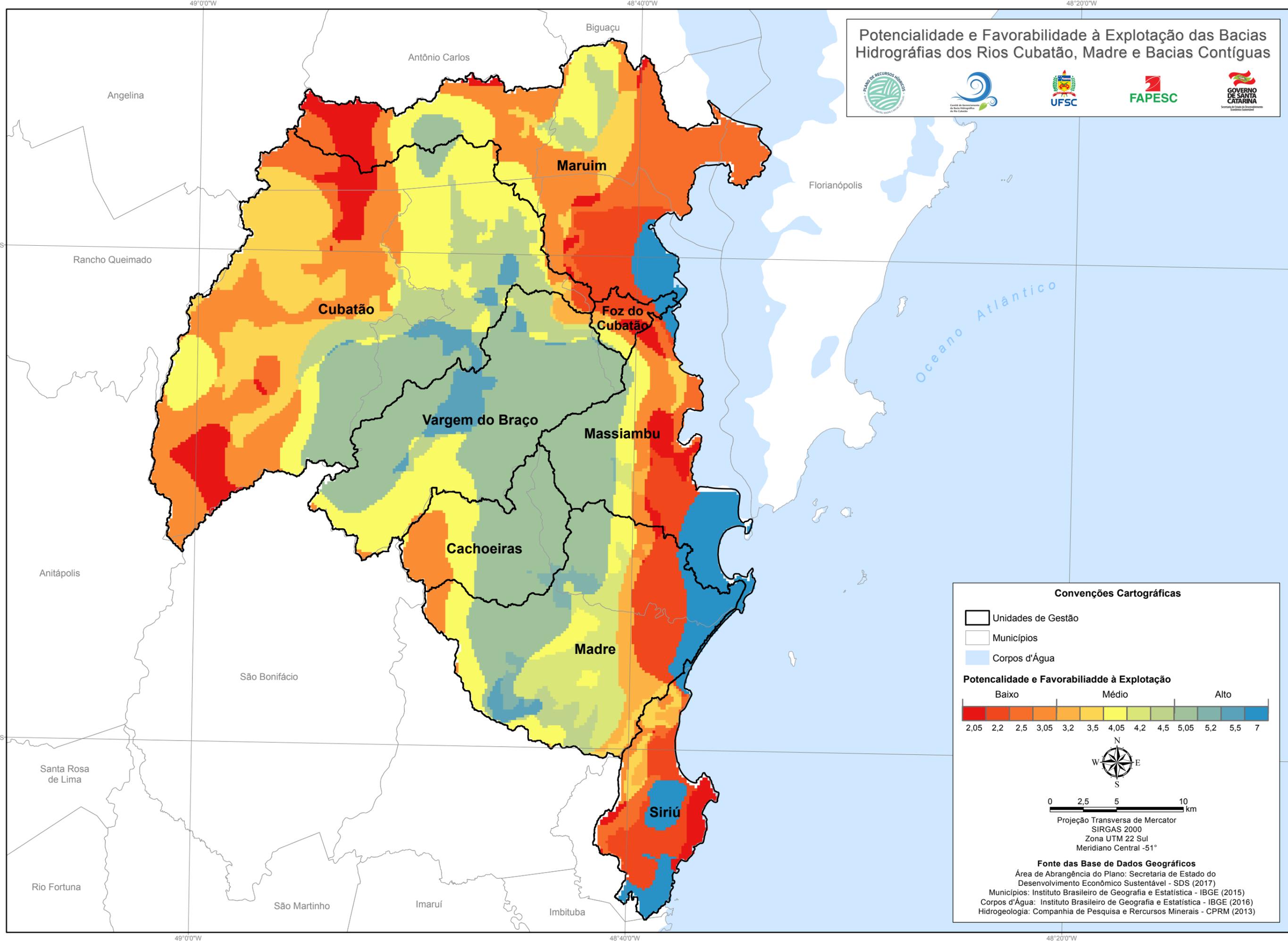
Limites	Declividade
Unidades de Gestão	Declividade 0 a 8%
Municípios	Declividade 8% a 25%
Corpos d'Água	Declividade 25% a 45%
	Declividade 45% a 75%
	Declividade acima de 75%

0 2,5 5 10 km
 Projeção Transversa de Mercator
 SIRGAS 2000
 Zona UTM 22 Sul
 Meridiano Central -51°

Fonte das Base de Dados Geográficos
 Área de Abrangência do Plano: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS (2017)
 Municípios: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015)
 Corpos d'Água: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016)
 Declividade: Gerado a partir do Modelo Digital de Terreno da SDS (2010 - 2012)

APÊNDICE 3 – MAPA DE POTENCIALIDADE E FAVORABILIDADE À EXPLOTAÇÃO

Potencialidade e Favorabilidade à Exploração das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas



Convenções Cartográficas

- Unidades de Gestão
- Municípios
- Corpos d'Água

Potencialidade e Favorabilidade à Exploração

Baixo	Médio	Alto
2,05	2,2	2,5
3,05	3,2	3,5
4,05	4,2	4,5
5,05	5,2	5,5
7		

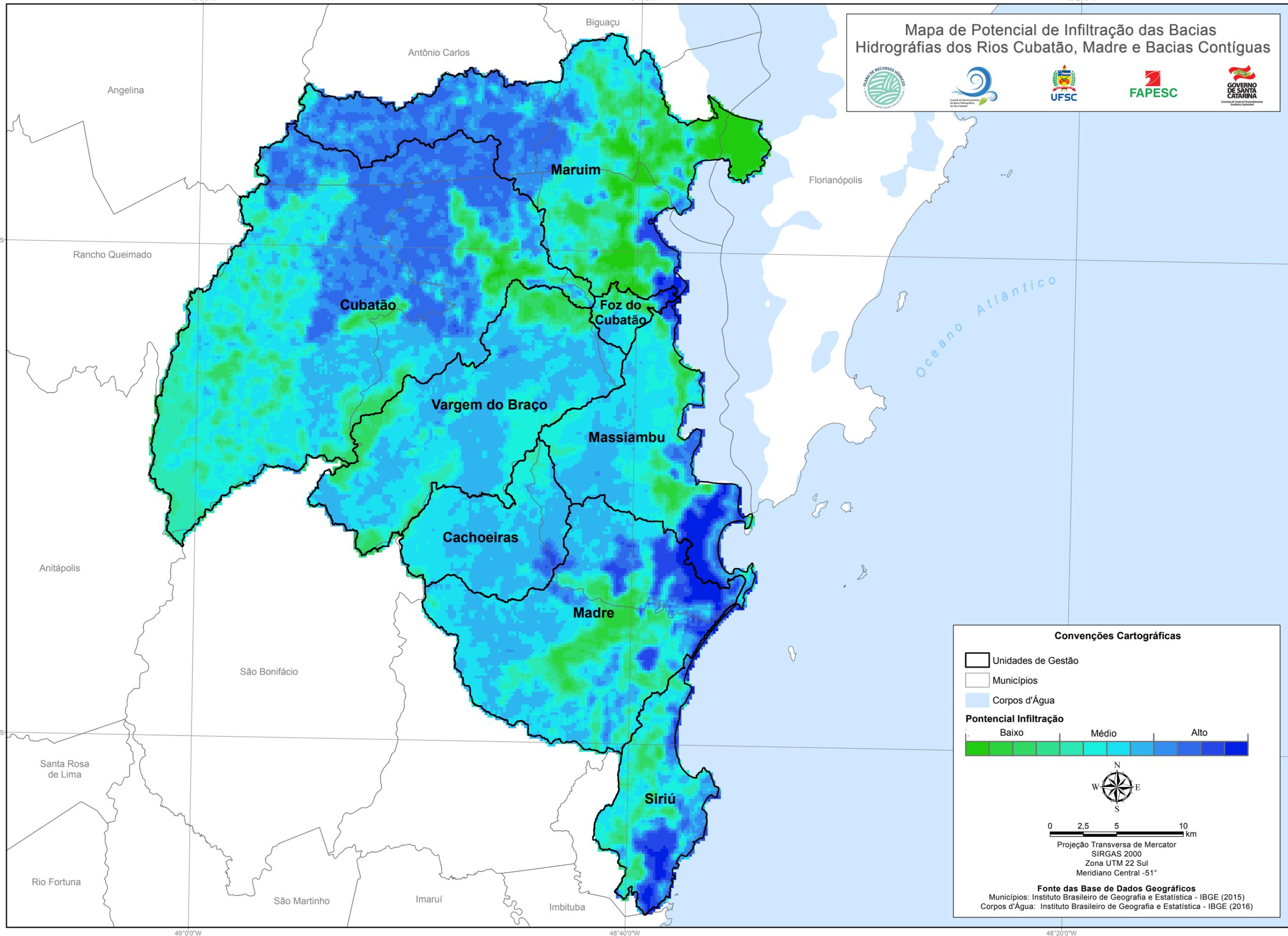
0 2,5 5 10 km

Projeção Transversa de Mercator
SIRGAS 2000
Zona UTM 22 Sul
Meridiano Central -51°

Fonte das Base de Dados Geográficos
 Área de Abrangência do Plano: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS (2017)
 Municípios: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015)
 Corpos d'Água: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016)
 Hidrogeologia: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM (2013)

APÊNDICE 4 – MAPA DE POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO

Mapa de Potencial de Infiltração das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas



