



PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMBORIÚ E BACIAS CONTÍGUAS

ETAPA C: DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS
RECURSOS HÍDRICOS DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO
PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CAMBORIÚ E BACIAS CONTÍGUAS

Preparado para:



(Junho/2017)

IDENTIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO DO RELATÓRIO

Código do Documento:	PBHC-ETAPA_C-Cenario-Atual-CERTI-CEV-2017_final
Título do Relatório	Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos da Área de Abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Bacias Contíguas
Aprovação Inicial por:	
Data de aprovação inicial:	

Controle de Revisões				
Revisão n°	Natureza	Aprovação		
		Data	Nome	Rubrica
0	Minuta	18/11/2016		
1	Relatório Final	10/04/2017		
2	Relatório Final	08/05/2017		
3	Relatório Final	09/06/2017		

DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMBORIÚ E BACIAS CONTÍGUAS

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO	1
2.	DIAGNÓSTICO DA REDE DE MONITORAMENTO	1
2.1.	Rede de Monitoramento pluviométrico	1
2.2.	Rede de Monitoramento fluviométrico e de qualidade da água	4
2.3.	Considerações gerais sobre as redes de monitoramento existentes	6
3.	DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	7
3.1.	Análise Quantitativa dos Recursos Hídricos.....	8
3.1.1.	Águas superficiais	8
3.1.2.	Águas subterrâneas	11
3.2.	Análise Qualitativa dos Recursos Hídricos	13
3.2.1.	Águas superficiais	13
3.2.2.	Águas subterrâneas	26
4.	USOS DA ÁGUA.....	27
4.1.	Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH).....	28
4.1.1.	Cadastros aprovados	28
4.1.2.	Cadastros reprovados	30
4.1.3.	Cadastros não avaliados	32
4.1.4.	Considerações gerais sobre o CEURH na área de abrangência do Plano	34
4.2.	Estimativas das Demandas	37
4.2.1.	Aquicultura.....	37
4.2.2.	Mineração.....	38
4.2.3.	Abastecimento humano urbano.....	39
4.2.4.	Abastecimento população flutuante.....	40
4.2.5.	Abastecimento humano rural.....	41
4.2.6.	Criação animal.....	42
4.2.7.	Uso industrial.....	43
4.2.8.	Irrigação.....	44

4.2.9.	Compilação das estimativas e análise espaço-temporal	46
4.3.	Comparação entre as demandas cadastradas e estimadas.....	51
5.	BALANÇO HÍDRICO QUALI-QUANTITATIVO	53
5.1.	Superficial.....	53
5.2.	Subterrâneo.....	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

CENÁRIO HÍDRICO ATUAL

1. APRESENTAÇÃO

Neste volume é apresentado o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos na área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas, sendo abordados aspectos sobre o atual monitoramento de recursos hídricos na bacia, a quantidade e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, as demandas consuntivas e não consuntivas dos recursos hídricos, e o balanço entre a disponibilidades e as demandas.

Nos capítulos que seguem são apresentados os resultados do diagnóstico das redes de monitoramento existentes (capítulo 2), da avaliação da disponibilidade hídrica (capítulo 3), das demandas hídricas (capítulo 4) e do balanço hídrico (capítulo 5) na área de abrangência do plano.

2. DIAGNÓSTICO DA REDE DE MONITORAMENTO

Uma rede de monitoramento, com estações pluviométricas, fluviométricas e de qualidade de água, com dados sobre cotas, precipitações, vazões, evaporação, perfil do rio, qualidade da água e sedimentos é uma importante ferramenta para a sociedade, pois os dados coletados pelas estações de monitoramento são utilizados para produzir estudos, definir políticas públicas e avaliar a disponibilidade hídrica de uma região (ANA, 2016). Por meio dessas informações é possível monitorar eventos críticos, como cheias e estiagens, obter informações para a execução de projetos, conhecer o potencial energético, de navegação ou de lazer, levantar as condições dos corpos d'água para atender a projetos de irrigação ou de abastecimento público, entre outros (ANA, 2016).

2.1. Rede de Monitoramento pluviométrico

De acordo com as informações disponibilizadas no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (Hidroweb/ANA, 2016) e no Sistema de Monitoramento *On-Line* do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina da Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural (CIRAM/EPAGRI, 2016), existem 13 estações pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, incluindo todos os tipos de estações (i.e.,

convencionais e telemétricas) e seu *status* de operação (i.e., ativas e inativas) (ANA/Hidroweb, 2016; EPAGRI/CIRAM, 2016a)¹.

Do total de 13 estações verificadas na área de abrangência do Plano, 2 encontram-se desativadas atualmente e 11 estações estão ativas. Do total de estações ativas, 7 estão localizadas na área urbana e 4 na área rural. Todas as estações ativas são aptas a enviar dados por telemetria.

A Tabela 2.1 apresenta um resumo das estações pluviométricas existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas.

Tabela 2.1. Resumo das estações pluviométricas existentes dentro da área de abrangência do Plano.

ID / Nome	Responsável	Operador	Município	Tipo	Status de operação
1 / Camboriú	INMET	INMET	Camboriú	Convencional	Desativada
2 / ETA CASAN	CASAN	EPAGRI	Camboriú	Convencional	Desativada
3 / Monte Alegre	CEMADEN	CEMADEN	Camboriú	Convencional / Telemétrica ¹	Ativa
4 / Macacos	CEMADEN	CEMADEN	Camboriú	Convencional / Telemétrica ¹	Ativa
5 / Rio Pequeno	CEMADEN	CEMADEN	Camboriú	Convencional / Telemétrica ¹	Ativa
6 / Barra	CEMADEN	CEMADEN	Balneário Camboriú	Convencional / Telemétrica ¹	Ativa
7 / Nações	CEMADEN	CEMADEN	Balneário Camboriú	Convencional / Telemétrica ¹	Ativa
8 / Praia Brava	CEMADEN	CEMADEN	Itajaí	Convencional / Telemétrica ¹	Ativa
9 / EMASA - Captação	EMASA	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica ¹	Ativa
10 / Rio Pequeno	EPAGRI/CIRAM	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica ¹	Ativa
11 / Rio do Braço	EPAGRI/CIRAM	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica ¹	Ativa
12 / Rio Canoas	EPAGRI/CIRAM	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica ¹	Ativa
13 / Louro	EPAGRI/CIRAM	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica ¹	Ativa

Elaboração própria. ¹ Aptas a coleta dados de chuva diária e horária.

¹ Todas as consultas realizadas nos sistemas Hidroweb/ANA e de monitoramento *On-Line* do CIRAM/EPAGRI foram realizadas em novembro de 2016.

Com relação aos responsáveis pelas estações pluviométricas, aos quais cabe a implantação e manutenção das estações, atualmente existem 3 diferentes entidades responsáveis, sendo o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) responsável por 5 estações, a EPAGRI/CIRAM responsável por 4 estações, e a Empresa Municipal de Água e Saneamento de Balneário Camboriú (EMASA) responsável por uma estação.

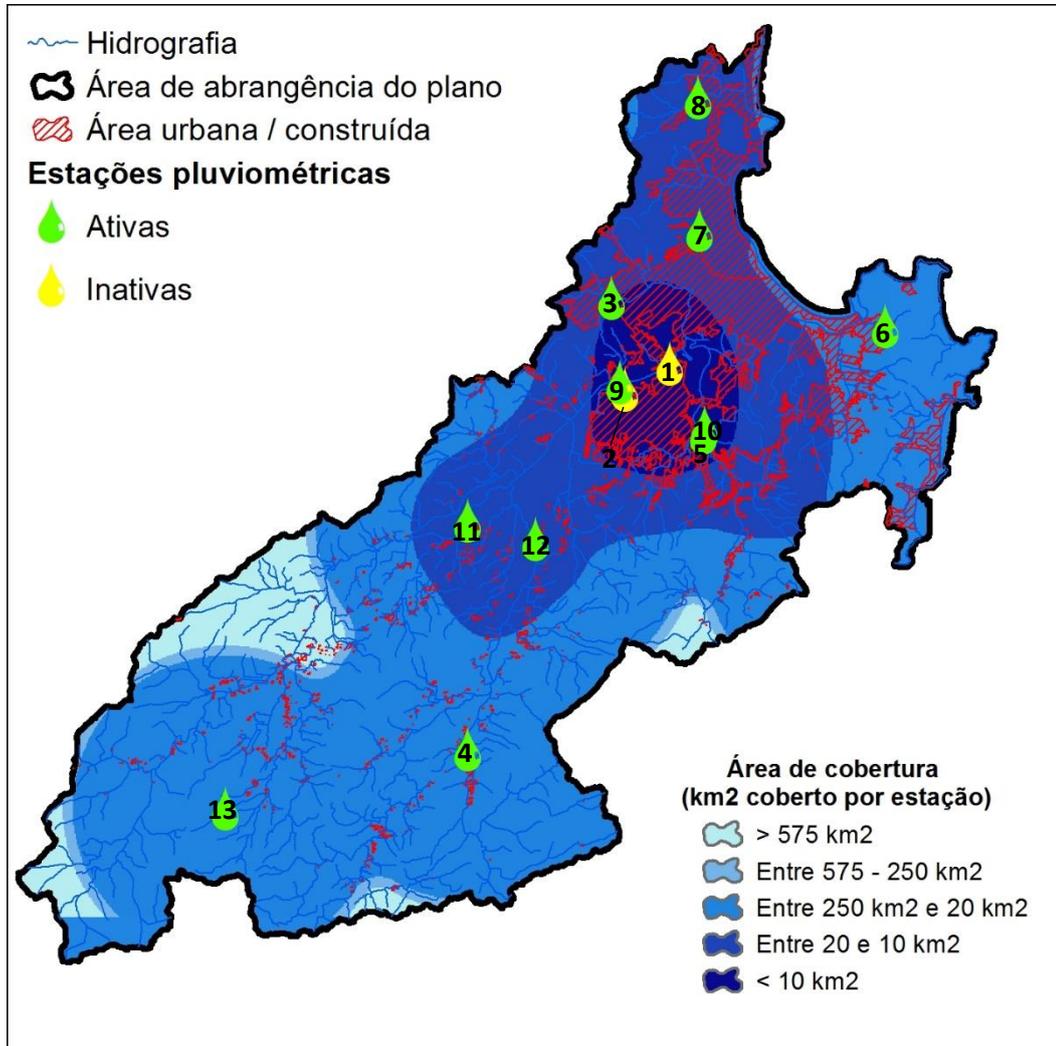
No que se refere às entidades que operam as estações pluviométricas existentes e ativas, as quais cabe a operação e coleta de dados, atualmente existem 2 operadoras, sendo o CEMADEN e a EPAGRI/CIRAM responsáveis pela operação de 5 estações cada entidade.

Com relação a cobertura espacial da rede de monitoramento pluviométrico, considerando que a área de abrangência do Plano é de aproximadamente 220,74 km², e que atualmente existem 11 estações pluviométricas ativas, a densidade média de estações é de 1 estação a cada 22 km² (0,05 estação / km²). A cobertura espacial média na área urbanizada da bacia é de 1 estação a cada 11 km² e a cobertura espacial média na área rural de 1 estação a cada 35 km².

Estes valores indicam que, a rede de monitoramento pluviométrico existente na área de abrangência do Plano atende as exigências da Organização Mundial de Meteorologia (OMM, 2008) com relação a densidade mínima de estações. Na área urbanizada, o recomendado pela OMM é entre 10-20 km² por estação enquanto que na área rural o recomendado é entre 250-575 km² por estação, dependendo do tipo de relevo.

A Figura 2.1 apresenta a distribuição espacial das estações ativas na área de abrangência do Plano.

Figura 2.1. Rede de monitoramento pluviométrico existente na área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas. As classes de área de cobertura foram definidas de acordo com OMM (2008). Os rótulos numéricos das estações são relacionados ao ID na Tabela 2.1.



Elaboração própria.

2.2. Rede de Monitoramento fluviométrico e de qualidade da água

De acordo com as informações disponibilizadas pelo Hidroweb/ANA (2016) e pela EPAGRI/CIRAM (2016), existem 5 estações fluviométricas na área de abrangência do Plano, incluindo todos os tipos de estações (i.e., convencionais e telemétricas) e *status* de operação (i.e., ativas e inativas) (ANA/Hidroweb, 2016; EPAGRI/CIRAM, 2016b)². Do total de estações fluviométricas listadas no Hidroweb/ANA e EPAGRI/CIRAM, uma encontra-se desativada atualmente. Com relação as 4 estações ativas, todas estão aptas a enviar dados por telemetria.

² Todas as consultas realizadas nos sistemas Hidroweb/ANA e de monitoramento *On-Line* do CIRAM/EPAGRI foram realizadas em novembro de 2016.

A Tabela 2.2 apresenta um resumo das estações fluviométricas e de qualidade da água existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas.

Tabela 2.2. Resumo das estações fluviométricas* e de qualidade da água existentes dentro da área de abrangência do Plano.

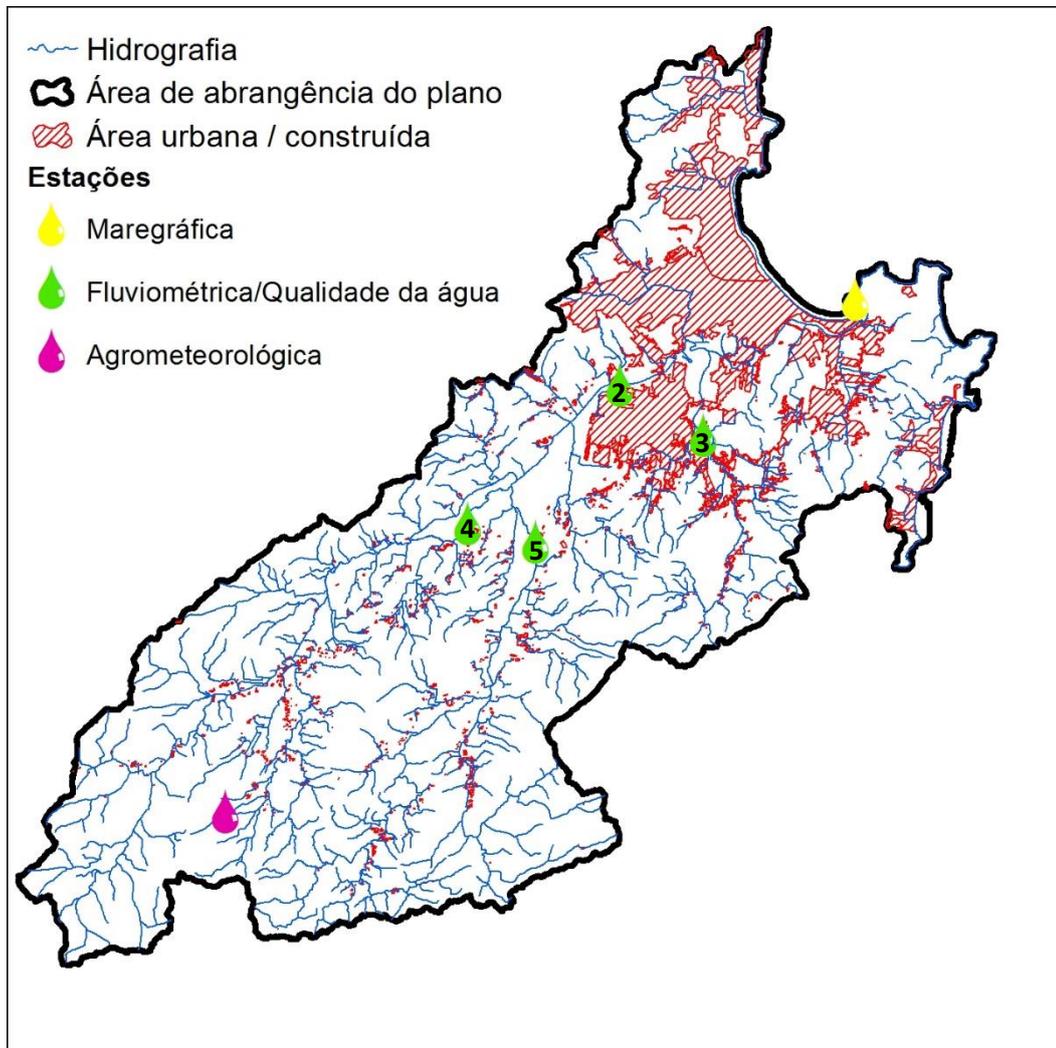
ID / Nome	Responsável	Operador	Município	Tipo	Status de operação
1 / ETA CASAN *	CASAN	EPAGRI	Camboriú	Convencional	Desativada
2 / EMASA – Captação **	EMASA	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica	Ativa
3 / Rio Pequeno *	EPAGRI/CIRAM	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica	Ativa
4 / Rio do Braço *	EPAGRI/CIRAM	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica	Ativa
5 / Rio Canoas **	EPAGRI/CIRAM	EPAGRI/CIRAM	Camboriú	Telemétrica	Ativa

Elaboração própria. * De acordo com as informações apresentadas pela EPAGRI/CIRAM, <http://ciram.epagri.sc.gov.br/riocamboriu/>, as estações fluviométricas fornecem apenas dados de nível dos rios. ** Estações aptas a coletar dados de qualidade da água.

Com relação aos responsáveis pelas estações fluviométricas e de qualidade da água que estão ativas na área de abrangência do Plano, atualmente existem 2 diferentes entidades responsáveis, sendo a EMASA responsável por uma estação e a EPAGRI/CIRAM responsável por 3 estações. Com relação a operação das estações fluviométricas existentes e ativas na bacia, atualmente a EPAGRI/CIRAM é responsável pela operação das 4 estações. As estações aptas a coletar dados de qualidade de água (i.e., estação EMASA-Captação e estação Rio Pequeno) realizam medições em intervalos de uma hora dos seguintes parâmetros: temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade e precipitação.