Convenções Cartográficas

- Unidades de Gestão
- Municípios
- Corpos d'Água

Potencial Infiltração

Baixo Médio Alto

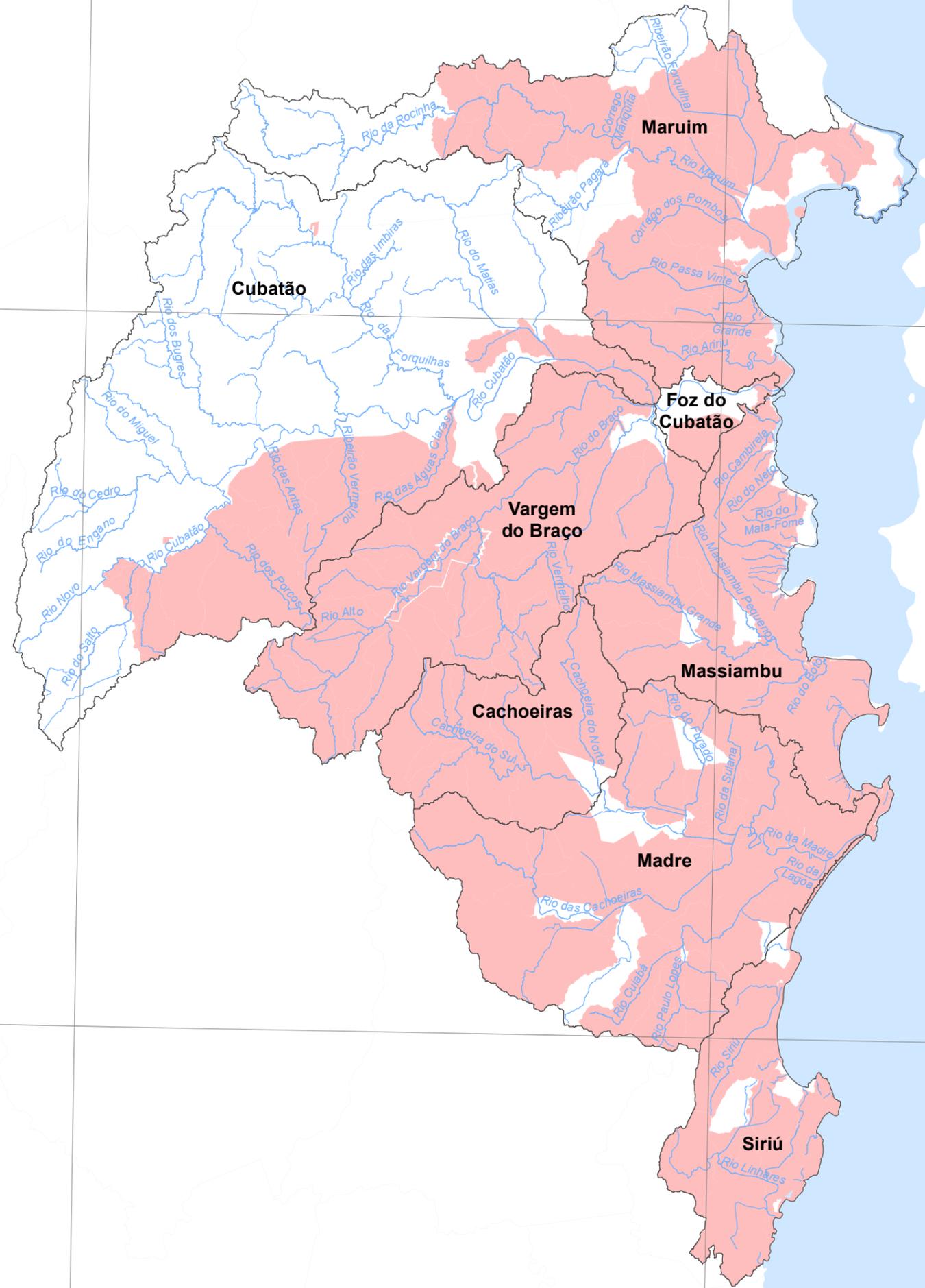
0 2,5 5 10 km

Projeção Transversa de Mercator
SIRGAS 2000
Zona UTM 22 Sul
Meridiano Central -51°

Fonte das Base de Dados Geográficos
Municípios: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015)
Corpos d'Água: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016)

APÊNDICE 5 – MAPA DE IDENTIFICAÇÃO DAS
ÁREAS CRÍTICAS PARA EXPANSÃO DE ATIVIDADES
DEMANDADORAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Identificação de Áreas Críticas para Expansão de Atividades Demandadoras de Água das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas



Convenções Cartográficas

Hidrografia
 Principais corpos hídricos

Identificação de áreas
 Áreas críticas

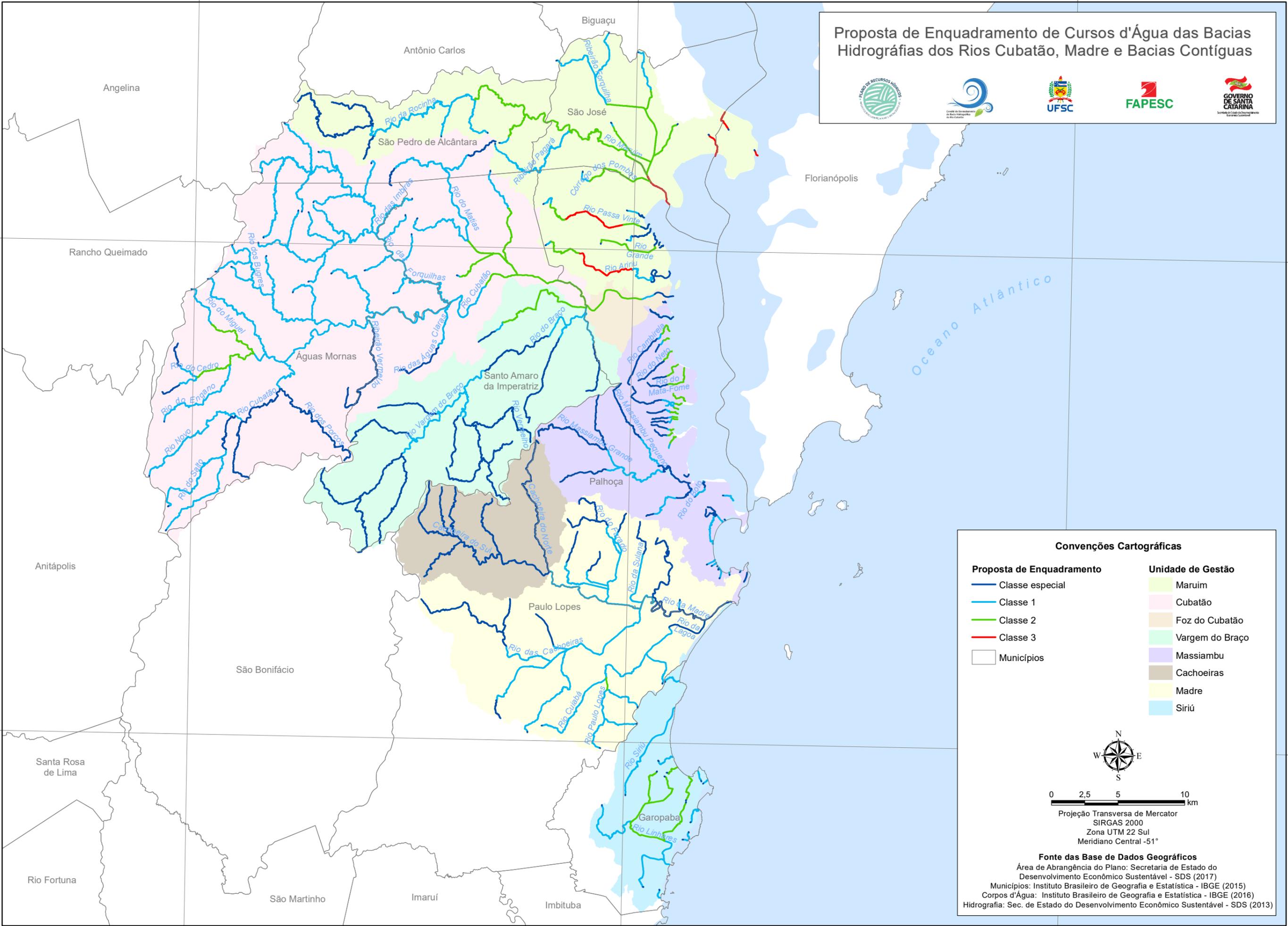
0 2,5 5 10 km

Projeção Transversa de Mercator
 SIRGAS 2000
 Zona UTM 22 Sul
 Meridiano Central -51°

Fonte das Base de Dados Geográficos
 Área de Abrangência do Plano: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS (2017)
 Municípios: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015)
 Corpos d'Água: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016)
 Hidrografia: Sec. de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS (2013)

APÊNDICE 6 – PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA

Proposta de Enquadramento de Cursos d'Água das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas



Convenções Cartográficas

Proposta de Enquadramento	Unidade de Gestão
— Classe especial	Maruim
— Classe 1	Cubatão
— Classe 2	Foz do Cubatão
— Classe 3	Vargem do Braço
□ Municípios	Massiambu
	Cachoeiras
	Madre
	Siriú



0 2,5 5 10 km

Projeção Transversa de Mercator
SIRGAS 2000
Zona UTM 22 Sul
Meridiano Central -51°

Fonte das Base de Dados Geográficos
 Área de Abrangência do Plano: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS (2017)
 Municípios: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015)
 Corpos d'Água: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016)
 Hidrografia: Sec. de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS (2013)

APÊNDICE 7 – OFICINAS DE ENQUADRAMENTO PARTICIPATIVO

Oficinas de enquadramento participativo

As oficinas de enquadramento participativo têm como objetivo proporcionar aos atores participantes (representantes de órgãos públicos, lideranças comunitárias, empresários, agricultores, pescadores, organizações não governamentais e demais usuários de água) a oportunidade de discutir e definir consensualmente o enquadramento dos corpos hídricos da bacia. Consoante a ANA (2018a), os participantes das oficinas de enquadramento foram estimulados a desenvolver as seguintes atividades:

- » Avaliar a condição atual dos rios, ou seja, “o rio que temos”.
- » Discutir sobre as condições de qualidade desejada, “o rio que queremos”.
- » Discutir e pactuar as metas de evolução, levando em conta os usos do solo e as limitações técnicas e econômicas para seu alcance, “o rio que podemos ter”.

Foram realizadas três oficinas de enquadramento participativo que aconteceram nos dias 22, 24 e 25 de maio de 2018 nos municípios de Paulo Lopes, Palhoça e Santo Amaro da Imperatriz, respectivamente.

As oficinas de enquadramento participativo foram divididas em seis momentos distintos e complementares. Os participantes tiveram a oportunidade de se conhecer, de aprender sobre o enquadramento dos cursos d’água, vivenciar uma dinâmica de negociação e construir coletivamente o mapeamento participativo e a proposta de enquadramento para os rios da bacia. O cronograma de atividades das oficinas de enquadramento participativo é apresentado na Tabela 1.

Início	Término	Atividade
08:30	09:15	Recepção e credenciamento
09:15	09:30	Apresentação do cronograma da oficina
09:30	10:15	Dinâmica de apresentação dos participantes
10:15	11:00	Apresentação sobre enquadramento de corpos hídricos (fundamentos, aspectos técnicos e conceitos)
11:00	12:00	"O rio que temos" (mapeamento participativo - apresentação do cenário atual e reconhecimento dos usos de recursos hídricos e dos pontos críticos)
14:00	14:45	Dinâmica de negociação
14:45	15:30	"O rio que queremos" (proposta de enquadramento coletivo - "sonho")
15:30	16:00	"O rio que podemos ter" (proposta de enquadramento coletivo - "factível")
16:00	16:30	Propostas para o programa de efetivação do enquadramento (ações estratégicas - obras estruturais e mecanismos de comando e controle, disciplinamento e econômicos)
16:30	17:00	Avaliação do evento e do encerramento

Tabela 1 – Cronograma de atividades das oficinas de enquadramento participativo

Elaboração própria (2018)

A seguir são detalhados os momentos realizados na oficina, as metodologias utilizadas e os resultados alcançados.

DINÂMICA DE APRESENTAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Após a recepção, o credenciamento e a apresentação do cronograma do dia, a oficina iniciou com uma dinâmica de apresentação dos participantes, visando proporcionar um momento de interação, de questionamento a respeito dos objetivos de cada um no encontro e reflexão sobre a visão de futuro deles para a bacia.

Neste momento os participantes receberam um crachá. Neste crachá foi solicitado aos participantes preencherem o seu nome, o nome da instituição que estavam representando, explicitar o seu objetivo de participação na oficina, sua visão de futuro para a bacia e indicar no mapa do crachá algum lugar da bacia que considerasse especial.

Em seguida foi formada uma roda onde cada um dos participantes teve a oportunidade de compartilhar suas reflexões e considerações sobre recursos hídricos para todo o grupo. Além disso, os participantes tiveram momentos, em duplas, para conversar sobre as questões levantadas. O objetivo dessa dinâmica foi aproximar os participantes a partir do reconhecimento de suas afinidades e objetivos pessoais, buscando criar um ambiente mais aberto e acolhedor para o diálogo e para a construção coletiva da proposta de enquadramento dos cursos de água da bacia.



Figura 1 – Dinâmica de apresentação dos participantes na oficina de enquadramento realizada em Paulo Lopes
Elaboração própria (2018)

APRESENTAÇÃO SOBRE ENQUADRAMENTO (FUNDAMENTOS, CONCEITOS E ASPECTOS TÉCNICOS)

Após a dinâmica de apresentação dos participantes, o facilitador do encontro realizou uma apresentação expositiva sobre os fundamentos, os conceitos e os aspectos técnicos relacionados ao enquadramento dos cursos d'água em classes, segundo os usos preponderantes.

Nesse momento, os participantes puderam aprender, compartilhar conhecimentos, experiências e tirar dúvidas a respeito desse importante instrumento estratégico, previsto na Política Estadual de Recursos Hídricos e na Política Federal de Recursos Hídricos, e que foi o tema central das oficinas.



Figura 2 – Apresentação sobre enquadramento na oficina realizada em Palhoça
Elaboração própria (2018)

MAPEAMENTO PARTICIPATIVO DA BACIA

A primeira etapa de construção coletiva foi a realização do mapeamento participativo da bacia. Para isso, foram utilizados dois mapas em tamanho A0 da bacia, contendo:

- » Unidades de Gestão (UGs), uso e ocupação do solo, áreas protegidas, comunidades tradicionais e usuários cadastrados no Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH).
- » Resultados do balanço hídrico referente a situação atual das classes dos rios em função da qualidade da água, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Os participantes foram estimulados a identificar e apontar os principais usos da água na bacia, os conflitos existentes e potenciais relacionados aos recursos hídricos, além dos pontos críticos e as boas práticas referentes à gestão da água na bacia.

Dessa forma, os participantes completaram, de forma coletiva e participativa, uma tabela com os usos, os conflitos, os pontos críticos e as boas práticas, além disso indicaram no mapa os locais onde esses fenômenos aconteciam.

Portanto, ao final do período matutino da oficina, os participantes haviam construído um mapeamento participativo do “rio que temos”, ou seja, uma fotografia participativa da situação atual dos recursos hídricos na bacia. Este, que foi o ponto de partida para iniciar as atividades do período vespertino: construir coletivamente o “rio que queremos” e, finalmente, o “rio que podemos ter”.



Figura 3 – Mapeamento participativo da bacia na oficina de enquadramento realizada em Santo Amaro da Imperatriz

Elaboração própria (2018)

“O RIO QUE TEMOS”

Os resultados do mapeamento participativo das Bacias dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas foram consolidados em tabelas e mapas e figuras. Foram identificados e mapeados os conflitos, pontos críticos, usos, e boas práticas existentes na bacia. Ressalta-se que alguns conflitos, pontos críticos, usos e boas práticas identificadas nas oficinas não foram espacializados pelos participantes e por esse motivo não constam nas figuras apresentados.

Entre os principais conflitos reconhecidos nas oficinas, os mais recorrentes se referem às atividades de mineração, agricultura e ao uso e ocupação do solo desordenado. A Tabela 2 apresenta os conflitos identificados.

Número (Mapa)	Conflito
1	Inexistência do plano de manejo
2	Ocupação irregular
3	PCH com outras atividades
4	Ações civis públicas
5	Alteração de habitats
6	Armazenamento de resíduos sólidos
7	Aterros que prejudicam a drenagem
8	Captação Rio Cachoeira Sul (Paulo Lopes/ Palhoça)
9	Falta regulamentação do rafting
10	Invasão de espécies exóticas (Fauna e Flora)
11	Mineração próximo a captação
12	Mineração próximo a captação
13	Sem acesso ao rio para lazer
14	Sem opções de travessia do rio
15	Terra indígena com outros usos
16	Uso e ocupação do solo desordenado
17	Utilização de agrotóxicos

Tabela 2 – Conflitos identificados nas oficinas participativas de enquadramento

Elaboração própria (2018)

Os conflitos identificados na Tabela 2 e encontram-se espacializados na Figura 5.

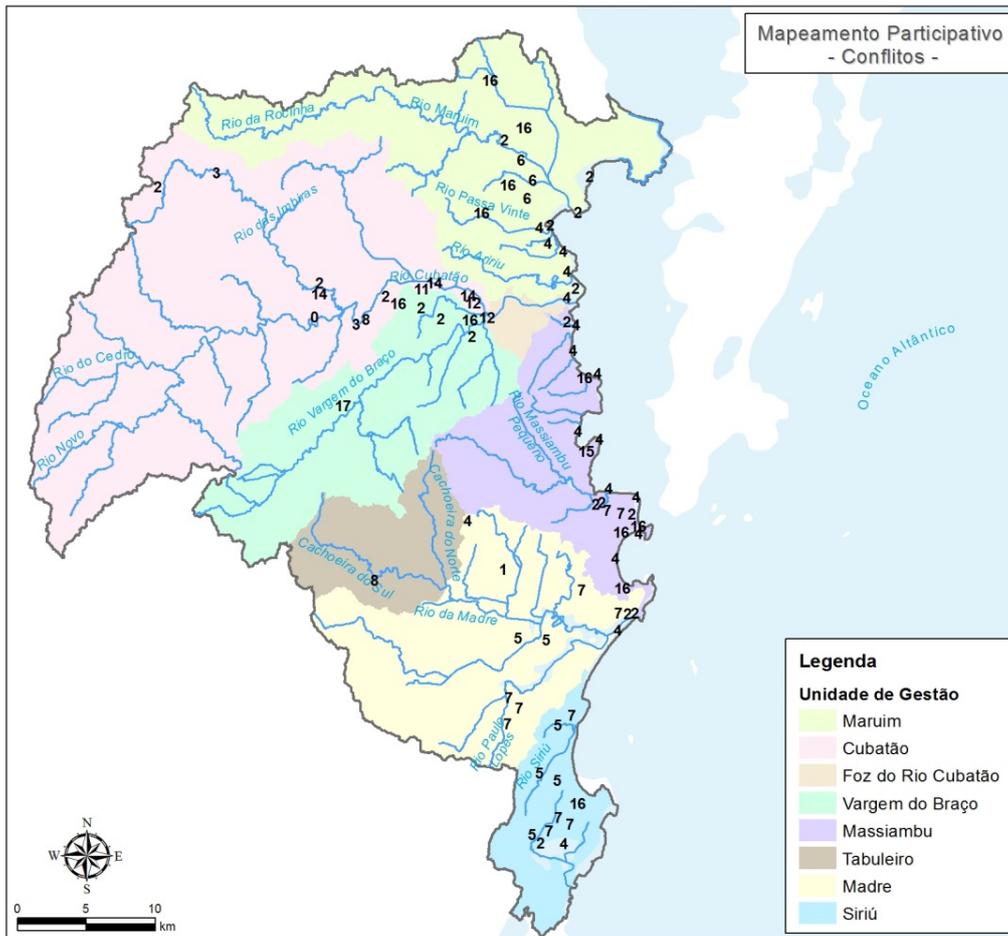


Figura 4 – Espacialização dos conflitos identificados nas oficinas participativas de enquadramento
Elaboração própria (2018)

Foram identificados 19 pontos críticos na área de abrangência do PRH (Tabela 3) dentre eles, os mais citados se referem à falta de balneabilidade nas praias, ausência de esgotamento sanitário, criação animal em Área de Preservação Permanente (APP) e granjas.

Número (Mapa)	Pontos críticos
1	Canalização de rios
2	Erosão e assoreamento
3	Falta mata ciliar
4	Mineração
5	Pontos de inundação
6	Área de abrangência do comitê
7	Aterramentos
8	Captação de água subterrânea
9	Construção irregular
10	Contaminação por agroquímicos
11	Deslizamento
12	Espécies exóticas (fauna e flora)
13	Falta educação ambiental
14	Lançamento de efluentes
15	Poluição
16	Resíduos de agrotóxicos
17	Retificação e canalização de rios
18	Rio Furado
19	Saneamento

Tabela 3 – Pontos críticos identificados nas oficinas participativas de enquadramento

Elaboração própria (2018)

A Figura 6 apresenta os pontos críticos apresentados na Tabela 3.