O sistema de monitoramento fluviométrico e de qualidade da água operado pela EPAGRI/CIRAM na bacia do Rio Camboriú faz parte de um projeto financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em parceria com a EPAGRI, SDS, Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), EMASA, Prefeitura de Camboriú e de Balneário Camboriú com o objetivo de disponibilizar um portal com informações meteorológicas, hidrológicas e de qualidade da água do rio Camboriú e afluentes. A Figura 2.2 apresenta a distribuição espacial das estações ativas na área de abrangência do Plano.

Figura 2.2. Sistema de monitoramento hidrometeorológico na área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas. Os rótulos numéricos das estações são relacionados ao ID na Tabela 2.2.



Elaboração própria.

Considerando que a área de abrangência do Plano é de aproximadamente 220,74 km² e existem 4 estações fluviométricas em operação, a densidade média é de uma estação a cada 55 km², com cobertura na área urbana de 1 estação a cada 16 km². Este valor indica que, na média, considerando as estações operantes, a rede de monitoramento fluviométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú atende as exigências da OMM com relação a densidade mínima de estações. Na área urbanizada, o recomendado pela OMM é entre 10-20 km² por estação.

2.3. Considerações gerais sobre as redes de monitoramento existentes

Com relação a análise da rede de monitoramento pluviométrico, fluviométrico e de qualidade da água existentes e operando atualmente na área de abrangência do

Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas são feitas as seguintes considerações:

- As estações operando atualmente possuem séries temporais curtas, com menos de 5 anos de observações, não sendo adequadas para avaliar tendências de longo período na região;
- Considerando as estações operantes, as redes existentes atendem as exigências da OMM com relação a densidade mínima de estações. No entanto, no que se refere a qualidade da água, destacamos que alguns corpos d'água importantes na área de abrangência do Plano, por exemplo o Rio Pequeno, Rio do Braço, Rio Peroba, Rio das Ostras, Canal Marambaia, e Rio Ariribá não possuem monitoramento operacional e sistemático;
- Os dados coletados pelas redes de monitoramento operadas pela EPAGRI/CIRAM não estão completamente disponíveis, visto que o sistema de monitoramento apresenta apenas os dados das últimas 72 horas (<http://ciram.epagri.sc.gov.br/riocamboriu/>);
- Outra observação que se faz em relação aos dados apresentados no sistema de monitoramento da EPAGRI/CIRAM é que estes são brutos, sem validação, podendo conter inconsistências nos resultados que foram medidos;
- Com relação a rede de monitoramento da qualidade da água, destaca-se a necessidade de medições concomitante de vazão para estimativa das cargas poluentes;
- Por fim, ressalta-se a necessidade de melhorias em relação a ampliação da rede, acessibilidade dos dados e integração das diferentes fontes em um banco de dados único, acessível e com informações validadas.

3. DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

No diagnóstico da disponibilidade hídrica foram analisados aspectos referentes à quantidade de água superficial e subterrânea (item 3.1), e à qualidade da água superficial e subterrânea (item 3.2).

3.1. Análise Quantitativa dos Recursos Hídricos

3.1.1. Águas superficiais

A análise quantitativa da disponibilidade hídrica superficial foi realizada utilizando as equações de regionalização de vazões das bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina. Tais equações foram obtidas no âmbito dos “Estudos dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para sua Implementação”, no contexto do Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural da Secretaria de Abastecimento e Desenvolvimento Rural de Santa Catarina (SADR, 2006).

Como unidade de cálculo foram utilizados os limites das ottobacias nível 8 (132 ottobacias) fornecidos pela Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (DRHI/SDS). Para cada uma das ottobacias foram estimadas as vazões médias mensais de longo termo (Q_{mlt} , m^3/s), distribuição sazonal, vazões médias mensais com permanência de 95 e 98% (Q_{95} , Q_{98} , m^3/s) e vazão mínima anual de 7 dias consecutivos e 10 anos de retorno ($Q_{7,10}$, m^3/s). Tais estimativas foram realizadas utilizando as equações disponibilizadas no estudo de regionalização (SADR, 2006).

$$Q_{mlt} = 9,393 \times 10^{-4} \times P^{0,362} \times A^{1,092}$$

$$Q_{95} = 0,36 \times Q_{mlt}$$

$$Q_{98} = 0,29 \times Q_{mlt}$$

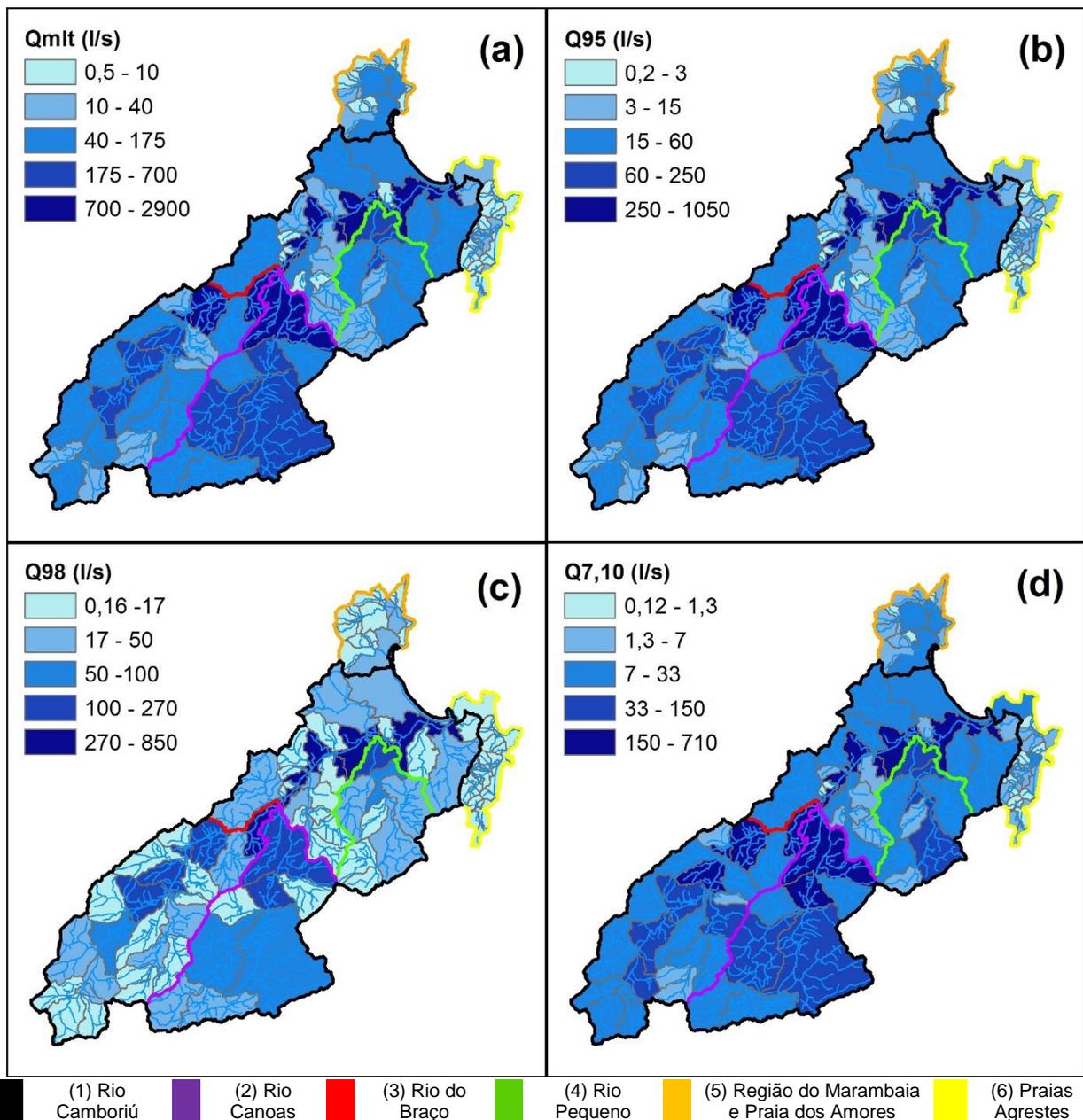
$$Q_{7,10} = 0,56 \times 3,563 \times 10^{-3} \times A^{1,119}$$

onde, P é a precipitação média anual de longo termo (mm) e A é a área da ottobacia (km^2). As equações foram aplicadas para cada ottobacia para estimar a vazão produzida em cada unidade individualmente, sendo posteriormente acumuladas seguindo a codificação das ottobacias e o sentido preferencial do fluxo de água.

A Q_{mlt} acumulada total produzida na área de abrangência do Plano foi estimada em 3,32 m^3/s . Deste total, aproximadamente 87% (2,9 m^3/s) são produzidos nas ottobacias que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, sendo os 13%

restantes (0,42 m³/s) produzidos nas ottobacias que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Marambaia e demais bacias contíguas existentes na região das Praias Agrestes e Praia dos Amores. A Figura 3.1 apresenta a distribuição espacial das vazões acumuladas que foram estimadas nas ottobacias que compõe a área de abrangência do Plano.

Figura 3.1. Distribuição espacial das vazões estimadas nas ottobacias que compõe a área de abrangência do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas. (a) Q_{mlt}, (b) Q₉₅, (c) Q₉₈, e (d) Q_{7,10}. Os valores apresentados representam a vazão acumulada em cada ottobacia.



Elaboração própria.

A Tabela 3.1 apresenta um resumo das vazões de referência, obtidas por meio da aplicação das equações de regionalização para diferentes sub-bacias e regiões da

área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas. Como pode ser observado nesta Tabela, a sub-bacia do Rio do Braço possui uma Q_{mt} de aproximadamente $0,93 \text{ m}^3/\text{s}$, cerca de 28% da Q_{mt} calculada para toda área de abrangência. A sub-bacia do Rio Canoas, por sua vez, apresenta valores de Q_{mt} da ordem de $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$ (~25% da Q_{mt} calculada para toda área de abrangência).

A sub-bacia do Rio Pequeno, por sua vez, apresenta uma Q_{mt} em torno de $0,36 \text{ m}^3/\text{s}$, o que representa cerca de 11% da Q_{mt} calculada para toda área de abrangência do Plano.

Por fim, as sub-bacias do Rio Marambaia, em conjunto com a região da Praia dos Amores, e as sub-bacias da região das Praias Agreste contribuem com uma menor porcentagem da Q_{mt} total, cerca de 7% e 5% respectivamente.

Tabela 3.1. Resumo das vazões de referência calculadas para diferentes sub-bacias na área de abrangência do Plano. O limite das sub-bacias/regiões selecionadas para a análise estão apresentadas na Figura 3.1.

ID	Sub-bacia/Região de análise	Área (km^2)	Q_{mt} m^3/s	Q_{95} m^3/s	Q_{98} m^3/s	$Q_{7,10}$ m^3/s
1	Rio Camboriú (Foz)	190,04	2,90	1,04	0,84	0,70
2	Rio Canoas (antes da confluência com o Rio do Braço)	52,23	0,84	0,30	0,24	0,21
3	Rio do Braço (antes da confluência com o Rio Canoas)	62,78	0,93	0,34	0,27	0,22
4	Rio Pequeno (antes da confluência com o Rio Camboriú)	24,55	0,36	0,13	0,11	0,09
5	Rio Marambaia e Praia dos Amores	19,35	0,26	0,10	0,08	0,07
6	Região das Praias Agrestes	11,35	0,18	0,06	0,04	0,04

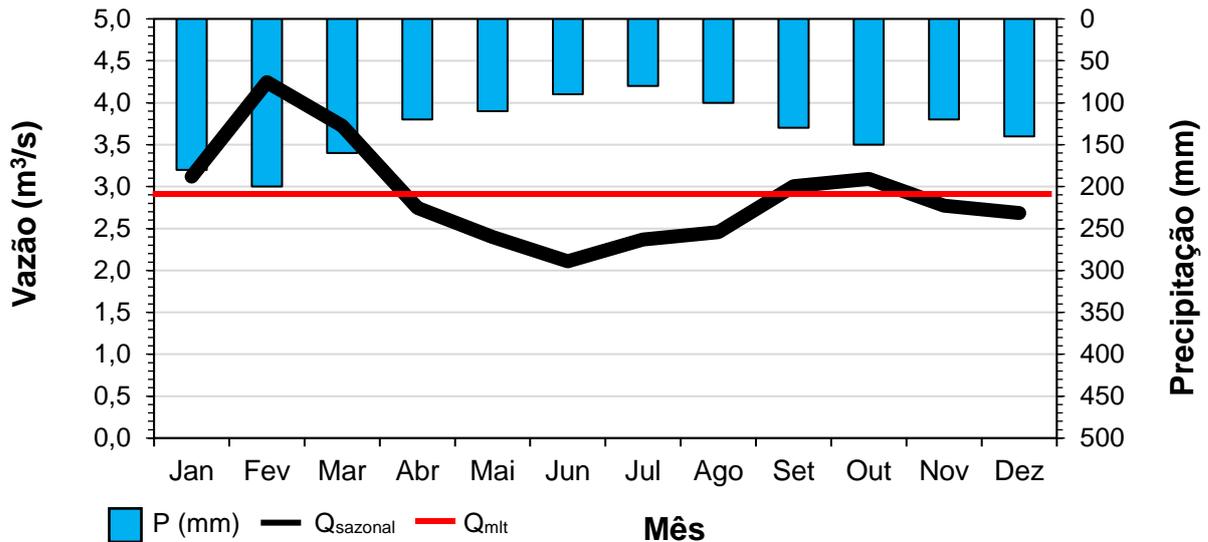
Elaboração própria.

Com relação a sazonalidade da Q_{mt} , é possível observar uma acentuada variação entre as estações do ano. A Figura 3.2 apresenta a variação sazonal da Q_{mt} na foz do Rio Camboriú, obtida pelos coeficientes de regionalização de vazões (SADR, 2006), bem como a variação sazonal de longo termo da precipitação, obtida com dados do Atlas Climatológico de Santa Catarina (Pandolfo et al. 2002).

Como pode ser observado, o pico da vazão média mensal na foz do Rio Camboriú, aproximadamente $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$, coincide com o mês mais chuvoso (i.e., fevereiro). Os

meses de janeiro a março e setembro a outubro apresentam vazões médias acima da Q_{mit} , enquanto que os meses de abril a agosto e novembro a dezembro apresentam vazão média mensal abaixo da Q_{mit} . Este mesmo padrão é observado em todas as sub-bacias analisadas na área de abrangência do Plano.

Figura 3.2. Variação sazonal da Q_{mit} na foz do Rio Camboriú e da precipitação média mensal na área de abrangência do Plano.



3.1.2. Águas subterrâneas

A análise quantitativa da disponibilidade hídrica subterrânea na área de abrangência do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas foi realizada de acordo com a metodologia apresentada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE, 2009). Neste caso foram consideradas tanto as reservas ativas e permanentes. As reservas ativas representam a quantidade de água armazenada no aquífero e renovada anualmente a cada ciclo hidrológico (corresponde à recarga sazonal), enquanto que as reservas permanentes correspondem ao volume de água acumulado no aquífero, não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica (DAEE, 2009).

A estimativa das reservas ativas (R_a , km³/ano) foi realizada por meio da seguinte equação (DAEE, 2009):

$$R_a = Q_b - Q_{7,10}$$

onde, Q_b é o escoamento de base (km^3/ano), estimado em função da Q_{mlt} (entre 60 e 80% de acordo com Tucci (2009) e Nogueira (2015)), e $Q_{7,10}$ é a vazão mínima anual de 7 dias consecutivos e 10 anos de retorno (km^3/ano). Levando em conta a variação temporal de Q_b , a disponibilidade subterrânea proveniente das reservas ativas (D_{Ra} , km^3/ano) foi obtida pela seguinte equação (DAEE, 2009):

$$D_{Ra} = 0,5 \times R_a$$

A estimativa das reservas permanentes (R_p , km^3) levou em conta características dos aquíferos existentes na região (i.e. tipo, área, espessura e porosidade efetiva), obtidas por meio das cartas hidrogeológicas do Estado de Santa Catarina (CPRM/SDS, 2013) e de estudo realizado por Cardoso et al. (2007). A reserva permanente foi obtida pela seguinte equação (DAEE, 2009):

$$R_p = A_{aq} \times E \times \phi_{ef}$$

onde, A_{aq} é a área do aquífero (km^2), E é a espessura do aquífero (km) e ϕ_{ef} é a porosidade efetiva do aquífero (%). A disponibilidade hídrica subterrânea proveniente das reservas permanentes (D_{Rp} , km^3/ano) foi então obtida pela seguinte equação (DAEE, 2009):

$$D_{Rp} = 0,002 \times R_p$$

Neste caso, o coeficiente de 0,002 foi obtido considerando um uso de 10% da R_p em um horizonte de 50 anos, ou seja 0,2% ao ano em média.

Os resultados das estimativas obtidas para a área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas indicam uma disponibilidade hídrica de aproximadamente $0,0105 \text{ km}^3/\text{ano}$ proveniente das reservas ativas (i.e., $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$ na média) e $0,0003 \text{ km}^3/\text{ano}$ provenientes das reservas permanentes (i.e. $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ na média). A disponibilidade total é de $0,0108 \text{ km}^3/\text{ano}$, que representa em média $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$. Tal valor corresponde a cerca de 10% da Q_{mlt} dos cursos d'água superficiais da região, indicando moderado potencial de uso das águas subterrâneas para suprir parte das demandas existentes. No entanto, é feita a ressalva de que estudos adicionais dever ser realizados para uma estimativa mais precisa da disponibilidade subterrânea.

A Tabela 3.2 apresenta um resumo das informações levantadas para estimativa das disponibilidades hídricas subterrâneas, bem como os valores estimados para cada zona aquífera presente na área de abrangência do Plano.

Tabela 3.2. Resumo da estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea na área de abrangência do Plano.