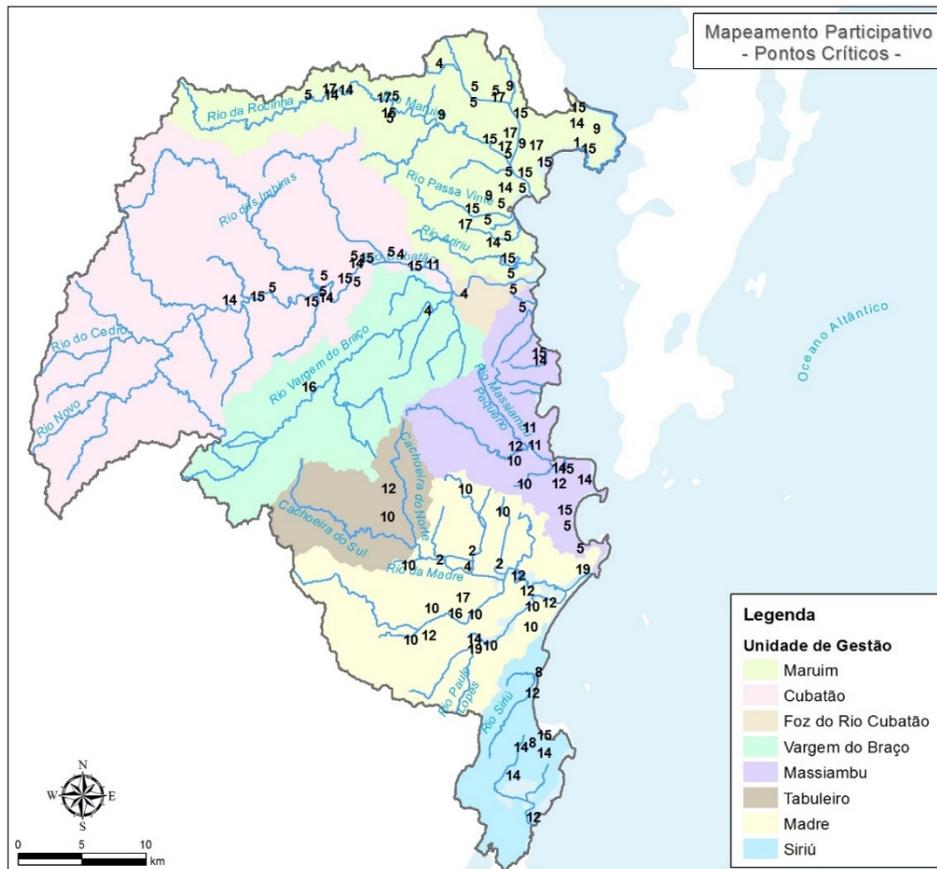


Figura 5 – Espacialização dos pontos críticos identificados nas oficinas participativas de enquadramento

Elaboração própria (2018)

A partir da oficina, 27 tipos de usos foram apontados para as Bacias, todos estão presentes na Tabela 4. Dentre os usos apontados, destacam-se com mais registros os usos de mineração, irrigação e pecuária.

Número (Mapa)	Usos
1	Abastecimento público
2	Cachoeiras e/ ou praias de bancos de areia
3	Criação Animal
4	Diluição de efluentes
5	Industrial
6	Irrigação
7	Maricultura e/ ou Pesca
8	Mineração
9	Parque Estadual Serra do Tabuleiro e APAS
10	Rafting
11	Terra indígena
12	Agricultura
13	Agricultura familiar
14	Águas termais
15	Aquicultura
16	Captação subterrânea
17	Comunidade quilombola
18	Estação de Tratamento de Esgoto
19	Extrativismo (butiá)
20	Geração de energia elétrica
21	Hospital / complexo detenção
22	Parque Municipal da Palhoça
23	Pesca artesanal
24	Pesque e pague
25	Recreação a Motor
26	Uso recreativo (surf)
27	Turismo

Tabela 4 – Usos identificados nas oficinas participativas de enquadramento

Elaboração própria (2018)

Os usos descritos na Tabela 4 foram espacializados na Figura 7.

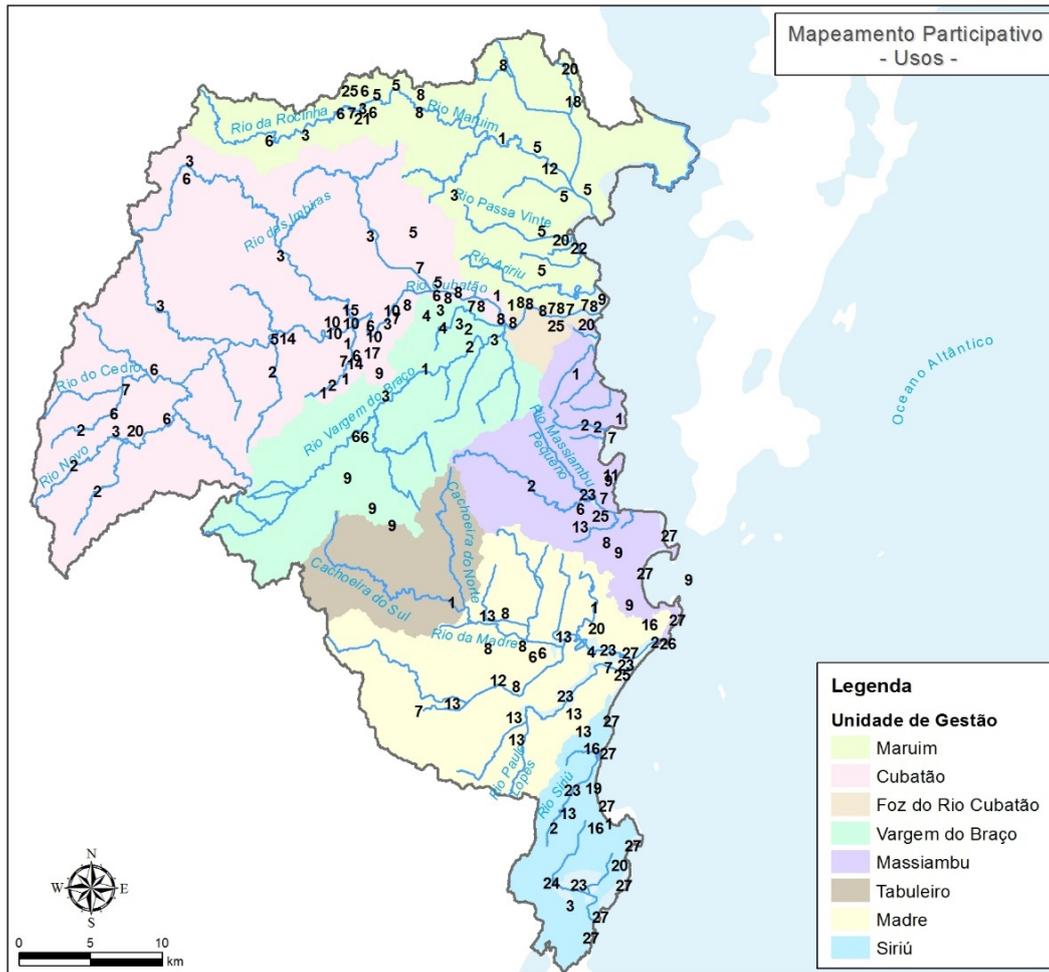


Figura 6 – Espacialização dos usos identificados nas oficinas participativas de enquadramento
Elaboração própria (2018)

Com relação às boas práticas, foram identificadas pelos participantes das oficinas de enquadramento, 18 ações que acontecem na área de abrangência do PRH (Tabela 5), sendo que as mais mencionadas são relacionadas à agricultura orgânica, educação ambiental e o projeto de reconstituição da mata ciliar (microbacias).

Número (Mapa)	Boas práticas
1	Agricultura orgânica
2	Centro de visitantes do Parque Estadual Serra do Tabuleiro
3	Educação ambiental
4	Lazer e esporte
5	Unidade de conservação
6	Palhoça
7	Pagamento por serviços ambientais (PSA)
8	Pecuária Pastoreio Voisin
9	Políticas de saneamento
10	Pontes que facilitam a travessia e conservam as margens
11	Projeto campos limpos
12	Projeto de monitoramento da maricultura (Epagri)
13	Projeto de proteção de nascentes
14	Projeto de reconstituição da mata ciliar (microbacias)
15	Rastreabilidade de alimentos (alimento limpo)
16	Reserva da biosfera da Mata Atlântica
17	Reserva Mundial do Surf
18	Turismo sustentável

Tabela 5 – Boas Práticas identificadas nas oficinas participativas de enquadramento

Elaboração própria (2018)

O processo de negociação ocorreu de forma diversa em cada oficina, mas apresentou algumas similaridades, tais como:

- » Os representantes só levam para a mesa de negociação as balas disponíveis para negociar (não mostram todos os recursos disponíveis, somente os “sobressalentes”, ou seja, ninguém realmente sabe a quantidade total de recursos disponíveis).
- » Os participantes não deixam claro qual é sua missão/objetivo, os participantes ficam focados somente em suas missões.
- » Nenhum participante está interessado nos objetivos dos outros participantes, as negociações acontecem paralelamente (aos pares, unilateralmente) e não de forma coletiva e organizada.

Todos esses pontos são importantes para serem considerados na valorização pedagógica no final da dinâmica.

A essência dessa dinâmica é que existem balas suficientes para atender o objetivo de todos os grupos, o que só fica claro no final da dinâmica. O objetivo pedagógico é, portanto, demonstrar que muitas vezes temos recursos suficientes para atender todas as nossas demandas, como no caso do uso múltiplo das águas nas bacias hidrográficas. Porém, muitas vezes não há clareza de quanto temos de recurso, ou não deixamos os nossos objetivos explícitos, ou não estamos abertos a dialogar e entender as demandas e as necessidades de cada ator do processo.

Dessa forma, normalmente as negociações não acontecem da melhor forma possível. A ideia da dinâmica é proporcionar esse tipo de reflexão e dialogar com os participantes sobre todos esses pontos, valorizando a importância dessas reflexões também na construção do processo de enquadramento dos rios da bacia.



Figura 8 – Dinâmica de negociação da oficina de enquadramento realizada em Paulo Lopes
Elaboração própria (2018)

“O RIO QUE QUEREMOS”

Após a dinâmica de negociação, voltou-se ao processo participativo de construção do “rio que queremos”. O objetivo principal desse momento foi refletir, dialogar e esboçar qual é o sonho coletivo para os rios da bacia.

Nessa etapa, os participantes foram divididos em grupos de três a cinco pessoas e, a partir da metodologia da Pedagogia do Amor (SILVA, 1998), os participantes deveriam responder seis perguntas:

- » Quais são os usos dos recursos hídricos (atuais e futuros) pretendidos para a bacia?
- » Quais são as vocações da bacia?
- » Quais são as aspirações/sonhos para a bacia?
- » Qual é a classe de enquadramento necessária para atender os usos? Qual é a classe desejada para cada curso d'água?
- » Quais são os parâmetros de qualidade da água são importantes para identificar e atender os usos pretendidos?
- » Quais são as ações necessárias para chegar a qualidade de água desejada para os cursos d'água?

A Pedagogia do Amor é uma metodologia de construção coletiva de conceitos que tem como essência pedagógica a aceitação do outro como legítimo no processo (SILVA, 1998). A metodologia é dividida em cinco momentos, os quais foram vivenciados pelos participantes durante essa etapa da oficina:

1. Revelação da subjetividade
2. Contribuição da diversidade
3. Construção da intersubjetividade
4. Construção do domínio linguístico
5. Apresentação do grupo.

A “revelação da subjetividade” é um momento onde, a partir dos seus próprios conhecimentos, cada participante foi instruído a responder individualmente às perguntas anteriores. A “contribuição da diversidade” é um momento de contribuição externa onde o facilitador da oficina apresenta textos, vídeos, apresentações que devem agregar conhecimento para facilitar/auxiliar na construção das respostas para as perguntas-chave. Na oficina, a “contribuição da diversidade” consistiu na apresentação sobre o enquadramento, a cartilha sobre enquadramento entregue aos participantes e o mapeamento participativo realizado.

Após responderem individualmente as perguntas, os participantes seguiram para o terceiro momento da metodologia, a “construção da intersubjetividade”. Neste momento, cada um dos participantes apresentou ao grupo suas respostas para as perguntas-chave. Vale ressaltar que este não foi um momento de debate ou discussão, mas sim de ouvir com atenção o que cada um dos participantes tinha a dizer sobre as perguntas, reconhecendo e valorizando a visão de cada um.

Após esse momento de escuta dos participantes, seguimos para o momento mais desafiador da metodologia, a “construção do domínio linguístico”. Nesta etapa, o grupo deve dialogar sobre as respostas de cada participante e, a partir do diálogo, construir coletivamente as respostas do grupo para as perguntas. É importante que o resultado final desse processo seja aceito e esteja em consenso entre todos os participantes do grupo. Além disso, cada grupo foi estimulado a construir coletivamente um mapa de enquadramento dos rios da bacia relacionado aos seus sonhos para ela.

Em seguida, os grupos apresentaram os seus resultados a partir das respostas coletivas, e o mapa de enquadramento, “sonho”, para os outros participantes da oficina, que ouviram

atentamente, tiraram dúvidas e fizeram suas considerações e avaliações sobre cada uma das apresentações. Ao final desse processo foi realizada uma avaliação dos resultados de cada grupo, valorizando os pontos comuns, os consensos, as singularidades e as divergências apresentadas.



Figura 9 – “O rio que queremos” na oficina de enquadramento realizada em Palhoça
Elaboração própria (2018)

“O RIO QUE PODEMOS TER”

A última etapa da Oficina, a construção coletiva do “rio que podemos ter”. Nesse momento, os participantes foram convidados para olhar novamente os resultados do “rio que temos” e do “rio que queremos ter”. Isto, buscando entender quais são os desafios, os conflitos, os pontos críticos, as dificuldades, os potenciais e as ações necessárias para a construção do “rio que temos” até o “rio que queremos”. A partir dessas reflexões, os participantes foram motivados a pensar na proposta de enquadramento dos cursos d’água, considerando metas possíveis de serem alcançadas no horizonte do plano.

Para desenvolver a proposta de enquadramento, os grupos receberam mapas em tamanho A3 da bacia com uso do solo, áreas protegidas e classificação atual dos cursos d’água em relação à DBO, onde eles construiriam coletivamente suas propostas de enquadramento para os rios. As propostas criadas pelos grupos foram apresentadas a todos os participantes da oficina que, posteriormente, elaboraram, de forma coletiva e participativa, uma proposta única de enquadramento.



Figura 10 – “O rio que podemos ter” na oficina de enquadramento realizada em Santo Amaro da Imperatriz
Elaboração própria (2018)

APÊNDICE 8 – ARTICULAÇÃO E
COMPATIBILIZAÇÃO DE INTERESSES INTERNOS E
EXTERNOS À BACIA

Articulação e compatibilização de interesses internos e externos à bacia

A fim de buscar a compatibilização de interesses e a minimização de conflitos entre os atores internos e externos à bacia, foram identificados os projetos de grandes empreendimentos que possam afetar direta ou indiretamente os recursos hídricos das bacias em estudo.

Além disso, foram realizadas reuniões com representantes das prefeituras municipais, câmaras de vereadores, secretarias municipais e outros atores estratégicos da bacia, como agricultores, agentes de turismo e entidades de proteção ambiental. Participaram também dessas reuniões representantes das entidades responsáveis pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos municípios. Também foram ouvidas a Federação dos Trabalhadores na Agricultura do Estado de Santa Catarina (FETAESC), a Federação de Pescadores do Estado de Santa Catarina (FEPESC) e a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (Casan).

PACTO POR SANTA CATARINA

O Pacto por Santa Catarina (2018a) é um programa do Governo do Estado de Santa Catarina que apresenta as obras e os investimentos necessários para atender às principais demandas em diversos setores da economia estadual. Na Tabela 1 são apresentadas algumas ações do Pacto por Santa Catarina a serem realizadas nos municípios que fazem parte da bacia hidrográfica e que interferem direta e indiretamente com a temática do Plano.

Ação	Implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário – Garopaba	Sistema de Esgotamento Sanitário – Santo Amaro da Imperatriz	Ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário – São José
Código da Ação	CASAN 024	CASAN 061	CASAN 008
Status	Andamento	Projeto	Andamento
Investimento	R\$ 13.051.765,11	R\$ 5.612.044,31	R\$ 7.690.150,92
Localização	Garopaba	Santo Amaro da Imperatriz	Centro Histórico e Ponta de Baixo – São José
Descrição	Ligações Domiciliares: 2.323 un. Rede Coletora: 35.320 m Estações Elevatórias: 5 un.	Ligações Domiciliares: 746 un. Rede Coletora: 13,8 km Estações Elevatórias: 3 un.	Rede coletora: 14.574 m Emissários Terrestres: 1.974 m Estações Elevatórias: 5 Ligações Domiciliares: 1.265 un.

Tabela 1 – Ações previstas para a área de saneamento e recursos hídricos do Pacto por Santa Catarina nas bacias em estudo

Fonte: Santa Catarina (2018a). Elaboração própria (2018)

ESTUDOS DA CASAN

Através do Ofício CT/D 0601, datado de 29 de maio de 2018, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (Casan) informou que possui estudos de obras estruturais para aproveitamento de recursos hídricos na região da bacia hidrográfica. A execução dessas obras, apresentadas na Tabela 2, depende das conclusões do estudo de concepção do Sistema Integrado de Abastecimento de Florianópolis (SIF).

Ação	Vazão	Ponto de captação	Ponto de distribuição	Áreas beneficiadas
Implantação de captação no Rio Biguaçu	650 l/s	27°29'42,06" S; 48°44'00,93" W	27°29'42,06" S; 48°44'00,93" W (Reservatório Biguaçu)	Biguaçu, São José e Florianópolis
Implantação de barragem de nível para ampliar captação no Rio Cubatão	3.800 l/s	27°41'29,56" S; 48°42'20,33" W	27°41'17,75" S; 48°42'15,81" W (ETA Morro dos Quadros)	Florianópolis, São José, Biguaçu, Santo Amaro da Imperatriz e Palhoça
Implantação de barragem de regularização de vazão no Rio Vargem do Braço	2.000 l/s	27°44'11,40" S; 48°45'22,41" W	27°41'17,75" S; 48°42'15,81" W (ETA Morro dos Quadros)	Florianópolis, São José, Biguaçu, Santo Amaro da Imperatriz e Palhoça

Tabela 2 – Ações previstas pela Casan para a área de saneamento e recursos hídricos

Elaboração própria (2018)

DIÁLOGOS COM REPRESENTANTES DO PODER PÚBLICO MUNICIPAL

Foram realizadas reuniões com representantes das prefeituras e secretarias municipais, além de outros atores essenciais para o diálogo, como as fundações de meio ambiente, companhias de saneamento, representações de classe e representantes do comitê. O intuito dos encontros foi estabelecer uma conexão e sinergia entre os diferentes Planos e Projetos que envolvem cada município, assim como conhecer a situação atual e os planos futuros dos principais setores relacionados aos recursos hídricos, tais como: abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem, atividades agrícolas, criação de animais, indústria, mineração, geração de energia, pesca, atividades turísticas, além de outros pontos específicos de cada local.

Durante o diálogo conduzido pela equipe de mobilização e educomunicação do Plano, foi citada a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas), que trata sobre fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos para a gestão dos recursos hídricos. Ademais, realizou-se uma introdução sobre o que é o Plano, qual seu estado atual e quais serão as próximas etapas, ressaltando a importância dos municípios no processo de elaboração do Plano, os quais devem participar ativamente do processo, contribuindo com informações sobre planos, projetos e empreendimentos relacionados aos recursos hídricos.

Os encontros com representantes dos municípios foram agendados através de ligações telefônicas e contato por *e-mail*. A partir dos diálogos realizados com os representantes do poder público municipal, pode-se destacar os principais pontos abordados, além de apontar ações estratégicas a serem adotadas em cada um dos municípios da bacia.

Na bacia dos rios Cubatão, Madre e bacias contíguas o diálogo foi realizado com representantes dos municípios de Águas Mornas, Garopaba, Palhoça, Paulo Lopes, Santo Amaro da Imperatriz, São José e São Pedro de Alcântara, ou seja, o encontro somente não foi realizado no município de Florianópolis. Cabe destacar que apesar do contato estabelecido com a prefeitura do município de Florianópolis, em especial a Secretaria Municipal do Continente (região do município de Florianópolis que abrange a área do plano) não foi possível agendar uma reunião com a mesma.

Águas Mornas

Em Águas Mornas, foi realizada uma reunião no dia 21 de março de 2018. No evento, estiveram presentes os secretários municipais de administração, agricultura, educação e obras, além de um representante da defesa civil e o engenheiro agrônomo da prefeitura.

Um dos principais assuntos abordados foi a falta de um sistema de coleta e tratamento de esgoto devido, principalmente, a dificuldades na obtenção de recursos financeiros. Outros problemas enfrentados pelo município, segundo os representantes, é o aumento do número de sítios na região, no bairro Canto Sul, e conflitos relacionados ao uso das águas termais. Além desses assuntos, foram apontadas as seguintes ações estratégicas:

- » Fomentar a implantação do esgotamento sanitário descentralizado no município.
- » Fomentar o desenvolvimento de um Programa de Pagamentos por Serviços Ambientais para proteção de nascentes e restauração de mata ciliar.
- » Ampliar o Programa da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) de recolhimento de embalagens e diminuição do uso de agrotóxicos.
- » Estruturar os atrativos turísticos e estimular o ecoturismo e o turismo rural sustentável no município.
- » Fomentar a participação do Comitê de Bacias na elaboração e revisão dos planos diretores, visando minimizar impactos gerados pelos sítios, tais como aumento o uso da água, a poluição nos corpos hídricos, a geração de resíduos, a poluição sonora e o impacto de vizinhança, além da abertura de novas estradas vicinais, que aumentam a quantidade de solo carregada para os rios.

Garopaba

Em Garopaba, foi realizada uma reunião no dia 15 de março de 2018, na qual estiveram presentes representantes das secretarias de infraestrutura, agricultura e pesca, planejamento e saúde. Uma das principais questões discutidas foram as dificuldades de implantação do tratamento de esgoto na região. O município possui um Plano Municipal de Saneamento Básico, porém o projeto de uma rede de coleta e de uma estação para tratamento de esgoto para a região central do município foi paralisado devido a indefinições técnicas relacionadas, principalmente, ao local de lançamento dos efluentes após o tratamento.