Zona aquífera ¹	Área ¹ (km ²)	E ¹ (km)	ϕ_{ef} ² (%)	R _a (km ³ /ano)	R _p (km ³)	D _{Ra} (km ³ /ano)	D _{Rp} (km ³ /ano)	D _{Ra} + D _{Rp} (km ³ /ano)
Sedimentar (as1)	37,59	0,06	5	0,007	0,1128	0,0035	0,0002	0,0037
Faturado (af2)	74,33	0,10	1	0,014	0,0743	0,0070	0,0001	0,0071
TOTAL	111,92	-	-	0,021	0,1871	0,0105	0,0003	0,0108

Elaboração própria. ¹ Fonte: CPRM/SDS (2013). ² Fonte: Cardoso et al. (2007).

3.2. Análise Qualitativa dos Recursos Hídricos

3.2.1. Águas superficiais

A análise espacial e temporal da qualidade das águas superficiais na área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas considerou os dados resultantes das campanhas realizadas e publicadas no âmbito de trabalhos acadêmicos: Urban (2008), Padilha (2013), Silva (2015). Também considerou dados fornecidos pela organização internacional *The Nature Conservancy* (TNC) (2015), coletados no âmbito do projeto “Produtor de Água do Rio Camboriú”, além de dados de qualidade da água fornecidos pela EMASA nos pontos de captação para o abastecimento e lançamento dos efluentes de sua estação de tratamento, ambos no rio Camboriú.

As considerações sobre os aspectos espaciais e temporais da qualidade da água foram embasadas pelas resoluções nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece os padrões de qualidade dos rios de acordo com a classe específica do rio (CONAMA, 2005) e a nº 001/2008 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) que dispõe sobre a classificação dos corpos de água de Santa Catarina (CERH, 2008).

Os resultados a seguir são apresentados em ordem cronológica, de acordo com as datas de coletas de dados pelos diferentes estudos compilados.

Urban (2008) realizou duas campanhas amostrais na área de abrangência do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú: uma no período de setembro de 2001 a

agosto de 2002 em 10 pontos de controle na área de abrangência, e outra no período de janeiro de 2005 a março de 2006 nos mesmos 10 pontos de controle e em mais um ponto de controle adicional. Os parâmetros de qualidade utilizados para a análise atual foram: oxigênio dissolvido (OD), turbidez, potencial hidrogeniônico (pH), amônia (NH₃), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃) e fosfato (PO₄).

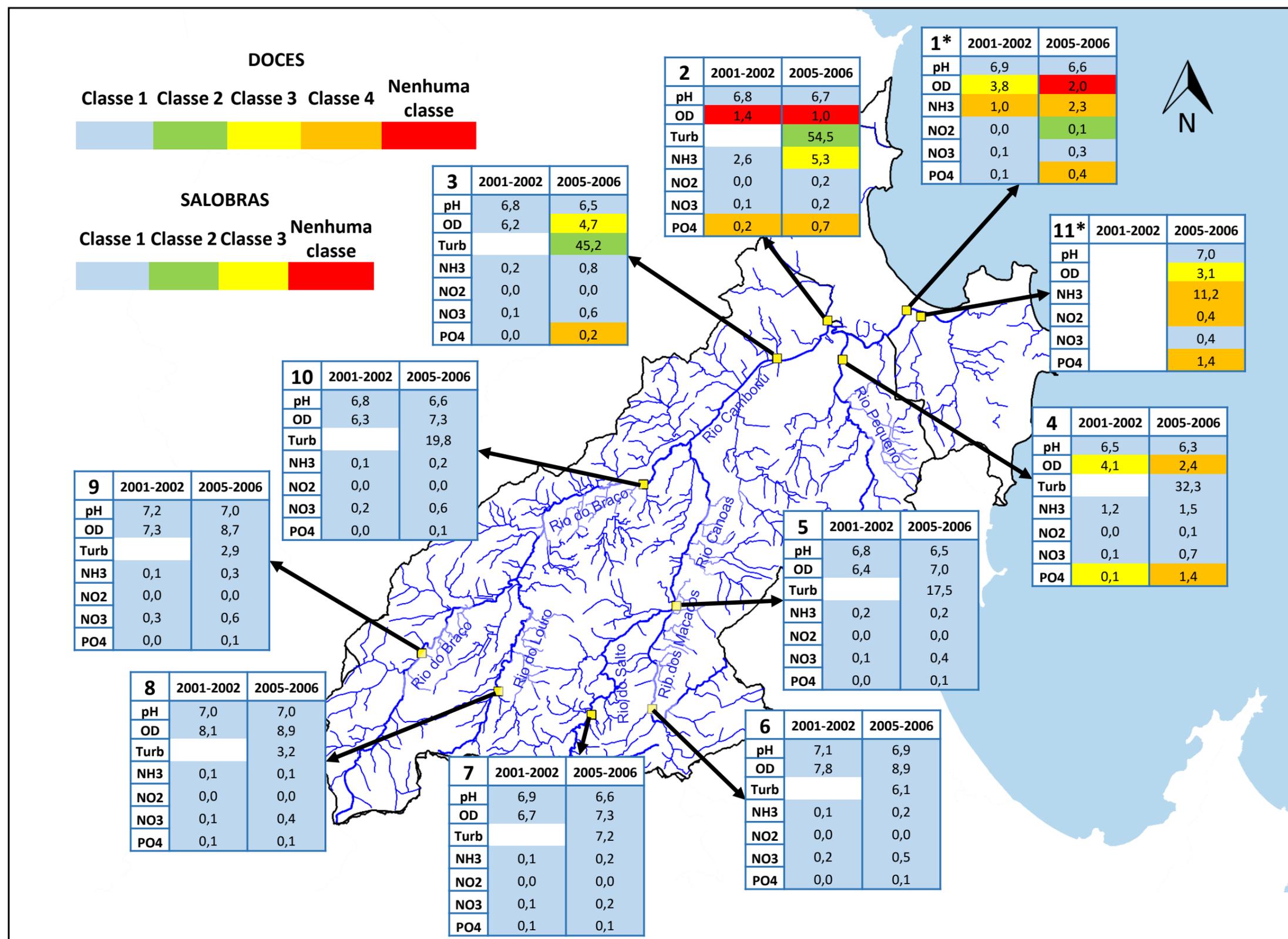
A Figura 3.3 apresenta a os resultados de cada parâmetro de qualidade para os pontos de controle da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, nos períodos de 2001-2002 e 2005-2006 e a verificação quanto ao atendimento à classificação de corpos d'água estabelecidos pela resolução 357/2005 do CONAMA.

Analisando os resultados obtidos por Urban (2008), para cada parâmetro de qualidade, em cada ponto de controle e nos dois períodos de amostragem, é possível notar que a qualidade da água da região urbanizada da bacia é pior, possivelmente pelo maior lançamento de carga doméstica na região urbana.

A concentração de OD foi baixa nos períodos de 2001-2002 e 2005-2006 nas regiões próximas as áreas urbanizadas, que correspondem aos pontos 1, 2, 3 e 11 do Rio Camboriú e o ponto 4 no Rio Pequeno. No período de 2001-2002 o ponto 2 apresentou valores de OD abaixo dos padrões da Resolução CONAMA 357/2005 para qualquer classe. Em 2005-2006 o cenário piora e os pontos 1 e 2 apresentaram a média dos valores de OD abaixo dos padrões da Resolução CONAMA 357/2005 para qualquer uma classe.

Em relação à média das concentrações de nutrientes, os mesmos pontos anteriores apresentaram altas concentrações PO₄. Além disso, os pontos 1, 3 e 11 apresentaram altas concentrações de amônia, ultrapassando os padrões de classe 2. No geral observa-se que a região urbana possui uma qualidade da água inferior, com problemas relacionados ao OD e altas concentrações de nutrientes, principalmente PO₄ e amônia e que esse cenário tem se agravado na região urbanizada se comparados os períodos de 2001-2002 e 2005-2006.

Figura 3.3. Média dos resultados da amostragem para os períodos de 2001-2002 e 2005-2006 na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú.



Fonte: Urban (2008). Elaboração própria. * Os pontos 1 e 11 foram classificados de acordo com os padrões para águas salobras. ** Ponto 11 amostrado somente no período de 2005-2006.

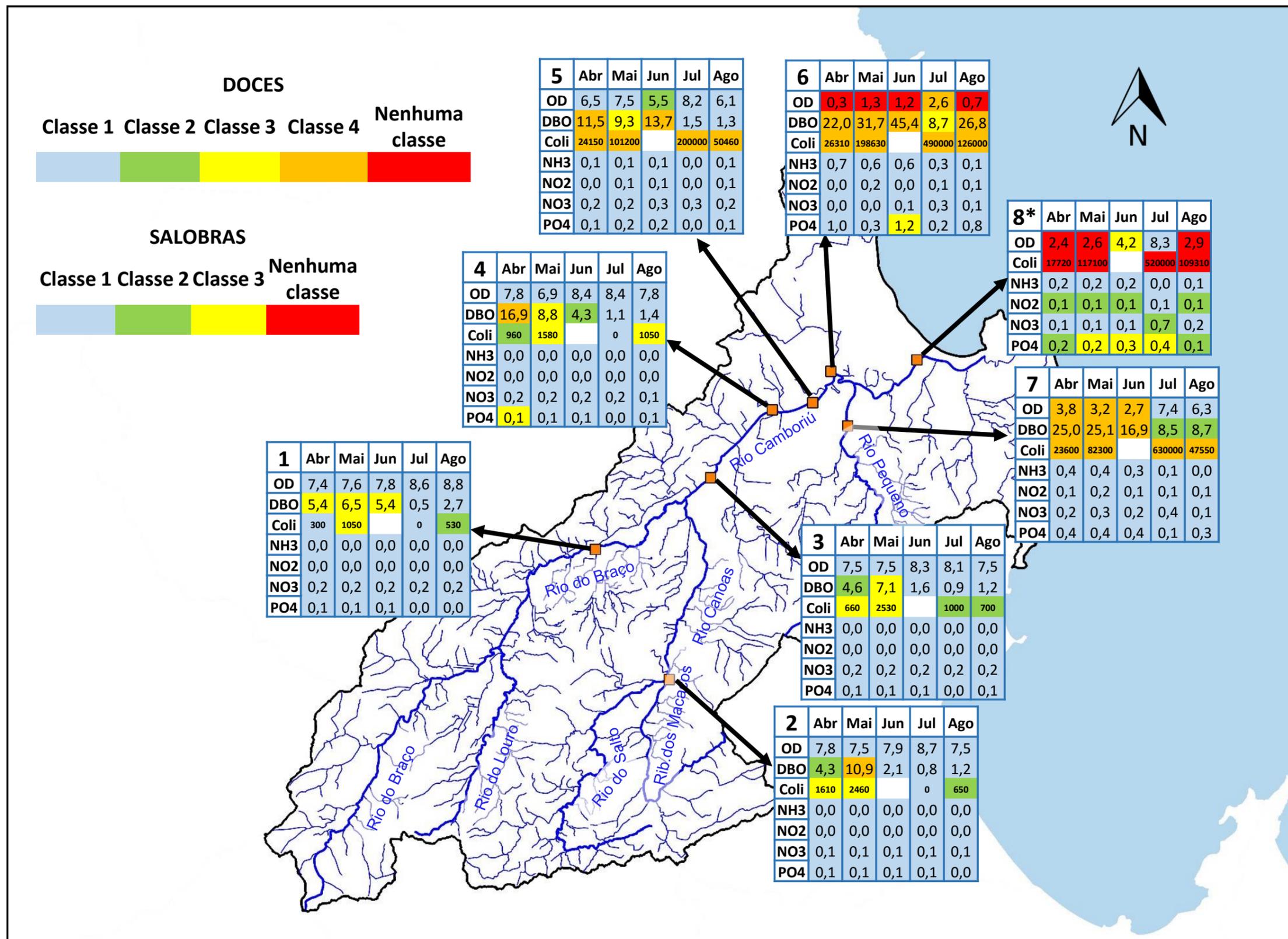
Padilha (2013) realizou uma amostragem mensal em 8 diferentes pontos da Bacia do Rio Camboriú, no período de abril a agosto de 2013. Os parâmetros de qualidade utilizados para a análise foram: OD, demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), coliformes termotolerantes, NH_3 , NO_2 , NO_3 e PO_4 . Analisando os resultados de qualidade da água no período das campanhas, nota-se que a quantidade de coliformes aumentou no sentido de montante-jusante da bacia, possivelmente pelo maior lançamento de cargas domésticas na região urbana. Nota-se ainda que todos os trechos amostrais não atenderam os padrões da resolução CONAMA 357/2005 para classe 2 em pelo menos uma vez no período de análise e que a quantidade de coliformes na região do ponto 8 não atende os padrões da CONAMA 357/2005 para nenhuma classe de rio.

Em relação à $DBO_{5,20}$, observa-se que a bacia apresenta um aumento de concentração no sentido montante-jusante e que os trechos de água doce não atenderam os padrões da CONAMA 357/2005 para classe 2 em pelo menos uma vez no período de análise. Os pontos de jusante do Rio Camboriú ainda apresentaram valores de OD muito baixos e não atenderam os padrões CONAMA 357/2005 para nenhuma classe.

Não foram verificados problemas relacionados com nutrientes durante o período analisado por Padilha (2013), com exceção do ponto 8, na região próxima a foz do Rio Camboriú. Esse ponto registrou valores de PO_4 que não atendem os padrões da CONAMA 357/2005 para classe 2 de águas salobras, possivelmente causado pela influência do lançamento de efluentes domésticos da área urbana.

No geral, segundo a amostragem de Padilha (2013), os trechos do Rio Camboriú e do Rio Pequeno, próximos a região urbana, possuem qualidade inferior ao restante da bacia devido as influências da região urbana. Os parâmetros de qualidade que não estão conforme à legislação CONAMA 357/2005 nessa região são: Coliformes termotolerantes, $DBO_{5,20}$, OD e PO_4 . A Figura 3.4 apresenta o resultado das campanhas mensais realizadas entre abril e agosto de 2013 para os pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas, de acordo com o atendimento a classificação de corpos d'água estabelecidos pela resolução 357/2005 do CONAMA.

Figura 3.4. Resultado das amostragens mensais entre Abril e Agosto de 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas.



Fonte: Padilha (2013). Elaboração própria. * O ponto 8 foi classificado de acordo com os padrões para águas salobras. ** Não houve medição de coliformes termotolerantes no mês de junho.

Outra amostragem mensal realizada na Bacia do Rio Camboriú foi realizada por Silva (2015), no período de dezembro de 2014 e setembro de 2015, em 10 pontos da bacia. Os parâmetros de qualidade utilizados para a análise foram: pH, OD, DBO_{5,20}, e turbidez.

Os resultados apresentados por Silva (2015) apontaram que a concentração de DBO_{5,20} dos pontos do Rio Camboriú e do Rio Pequeno em regiões urbanas foram mais elevadas que os demais trechos da bacia. Os pontos 2, 3 e 4 não atenderam os padrões da CONAMA 357/2005 para classe 2 em pelo menos quatro meses no período.

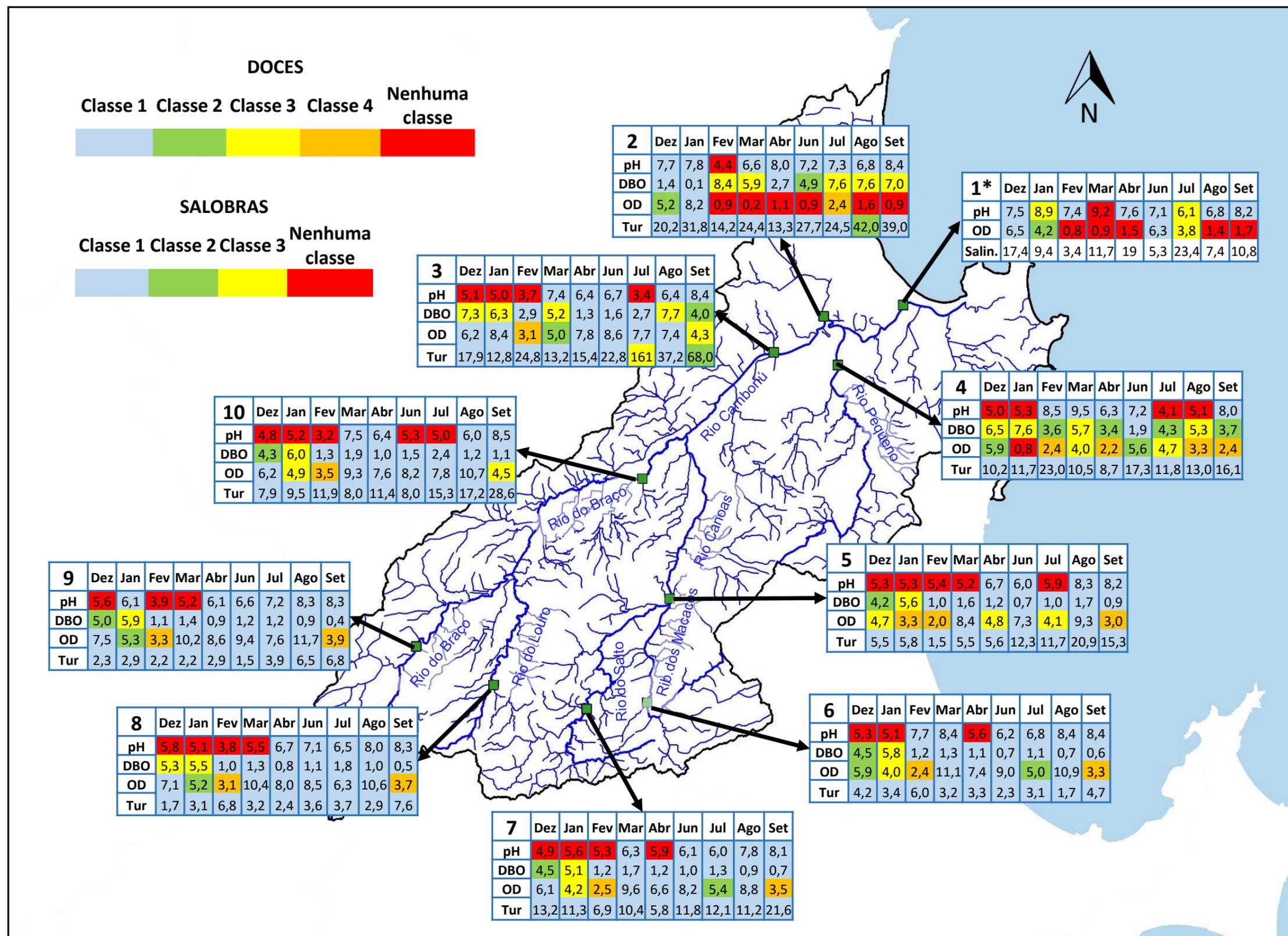
Em relação ao OD, os pontos mais críticos estão localizados na região urbana da bacia. Os pontos 1, 2 e 4 possuem valores de OD muito baixos durante grande parte do período, não atendendo os padrões da CONAMA 357/2005 para nenhuma classe. Os trechos urbanos do Rio Camboriú, o trecho urbano do Rio Pequeno e o ponto de confluência entre o Rio do Salto e o Ribeirão dos Macacos não atendem os padrões de OD estabelecidos pela CONAMA 357/2005 para os rios de classe 2 na maior parte do período de análise.