Figura 1 – Reunião com representantes da Prefeitura de Garopaba

Elaboração própria (2018)

Os representantes destacaram o Projeto de Revitalização da Lagoa das Capivaras, realizado em 2017, e o crescente interesse da comunidade, que busca a implementação de um Parque Municipal no local.

Os representantes da prefeitura demonstraram interesse no desenvolvimento de um Projeto Municipal de “IPTU Verde”, com redução nas taxas de Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) para imóveis que apresentem projetos com tecnologias amigáveis, como captação e aproveitamento da água da chuva, telhado verde, captação de energia solar e tratamento de esgoto.

A partir da reunião, pode-se destacar as seguintes ações estratégicas:

- » Definir as questões técnicas e implementar a rede de coleta e tratamento de esgoto na região central.
- » Fomentar o tratamento de esgoto descentralizado para as áreas urbanas e rurais não atendidas pelo sistema de esgotamento sanitário.
- » Implementar as ações previstas no Plano Municipal de Saneamento Básico.
- » Realizar o monitoramento da qualidade e quantidade da água subterrânea.
- » Incentivar a criação do Parque Municipal e a despoluição da Lagoa das Capivaras.
- » Fomentar a criação do “IPTU Verde” no município.

Palhoça

No município de Palhoça, a reunião foi realizada no dia 16 de março de 2018 e contou com a participação da prefeitura municipal, da Fundação Cambirela de Meio Ambiente (FCAM) e do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (Samae).



Figura 2 – Reunião com representantes da Prefeitura de Palhoça

Elaboração própria (2018)

Sobre o abastecimento de água, foi destacado que Palhoça possui três sistemas de abastecimento em operação: o Sistema Central, que abastece a região entre os rios Maruim e Cubatão; o “Sistema de Ponteiras”, que abastece a região da Pinheira e da Guarda do Embaú, com 19 ponteiras que abastecem cerca de 20 mil economias, e o “Sistema da Praia de Fora” com captação no Rio Cambirela, atendendo a aproximadamente 3 mil economias.

O Samae tem uma obra em andamento que irá substituir o “Sistema de Ponteiras” na região da Pinheira. Esse projeto prevê a captação de água no Rio Cachoeira Sul, localizado no município de Paulo Lopes, com posterior tratamento e distribuição da água para a população de Palhoça. As obras já estão em andamento e, segundo os representantes do Samae, o empreendimento já possui a outorga preventiva. Entretanto, algumas pessoas da comunidade contestam o processo de licenciamento da obra devido à falta de participação da comunidade no processo de tomada de decisão.

A cidade ainda não possui um sistema de esgotamento sanitário centralizado, por isso atualmente o tratamento é feito de forma individualizada. Contudo, já existe um projeto de coleta e tratamento de esgoto para a região central do município. Além disso, já estão sendo planejadas possíveis soluções para o saneamento na região da Pinheira, considerando a possibilidade de implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) com emissário na Praia do Sonho, porém a comunidade apresenta resistência à implementação desta e de outras propostas para o saneamento centralizado com lançamento da ETE nos rios, lagoas ou no mar. A comunidade local manifestou o interesse por outras alternativas para o esgotamento sanitário na região, como tratamento individual descentralizado ou pequenas estações de tratamento de esgoto.

Como ações estratégicas, podemos destacar:

- » Finalizar e executar o projeto de esgotamento sanitário para a região central.
- » Construir, de forma participativa, a solução para o esgotamento sanitário da região da Pinheira.

Paulo Lopes

No dia 15 de março de 2018, foi realizada uma reunião em Paulo Lopes com a participação do prefeito do município e da secretária executiva do Comitê Cubatão.



Figura 3 – Reunião com representantes da Prefeitura de Paulo Lopes

Elaboração própria (2018)

O município possui 59% da sua área inserida no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (Paest), além de compreender outras áreas legalmente protegidas, como as Áreas de Proteção Ambiental (APA) e as Áreas de Preservação Permanente (APP). A ocupação urbana representa cerca de 20% da área total do município. Um ponto destacado na reunião foi a falta de indenização para as propriedades com áreas sobrepostas pelo Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (Paest).

Outro conflito apontado é a obra de captação para o Samae de Palhoça, que ocorre no Rio Cachoeira Sul, em Paulo Lopes, onde a comunidade contesta o processo de licenciamento, a falta de estudos e condicionantes ambientais, além da falta de participação no processo de tomada de decisão.

Em resposta a uma Ação Civil Pública que abrange as questões de rizicultura, saneamento e zoneamento na região, foi criada uma Comissão de Meio Ambiente composta por diversos atores e que deverá apresentar um Plano de metas e ações para o setor de rizicultura e para o esgotamento sanitário na região.

O município não possui rede de coleta e tratamento de esgoto, o esgotamento sanitário é realizado de forma individualizada. Além disso, os participantes destacaram que o maior problema de lançamento de efluentes de forma irregular acontece na Guarda do Embaú.

Como ações estratégicas, os representantes da prefeitura destacaram:

- » Incentivar a criação do ICMS Ecológico.
- » Fomentar o Pagamento por Serviços Ambientais e o Ecoturismo na região.
- » Buscar criar sinergias entre as propostas do PRH com o Plano de ações e metas para rizicultura, esgotamento sanitário e zoneamento do município.
- » Buscar resolver as questões fundiárias em relação as áreas sobrepostas com o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

Santo Amaro da Imperatriz

A reunião com a prefeitura de Santo Amaro da Imperatriz ocorreu no dia 12 de março de 2018, com a participação do secretário e diretor de Meio Ambiente do município, além de representante da Secretaria de Educação, da câmara de vereadores, do engenheiro do município e da Epagri.



Figura 4 – Reunião com representantes da Prefeitura de Santo Amaro da Imperatriz
Elaboração própria (2018)

Um dos conflitos relatados no encontro ocorre entre a população e a Casan acerca da cobrança de taxa relativa aos serviços de esgotamento sanitário no município, devido à amplitude e à qualidade dos serviços prestados. O município ainda não possui Plano de Saneamento Básico, entretanto, o Plano Diretor Municipal está em fase de elaboração.

Outro conflito citado foi a existência de loteamentos irregulares e ocupações desordenadas em áreas sujeitas a inundação e alagamentos. Além disso, existem anteprojetos de implementação de pelo menos seis pequenas centrais hidrelétricas (PCH) na bacia, mas há um forte movimento da sociedade civil para que elas não sejam implantadas.

Como ações estratégicas importantes para serem implementadas na bacia, citam-se:

- » Fomentar a educação ambiental para sensibilização e conscientização da comunidade, principalmente dos jovens, para o cuidado com a água.
- » Produzir e divulgar materiais técnicos e pedagógicos sobre a bacia e o Comitê.
- » Promover a sinergia entre o Plano de Recursos Hídricos Cubatão-Madre e os diferentes Planos que envolvem o município (Plano Diretor Municipal, Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e Plano Municipal de Saneamento).
- » Implementar o Projeto da rede de coleta e tratamento de esgoto previsto.

São José

A reunião realizada em São José no dia 2 de abril de 2018 contou com a participação da prefeita do município e dos representantes da Fundação Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e das secretarias de Desenvolvimento Econômico e Infraestrutura.



Figura 5 – Reunião com representantes da Prefeitura de São José
Elaboração própria (2018)

Um dos conflitos apontados na reunião foi o crescimento do número de loteamentos, alguns deles irregulares, especialmente na região de Forquilha e no entorno da obra do Contorno Viário de Florianópolis. Outro ponto relatado foi a falta de comunicação com o município nos processos de licenciamento ambiental e concessão de outorgas de água conduzidos em nível estadual, o que gera alguns conflitos.

Pode-se destacar que o município de São José está prestes a sancionar uma lei municipal que obriga qualquer edificação acima de 200 m² a ter projeto de captação de água da chuva.

Como ações estratégicas, foram citadas:

- » Implementar uma política ambiental municipal que defina condicionantes ambientais, tecnologias e estruturas mínimas necessárias para implantação de loteamentos e condomínios.
- » Fomentar a comunicação e a integração entre o estado e o município nos processos de licenciamento e concessão de outorgas de água para grandes empreendimentos.

São Pedro de Alcântara

Em São Pedro de Alcântara, a reunião ocorreu no dia 22 de março de 2018, com a participação de representantes da prefeitura e da Vigilância Sanitária municipal.



Figura 6 – Reunião com representantes da Prefeitura de São Pedro de Alcântara
Elaboração própria (2018)

O principal ponto do diálogo foi o abastecimento de água no município, que ainda funciona através das associações comunitárias, contrariando recomendação feita pelo Ministério Público Federal através de um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) para o município. Entretanto, a população se mostra receosa quanto à ideia de a gestão da água ser feita pelas concessionárias e deseja que os serviços de água sejam municipalizados, porém o município não tem recursos financeiros para implementar todas as condicionantes do TAC.

O sistema de tratamento de esgotos do município é descentralizado, baseado no modelo de fossa, filtro e sumidouro, exigido pela prefeitura desde 2011. Ademais, é exigido que todas as novas residências possuam o “habite-se” sanitário. A prefeitura também tem fiscalizado a preservação de APPs do município. Além disso, existe um projeto de implantação de uma PCH para geração de energia elétrica, o qual já foi aprovado pelos conselhos municipais.

Como ações estratégicas, foi apontado:

- » Promover o diálogo e a busca de soluções adequadas para a questão do abastecimento de água municipal.
- » Estimular a implantação e adequação dos sistemas de esgotamento sanitário.
- » Fomentar o Pagamento por Serviços Ambientais para a proteção de nascentes e recuperação de mata ciliar e dar continuidade na fiscalização das APPs.

DIÁLOGOS COM ENTIDADES DE CLASSE

Federação dos Trabalhadores na Agricultura do Estado de Santa Catarina (FETAESC)

No dia 28 de março de 2018, foi realizada uma reunião com a FETAESC e representantes dos sindicatos de trabalhadores rurais dos municípios da bacia, em que foram abordados os assuntos tratados em seguida.

Os agricultores estão muito preocupados com a discussão acerca da possível implementação do instrumento de Cobrança pelo uso da água no futuro, e isso faz com que outras discussões importantes, como o instrumento de Enquadramento dos corpos hídricos por classes de uso, não tenham sua importância reconhecida e não recebam a devida atenção.