Esses resultados evidenciam que há um maior lançamento de cargas domésticas na região urbana da bacia. Além disso, cargas difusas e/ou pontuais não tratadas nos trechos a montante da bacia, têm afetado negativamente a qualidade, não atendendo a valores estipulados em legislação vigente.

Observa-se que, em média, o pH da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú é inferior aos padrões estabelecidos pela CONAMA 357/2005 para qualquer classe. As regiões com menor pH são as regiões de montante da bacia e apresentam menor pH nos primeiros meses do ano. As regiões próximas a foz possuem um pH mais elevado, possivelmente devido as influências do pH mais elevado do oceano. A bacia não apresenta problemas relacionados com turbidez, o que indica que a maior parte da matéria orgânica dos trechos de rio encontra-se na forma dissolvida.

A Figura 3.5 apresenta o resultado das campanhas mensais realizadas entre dezembro de 2014 e setembro de 2015 para os pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, de acordo com o atendimento a classificação de corpos d'água estabelecidos pela resolução 357/2005 do CONAMA.

Figura 3.5. Resultado das amostragens mensais entre Dezembro de 2014 e Setembro de 2015 na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas.



Fonte: Silva (2015). Elaboração própria. * O ponto 1 foi classificado de acordo com os padrões para águas salobras. ** Não houve amostragem no mês de maio de 2015.

No período de março de 2014 a junho de 2015, a organização internacional TNC realizou uma amostragem com frequência quinzenal em 5 pontos na área de abrangência do Plano. Os parâmetros de qualidade utilizados para a análise foram: pH, OD, turbidez, NO₂, NO₃ e PO₄.

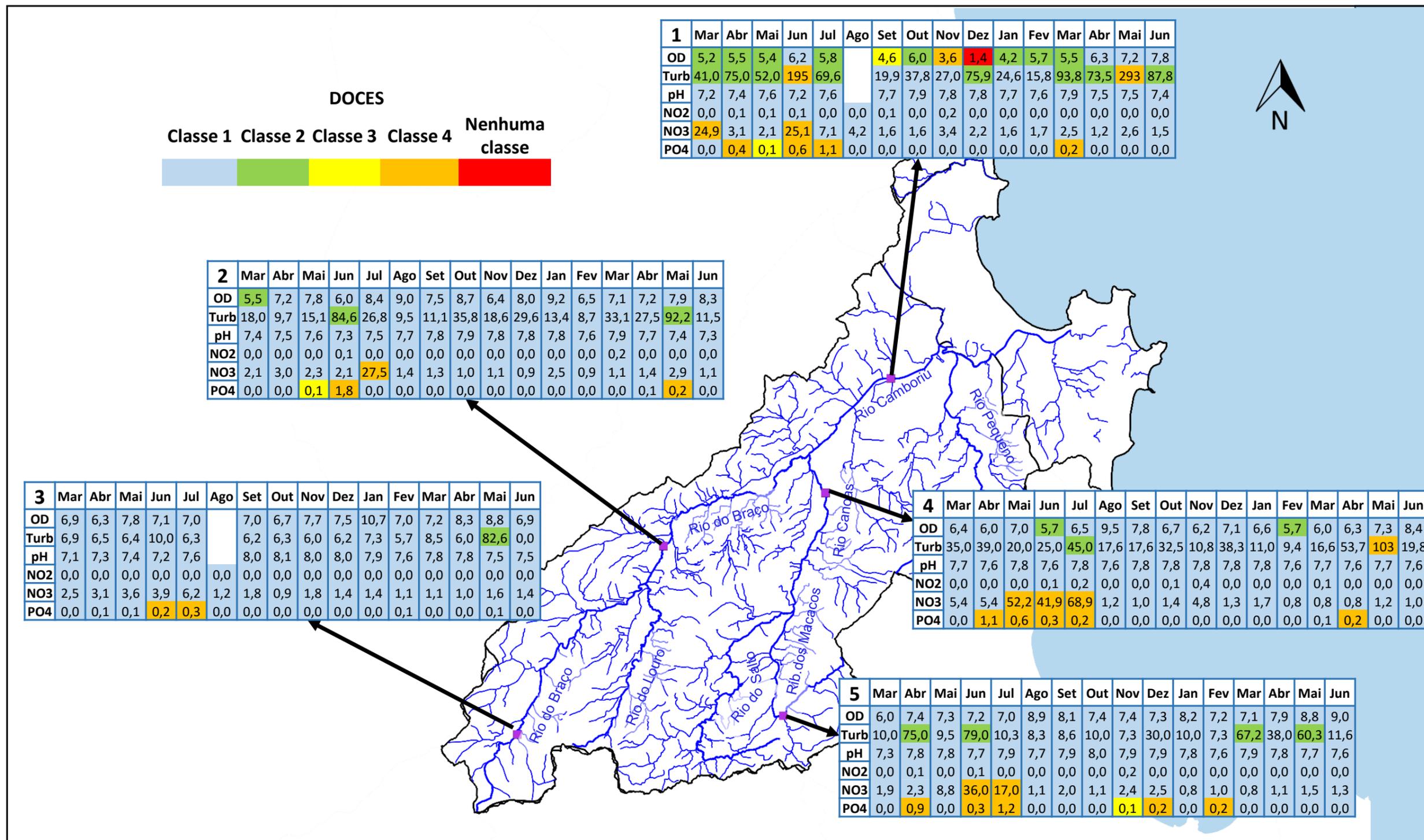
Os resultados da amostragem indicaram altas concentrações de nutrientes, em especial NO₃ e PO₄, entre os meses de junho e julho de 2014 nos cinco pontos amostrais da área do Plano.

É também evidente que no ponto do Rio Camboriú, na região urbanizada da bacia, os valores de turbidez ultrapassam em alguns momentos do ano o permitido para classe 2. Analogamente, a concentração de OD nesse mesmo ponto ficou abaixo dos padrões estabelecidos pela CONAMA 357/2005 para classe 2, apresentando valores abaixo dos padrões nos meses de setembro, novembro e dezembro.

A Figura 3.6 apresenta o resultado das campanhas realizadas pela TNC entre março de 2014 e junho de 2015, para os 5 pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, de acordo com o atendimento a classificação de corpos d'água estabelecidos pela resolução 357/2005 do CONAMA. Para melhor visualizar os dados, foram considerados os valores mínimos de OD para cada mês e os valores máximos dos restantes dos parâmetros.

A partir da análise conjunta de todos os dados apresentados por Urban (2008), Padilha (2013), Silva (2015) e fornecidos pela TNC, é possível concluir que a região urbana afeta negativamente a qualidade dos cursos d'água na área de abrangência do Plano. Todos dados apontaram uma qualidade inferior das águas na região urbanizada em relação ao resto da bacia em termos de DBO_{5,20}, OD, coliformes termotolerantes e nutrientes. Nesta região da bacia os valores de OD, coliformes termotolerantes e fosfatos frequentemente não atendem os padrões estabelecidos na resolução 357/2005 do CONAMA para rio de classe 2.

Figura 3.6. Resultado das amostragens entre Março de 2014 e Junho de 2015 na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú.



Fonte: TNC (2016). Elaboração própria.

Para fins de elaboração do Plano, a EMASA disponibilizou dados mensais de 2005 a 2016 referentes à qualidade da água do ponto de captação da estação de tratamento de água da EMASA no Rio Camboriú. A Figura 3.7 apresenta o ponto de captação de água para o abastecimento público da EMASA. A Tabela 3.3 apresenta os resultados dos parâmetros de qualidade cujos padrões de qualidade foram ultrapassados durante o ano.

Figura 3.7. Ponto de captação de água no Rio Camboriú.



Elaboração própria.

Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Bacias Contíguas
Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – SDS

Tabela 3.3. Qualidade da água no ponto de captação de água bruta para a estação de tratamento. Valores médios anuais.