Os recursos obtidos através do instrumento de Cobrança pelo uso da água podem ser revertidos para projetos de recuperação de mata ciliar, proteção de nascentes e de Pagamento por Serviços Ambientais para proprietários que preservam suas nascentes e suas Áreas de Preservação Permanente (APPs), aumentando a quantidade e a qualidade de água disponível para irrigação e outros usos difusos da água e protegendo os rios.

A cobrança pode ser implementada na bacia apenas para os grandes usuários (usuários que necessitam de outorga), mas existe a preocupação de que futuras manobras políticas alterem esse cenário, e a cobrança passe a ser exigida também dos pequenos e médios agricultores.

Os agricultores têm ciência dos danos gerados pelos agrotóxicos ao meio ambiente, mas não entendem o quão prejudicial os agrotóxicos podem ser para a vida nos ecossistemas e para a sua própria saúde

Federação de Pescadores do Estado de Santa Catarina (FEPESC)

No dia 27 de março de 2018, a equipe de elaboração do Plano se reuniu com representantes da FEPESC e das colônias de pescadores Z25, Z23 e Z11. Na ocasião, os representantes expressaram preocupação com falta de incentivos por parte do Ministério da Agricultura e o excesso de burocracia para regularização da atividade de pesca e para assinatura das carteiras de trabalho dos pescadores.

Segundo os participantes da reunião, o turismo e a pesca, em especial a produção de moluscos, estão entre as principais atividades econômicas do estado e são diretamente impactadas pela poluição dos rios e das praias, causada principalmente pela falta de saneamento básico. Os participantes informaram que a lagoa de Paulo Lopes apresenta altos índices de poluição.

Entre as principais ameaças para o setor, foram identificadas a contaminação por agrotóxicos, a falta de saneamento básico, a pesca industrial do atum, a implantação das PCHs e as atividades de mineração.

Existe um projeto para que os pescadores artesanais passem a produzirem isca viva em cativeiro para fornecer para os barcos atuneiros, mas a Federação acredita não ser

interessante para os pescadores devido ao pouco retorno financeiro, além de estimular esse modelo de pesca agressiva para os estoques pesqueiros.

LISTA DE SIGLAS

ACARPESC	Associação de Crédito e Assistência Pesqueira de Santa Catarina
AD	Área de Drenagem
AEA	Agência Europeia do Ambiente
ANA	Agência Nacional de Águas
ANM	Agência Nacional de Mineração
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
CAR	Cadastro Ambiental Rural
Casan	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CEIA	Centro de Educação Infantil Ambiental
CEURH	Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
Cidasc	Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina
CNAPO	Comissão Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica
CNM	Confederação Nacional de Municípios
Conama	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONASA	Companhia Nacional de Saneamento - Águas de Itapema
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DGA	Diversas Garantias de Atendimento
DRHI/SDS	Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável
EEE	Estação Elevatórias de Esgoto
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Epagri	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
ETEI	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais
ETP	Evapotranspiração potencial
ETR	Evapotranspiração real

FAACI	Fundação Ambiental Área Costeira de Itapema
Fapesc	Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina
Fatma	Fundação do Meio Ambiente
FCAM	Fundação Cambirela de Meio Ambiente
FEMSA	Fomento Econômico Mexicano
FEPESC	Federação de Pescadores do Estado de Santa Catarina
FETAESC	Federação dos Trabalhadores na Agricultura do Estado de Santa Catarina
FIESC	Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
Funai	Fundação Nacional do Índio
Funasa	Fundação Nacional de Saúde
GAP	Grupo de Acompanhamento do Plano
IACT	Índice de Atendimento de Captação Total
IAD	Índice de Atendimento de Diluição
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICOD	Índice de Criticidade para Outorga de Diluição
IDR	Índice de Disponibilidade Remanescente
IMA	Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
LMM	Laboratório de Moluscos Marinhos
MPF	Ministério Público Federal
MQO	Mínimo Quadrado Ordinário
Paest	Parque Estadual da Serra do Tabuleiro
PCH	Pequena central hidrelétrica
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PERH-ES	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo
PERH-PE	Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco
PIB	Produto Interno Bruto
PLDM	Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMISB	Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNA	Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
POSH	<i>Pollutant Origin; Surcharge Hydraulically</i>
PPA	Plano Plurianual
PPP	Perímetros de proteção de poços
PRH	Plano de Recursos Hídricos
PROCOMITÊS	Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas
PRODES	Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas
PRONARA	Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
QMLT	Vazão média de longo termo
ReCESA	Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
RIMAS	Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SADPLAN	Sistema de Apoio a Decisão e Planejamento
Samae	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto
Santur	Santa Catarina Turismo S.A.
SDS	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina
Sebrae	Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Santa Catarina
SEMAIS	Secretaria de Agricultura e do Serviço Municipal de Água, Infraestrutura e Saneamento Básico
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIF	Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande Florianópolis
SIF	Sistema Integrado de Abastecimento de Florianópolis
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISAM	Serviço de Infraestrutura, Saneamento e Abastecimento de Água Municipal
SPU	Secretaria do Patrimônio da União
SRTM	<i>Shuttle Radar Topograph</i>

SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
TAC	Termo de Ajuste de Conduta
TI	Terras Indígenas
UC	Unidade de Conservação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UG	Unidade de Gestão

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Unidades de Gestão definidas para as Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas.....	7
Figura 2 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para o abastecimento urbano	15
Figura 3 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para o abastecimento rural	16
Figura 4 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para o abastecimento flutuante.....	17
Figura 5 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para a atividade de aquicultura	17
Figura 6 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para a atividade de criação animal.....	18
Figura 7 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para a atividade de irrigação	19
Figura 8 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para o uso industrial.....	19
Figura 9 – Série histórica da demanda hídrica mensal de retirada para a atividade de mineração	20
Figura 10 – Demanda hídrica total ($m^3.mês^{-1}$) na UG Maruim para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	50
Figura 11 – Demanda hídrica total ($m^3.mês^{-1}$) na UG Cubatão para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	50
Figura 12 – Demanda hídrica total ($m^3.mês^{-1}$) na UG Foz do Cubatão para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados.....	51
Figura 13 – Demanda hídrica total ($m^3.mês^{-1}$) na UG Vargem do Braço para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados.....	51
Figura 14 – Demanda hídrica total ($m^3.mês^{-1}$) na UG Massiambu para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados.....	52
Figura 15 – Demanda hídrica total ($m^3.mês^{-1}$) na UG Cachoeiras para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados.....	52
Figura 16 – Demanda hídrica total ($m^3.mês^{-1}$) na UG Madre para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	53
Figura 17 – Demanda hídrica total ($m^3.mês^{-1}$) na UG Siriú para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	53
Figura 18 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Maruim para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	65
Figura 19 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Cubatão para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	66

Figura 20 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Foz do Cubatão para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	66
Figura 21 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Vargem do Braço para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	67
Figura 22 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Massiambu para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	67
Figura 23 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Cachoeiras para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	68
Figura 24 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Madre para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	68
Figura 25 – Carga total de $DBO_{5,20}$ na UG Siriú para os cenários em estudo e os horizontes de projeto considerados	69
Figura 26 – Ottobacias nível zero e as interbacias federais de linha de costa estabelecidas para as Bacias dos Rios Cubatão e Bacias Contíguas e Madre e Bacias Contíguas	80
Figura 27 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário atual e para a vazão de referência Q98.....	89
Figura 28 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário tendencial, no horizonte 2023 e para a vazão de referência Q98	95
Figura 29 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário tendencial, no horizonte 2027 e para a vazão de referência Q98	96
Figura 30 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário tendencial, no horizonte 2031 e para a vazão de referência Q98	97
Figura 31 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário moderado, no horizonte 2023 e para a vazão de referência Q98	101
Figura 32 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário moderado, no horizonte 2027 e para a vazão de referência Q98	102
Figura 33 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário moderado, no horizonte 2031 e para a vazão de referência Q98	103
Figura 34 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário otimista, no horizonte 2023 e para a vazão de referência Q98.....	107
Figura 35 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário otimista, no horizonte 2027 e para a vazão de referência Q98.....	108
Figura 36 – IACT por trecho hídrico das bacias em estudo para o cenário otimista, no horizonte 2031 e para a vazão de referência Q98.....	109
Figura 37 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário atual	112

Figura 38 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário tendencial, no horizonte de 2023.....	114
Figura 39 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário tendencial, no horizonte de 2027.....	115
Figura 40 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário tendencial, no horizonte de 2031.....	116
Figura 41 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário moderado, no horizonte de 2023.....	118
Figura 42 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário moderado, no horizonte de 2027.....	119
Figura 43 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário moderado, no horizonte de 2031.....	120
Figura 44 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário otimista, no horizonte de 2023.....	122
Figura 45 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário otimista, no horizonte de 2027.....	123
Figura 46 – Índice de Atendimento de Diluição (IAD) por trecho hídrico das bacias em estudo para a vazão de referência Q98 no cenário otimista, no horizonte de 2031.....	124
Figura 47 – Metodologia para a elaboração do mapa potencial de infiltração em águas subterrâneas	138
Figura 48 – Mapa do potencial de retenção de água nos solos.....	139
Figura 49 – Mapa de declividade	140
Figura 50 – Mapa de potencialidade e favorabilidade à exploração de águas subterrâneas...	141
Figura 51 – Mapa do potencial de infiltração de água no subsolo	142
Figura 52 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Maruim para o cenário atual e vazão de referência Q98	158
Figura 53 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Cubatão para o cenário atual e vazão de referência Q98.....	159
Figura 54 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Foz do Cubatão para o cenário atual e vazão de referência Q98.....	160
Figura 55 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Vargem do Braço para o cenário atual e vazão de referência Q98	161
Figura 56 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Massiambu para o cenário atual e vazão de referência Q98.....	162
Figura 57 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Cachoeiras para o cenário atual e vazão de referência Q98.....	163

Figura 58 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Madre para o cenário atual e vazão de referência Q98	164
Figura 59 – Sobreposição das bases de dados para identificação das áreas críticas na UG Siriú para o cenário atual e vazão de referência Q98	165
Figura 60 – Resultado da identificação das áreas críticas para expansão de atividades demandadoras de água superficial nas bacias em estudo.....	166
Figura 61 - Matriz de determinação do perigo à contaminação.....	168
Figura 62 – Identificação de áreas críticas para expansão das atividades demandadoras de águas subterrâneas pela análise qualitativa	169
Figura 63 – Identificação de áreas críticas para expansão das atividades demandadoras de águas subterrâneas pela análise quantitativa.....	169
Figura 64 – Proposta final do enquadramento dos cursos d’água das Bacias dos Rios Cubatão, Madre e Bacias Contíguas	176

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de proporção de distribuição das demandas hídricas municipais em Unidades de Gestão	14
Tabela 2 – Variáveis e critérios de desagregação empregados na construção do cenário tendencial.....	22
Tabela 3 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para o abastecimento urbano	23
Tabela 4 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para o abastecimento rural.....	23
Tabela 5 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para o abastecimento flutuante.....	24
Tabela 6 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para o uso industrial	25
Tabela 7 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para a mineração	25
Tabela 8 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para a aquicultura	26
Tabela 9 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para a criação animal.....	26
Tabela 10 – Coeficientes da equação de estimativa de crescimento para a irrigação	27
Tabela 11 – Taxa de crescimento médio anual do cenário tendencial estimada por UG e uso d’água.....	29
Tabela 12 – Demanda hídrica de retirada da UG Maruim para os três horizontes temporais no cenário tendencial.....	31

Tabela 13 – Demanda hídrica de retirada da UG Cubatão para os três horizontes temporais no cenário tendencial.....	31
Tabela 14 – Demanda hídrica de retirada da UG Foz do Cubatão para os três horizontes temporais no cenário tendencial	32
Tabela 15 – Demanda hídrica de retirada da UG Vargem do Braço para os três horizontes temporais no cenário tendencial	32
Tabela 16 – Demanda hídrica de retirada da UG Massiambu para os três horizontes temporais no cenário tendencial.....	33
Tabela 17 – Demanda hídrica de retirada da UG Cachoeiras para os três horizontes temporais no cenário tendencial.....	33
Tabela 18 – Demanda hídrica de retirada da UG Madre para os três horizontes temporais no cenário tendencial.....	34
Tabela 19 – Demanda hídrica de retirada da UG Siriú para os três horizontes temporais no cenário tendencial.....	34
Tabela 20 – Redução do índice de perdas para o uso de abastecimento urbano por UG e por horizonte temporal para o cenário com redução de demandas otimista	36
Tabela 21 – Evolução da taxa de crescimento da demanda hídrica para irrigação para o cenário com redução de demandas otimista.....	36
Tabela 22 – Evolução da taxa de crescimento da demanda hídrica para os demais usos da água para o cenário com redução de demandas otimista.....	37
Tabela 23 – Redução do índice de perdas para o uso de abastecimento urbano por UG e por horizonte temporal para o cenário com redução de demandas moderada.....	38
Tabela 24 – Evolução da taxa de crescimento da demanda hídrica para irrigação para o cenário com redução de demandas moderada	38
Tabela 25 – Evolução da taxa de crescimento da demanda hídrica para os demais usos da água para o cenário com redução de demandas moderada	39
Tabela 26 – Taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica do cenário com redução de demandas otimista estimada por UG e atividade.....	41
Tabela 27 – Taxa de crescimento médio anual da demanda hídrica do cenário com redução de demandas moderada estimada por UG e atividade	44
Tabela 28 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Maruim por horizonte temporal e por cenário alternativo	45
Tabela 29 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Cubatão por horizonte temporal e por cenário alternativo	46
Tabela 30 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Foz do Cubatão por horizonte temporal e por cenário alternativo	46

Tabela 31 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Vargem do Braço por horizonte temporal e por cenário alternativo	47
Tabela 32 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Massiambu por horizonte temporal e por cenário alternativo	47
Tabela 33 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Cachoeiras por horizonte temporal e por cenário alternativo	48
Tabela 34 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Madre por horizonte temporal e por cenário alternativo	48
Tabela 35 – Demanda hídrica ($m^3.mês^{-1}$) na UG Siriú por horizonte temporal e por cenário alternativo	49
Tabela 36 – Coeficientes de produção de $DBO_{5,20}$ por espécie animal	56
Tabela 37 – Áreas (ha) por UG e por tipo de uso do solo para o cálculo da poluição agrícola e difusa	57
Tabela 38 – Coeficientes de estimativa de carga de DBO (kg/ha.dia) e taxas de remoção para cada tipologia de uso do solo	58
Tabela 39 – Carga de $DBO_{5,20}$ por UG para criação animal	60
Tabela 40 – Carga de $DBO_{5,20}$ por UG, horizonte e cenário para esgotamento sanitário	62
Tabela 41 – Carga de $DBO_{5,20}$ por UG para uso agrícola e poluição difusa	64
Tabela 42 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário atual	70
Tabela 43 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário de curto prazo – 2016-2023	72
Tabela 44 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário de médio prazo – 2023-2027	73
Tabela 45 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário de longo prazo – 2027-2031	74
Tabela 46 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário otimista de curto prazo – 2016-2023.....	75
Tabela 47 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário otimista de médio prazo – 2023-2027	76
Tabela 48 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário otimista de longo prazo – 2027-2031.....	76
Tabela 49 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário moderado de curto prazo – 2016-2023	77
Tabela 50 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário moderado de médio prazo – 2023-2027	77

Tabela 51 – Cargas orgânicas lançadas em águas subterrâneas para o cenário moderado de longo prazo – 2027-2031.....	78
Tabela 52 – Coeficientes de vazão utilizados (vazão específica de contribuição – m ³ /s/km ²) para determinação das vazões nas ottobacias da área de estudo.....	83
Tabela 53 – Classes de valores atribuídas ao IACT.....	86
Tabela 54 – Número de ottobacias por classe IACT e UG para a Q98 e cenário atual	88
Tabela 55 – Número de ottobacias por classe IACT e UG para a Q95 e cenário atual.....	88
Tabela 56 – Número de ottobacias por classe IACT e UG para a Q90 e cenário atual.....	88
Tabela 57 – Número de ottobacias por classe IACT e UG para a QMLT e cenário atual.....	88
Tabela 58 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2023 no cenário tendencial.....	93
Tabela 59 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2027 no cenário tendencial.....	93
Tabela 60 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2031 no cenário tendencial.....	94
Tabela 61 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2023 no cenário moderado.....	99
Tabela 62 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2027 no cenário moderado.....	99
Tabela 63 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2031 no cenário moderado.....	100
Tabela 64 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2023 no cenário otimista	105
Tabela 65 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2027 no cenário otimista	105
Tabela 66 – Número de ottobacias por classe IACT, UG e vazão de referência para o ano de 2031 no cenário otimista	106
Tabela 67 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário atual.....	111
Tabela 68 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário tendencial, no horizonte de 2023	114
Tabela 69 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário tendencial, no horizonte de 2027	115
Tabela 70 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário tendencial, no horizonte de 2031	116

Tabela 71 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário moderado, no horizonte de 2023	118
Tabela 72 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1, no cenário moderado, no horizonte de 2027	119
Tabela 73 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário moderado, no horizonte de 2031	120
Tabela 74 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário otimista, no horizonte de 2023	122
Tabela 75 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário otimista, no horizonte de 2027	123
Tabela 76 – Número de ottobacias por UG e por vazão de referência com IAD > 1 no cenário otimista, no horizonte de 2031	124
Tabela 77 - Porcentagem de ottobacias classificadas como "Adequado" no balanço hídrico qualitativo	126
Tabela 78 - Porcentagem de ottobacias classificadas como "Atendido" no balanço hídrico qualiquantitativo	126
Tabela 79 – Disponibilidade hídrica instalada dos poços cadastrados no SIAGAS por UG	131
Tabela 80 – Disponibilidade hídrica instalável dos poços cadastrados no SIAGAS por UG	132
Tabela 81 – Disponibilidade hídrica total dos poços cadastrados no SIAGAS por UG	132
Tabela 82 – Demanda hídrica subterrânea por UG e por uso consuntivo em m ³ /mês	134
Tabela 83 – Faixas de classificação da situação hídrica	134
Tabela 84 – Confronto preliminar de águas subterrâneas.....	135
Tabela 85 – Fator de correção em função da latitude e o mês do ano	137
Tabela 86 – Vazão média de longo termo (QMLT).....	138
Tabela 87 – Vazão média de longo termo (QMLT).....	138
Tabela 88 – Disponibilidade hídrica subterrânea – taxa de infiltração.....	142
Tabela 89 – Valores de demanda hídrica para o cenário atual computados, quando não especificado, em m ³ /mês.....	144
Tabela 90 – Valores de demanda hídrica para o cenário de curto prazo computados, quando não especificado, em m ³ /mês.....	144
Tabela 91 – Valores de demanda hídrica para o cenário de médio prazo computados, quando não especificado, em m ³ /mês.....	145
Tabela 92 – Valores de demanda hídrica para o cenário de longo prazo computados, quando não especificado, em m ³ /mês.....	145
Tabela 93 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário atual.....	146

Tabela 94 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário de curto prazo (2016-2023)	147
Tabela 95 – Balanço hídrico de águas	148
Tabela 96 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário de longo prazo (2027-2031)	148
Tabela 97 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário otimista de curto prazo (2016-2023)	149
Tabela 98 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário otimista de médio prazo (2023-2027)	149
Tabela 99 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário otimista de longo prazo (2027-2031)	150
Tabela 100 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário moderado de curto prazo (2016-2023)	150
Tabela 101 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário moderado de médio prazo (2023-2027)	150
Tabela 102 – Balanço hídrico de águas subterrâneas para o cenário moderado de longo prazo (2027-2031)	151
Tabela 103 – Índices de classificação para o balanço hídrico quantitativo	154
Tabela 104 – Número de ottobacias por classe IDR e Unidade de Gestão para a Q98	155
Tabela 105 – Número de ottobacias por classe IDR e Unidade de Gestão para a Q95	156
Tabela 106 – Número de ottobacias por classe IDR e Unidade de Gestão para a Q90	156
Tabela 107 – Número de ottobacias por classe IDR e Unidade de Gestão para a QMLT	156
Tabela 108 – Número de ottobacias por Unidade de Gestão e por vazão de referência em situação restritiva	157
Tabela 109 – Extensões dos trechos de rio por classe de enquadramento	175
Tabela 110 – Extensões dos trechos de rio por classe de enquadramento em cada UG das bacias em estudo	177
Tabela 111 – Resumo de ações para o setor de saneamento básico	182
Tabela 112 – Resumo das ações para a agricultura e irrigação	188
Tabela 113 – Resumo das ações para a criação animal	192
Tabela 114 – Resumo das ações para a pesca e aquicultura	193
Tabela 115 – Resumo das ações estratégicas para o setor industrial	195
Tabela 116 – Resumo das ações para a mineração	197
Tabela 117 – Resumo das ações do transporte hidroviário e navegação	199
Tabela 118 – Resumo das ações para o turismo e lazer	199

Tabela 119 – Resumo das ações para a conservação de mananciais e manutenção de ecossistemas. 200

Tabela 120 – Resumo das ações para gestão dos recursos hídricos..... 203