Parâmetro de Qualidade	Limites da Resolução CONAMA nº 357/05	Unidade	Ano											
			2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1,1- Dicloroetano	0,003	mg/L	NA	NA	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	NA	0,0002	0,001	0,2	NA	NA
2- Clorofenol	0,1	mg/L	< 0,1	< 1	NA	< 0,1	< 0,01	< 0,01	NA	0,05	0,1	0,5	0,01	NA
Alumínio	0,1	mg/L	0,1	0,055	15,0	2,1	0,4	0,0213	0,02	1,114	1,36	0,07	0,07	NA
Cádmio	0,001	mg/L	0,001	0,002	NA	< 0,0001	< 0,005	< 0,001	3,5333	0,0001	0,001	0,001	0,001	NA
Chumbo	0,01	mg/L	0,008	0,013	NA	< 0,0005	0,0071	0,1762	NA	0,001	0,032	0,01	0,01	NA
Cianeto	0,005	mg/L	< 0,004	< 0,004	2,71	0,025	0,02	3,0021	NA	0,001	0,01	0,03	0,003	NA
Cloro residual	0,01	mg/L	< 0,10	< 0,10	NA	0,16	1,2	0,01	0	0,01	0,1	0,02	0,12	NA
Cobalto	0,05	mg/L	< 0,005	0,012	NA	< 0,0001	< 0,01	0,08	0,6925	0,01	0,008	0,008	0,008	NA
Cobre	0,009	mg/L	0,02	0,061	0,51	0,56	0,0021	0,5805	0,1958	0,001	0,001	0,001	0,001	NA
Coliformes Termotolerantes	1000	UFC/100mL	90	1.400	NA	4.900	1.100	1.788	NA	623	140	40.000	4.400	NA
Cor verdadeira	75	mgPt/L	10	NA	413,1	932,800	681,49	394,72	477,97	71	178	420	947,5	522
Cromo	0,05	mg/L	0,043	0,037	0,03	0,063	0,06	0,7222	0,1767	0,003	0,03	0,03	0,03	NA
DBO5,20	5	mg/L	6	12	NA	13	1,0	3,4	NA	4,5	4,96	5	5	NA
Dibenzo (a,h) antraceno	0,05	mg/L	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,001	< 0,001	NA	0,002	0,001	0,1	0,1	NA
Fenóis	0,003	mg/L	< 0,001	0,002	0,4	0,432	< 0,001	16,286	0,3715	0,0009	0,06	0,255	0,002	NA
Ferro	0,3	mg/L	1,13	3,01	3,5	3,19	1,70	2,4381	2,773	1	1,402	1,521	0,832	NA
Fosfato	0,1	mg/L	NA	NA	11,20	10,75	15,50	6,3767	12,571	NA	NA	NA	NA	NA
Fósforo total	0,1	mg/L	0,13	0,12	0,0	0,01	2,30	3,95	10,979	0,062	0,43	24	0,2	NA
Manganês	0,1	mg/L	0,13	0,16	0,03	0,34	0,22	0,4525	0,1904	1	0,526	0,17	0,063	NA
Mercúrio	0,0002	mg/L	NA	< 0,00005	0,0003	< 0,0001	< 0,00005	< 0,0001	NA	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	NA
Níquel	0,025	mg/L	0,006	0,088	NA	< 0,0001	< 0,005	< 0,008	NA	0,018	0,014	0,01	0,1	NA
Nitrato	10	mg/L	0,026	0,23	40,37	0,5	0,86	1,63	1,07	8	10,15	0,88	0,47	NA
Nitritos	1	mg/L	0,3	0,046	0,02	1,470	0,36	0,28/7858	0,0089	0,042	0,35	0,16	0,01	NA
Oxigênio dissolvido	5	mg/L	< 10	8,7	5,3	4,1	4,41	3,168	4,6429	5,98	5,56	6,68	5,3	NA
pH	6 a 9	-	7,4	8,5	3,9	6,71	6,95	6,3388	6,185	6,45	6,62	6,82	6,769	6,97
Sulfeto	0,002	mg/L	NA	NA	0,23	< 0,002	0,078	< 0,001	NA	0,001	1,57	0,91	0,32	NA
Tolueno	2	mg/L	< 0,1	< 2	< 1	< 1	17,7	< 0,01	NA	0,002	0,1	0,1	0,1	NA
Tributilestanho	0,063	mg/L	NA	NA	< 0,002	NA	< 0,01	< 0,01	NA	0,001	0,001	0,1	0,01	NA
Triclorobenzeno	0,02	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,01	< 0,01	NA	0,002	0,01	0,01	1	NA
Trifluralina	0,2	mg/L	< 0,1	< 0,1	1	< 0,05	< 0,01	< 0,01	NA	0,02	0,02	0,01	NA	NA
Turbidez	100	mg/L	5,38	83	57,70	136,209	86,12	55,222	93,202	25	13,18	51	337	70,2
Zinco	0,18	mg/L	0,089	0,035	0,05	1,4	0,008	2,234	0,83	0,009	0,065	0,065	0,102	NA

Fonte: EMASA (2016). Elaboração própria. NA = não houve medição no período. As células em destaque apresentam valores acima dos limites para classe 2.

Observa-se que os limites de parâmetros físicos, químicos e biológicos foram ultrapassados no ponto de captação durante o período de 2005 a 2016. Destacam-se entre os parâmetros que ultrapassaram os limites da legislação mais frequentemente durante o período: cor verdadeira, coliformes, OD, alumínio, cianeto, cloro, cobre, cromo, fenóis, ferro, fósforo total, manganês e sulfeto.

A EMASA também disponibilizou dados referentes à qualidade da água do ponto logo a montante e logo a jusante do local de lançamento de efluentes oriundos da estação de tratamento no Rio Camboriú. As amostragens foram realizadas entre 2014 e 2016. A Figura 3.8 apresenta o ponto de lançamento de efluentes da estação de tratamento de esgoto da EMASA. A Tabela 3.4 apresenta os resultados das análises de qualidade da água de montante e jusante do ponto de lançamento entre 2014 e 2016.

Figura 3.8. Ponto de lançamento de efluentes no Rio Camboriú.



Elaboração própria.

Tabela 3.4. Qualidade da água à montante e jusante do ponto de lançamento de efluentes domésticos da estação de tratamento.

Parâmetro de Qualidade	Unidade	Limites da Resolução CONAMA nº 357/05 - Classe 2 Águas Salobras	Setembro/2014		Março/2015		Outubro/2015		Abril/2016		Junho/2016	
			Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Boro	mg/L	0,5000	0,070	0,070	0,070	0,070	0,365	0,780	2,224	4,305	0,090	0,780
Cianeto Livre	mg/L	0,0010	0,010	0,010	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,100	0,003
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	2500	1.000.000	530.000	4.200	4.700	NA*	NA*	12.500	1.400	NA*	NA
Fenóis	mg/L	0,0030	0,100	0,050	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Ferro Total	mg Fe/L	0,3000	1,277	0,816	0,083	2,319	0,569	0,209	0,800	0,083	0,000	0,209
Fluoretos	mg F/L	1,4000	0,160	0,820	0,980	1,220	5,850	5,900	0,870	1,300	0,000	5,900
Fósforo Total	mg/L	0,1860	0,290	0,070	0,060	0,210	0,140	0,140	0,140	0,140	0,010	0,140
Manganês total	mg Mn/L	0,1000	0,083	0,132	0,063	0,063	0,168	0,154	0,312	0,063	0,051	0,154
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,7000	1,000	2,000	2,100	4,200	1,200	1,300	2,100	1,500	1,000	1,300
Oxigênio Dissolvido	mg/L	4,0000	2,860	4,380	1,600	1,680	4,070	4,330	3,400	4,380	0,400	4,330
Sulfeto	mg/L	0,0020	0,300	0,300	0,050	0,320	1,100	1,100	0,005	0,002	0,500	1,100
Zinco	mg Zn/L	0,1200	0,065	0,065	0,065	0,065	0,084	0,065	0,208	0,065	0,045	0,065

Fonte: EMASA (2016). Elaboração própria. *NA = não houve medição no período. As células em destaque apresentam valores acima dos limites estipulados para classe 2.

A partir dos dados disponibilizados pela EMASA é possível observar que existem parâmetros inorgânicos, orgânicos e biológicos que não estão atendendo os padrões estabelecidos em legislação. Destacam-se os parâmetros cianeto livre, coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal e sulfeto, por apresentarem níveis acima do permitido em quase todos os períodos de análise entre 2014 e 2016.

3.2.2. Águas subterrâneas

A análise da qualidade das águas subterrâneas na área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas foi realizada com base nas informações disponibilizadas nas cartas hidrogeológicas do Estado de Santa Catarina (CPRM/SDS, 2013).

Para a área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas, as informações disponibilizadas indicam boa qualidade da água em todas as zonas aquíferas, com total de sólidos dissolvidos (TSD) variando entre 50 e 300 mg/l. A maior concentração de TSD é observada na região de ocorrência de aquíferos fraturados (zona af2), o que pode estar associado a atividade agrícola e utilização de insumos produtivos nesta região. A região com ocorrência de aquíferos porosos (zona as1) coincide com a área urbanizada da Bacia do Rio Camboriú, sendo o TSD de aproximadamente 100 mg/l.

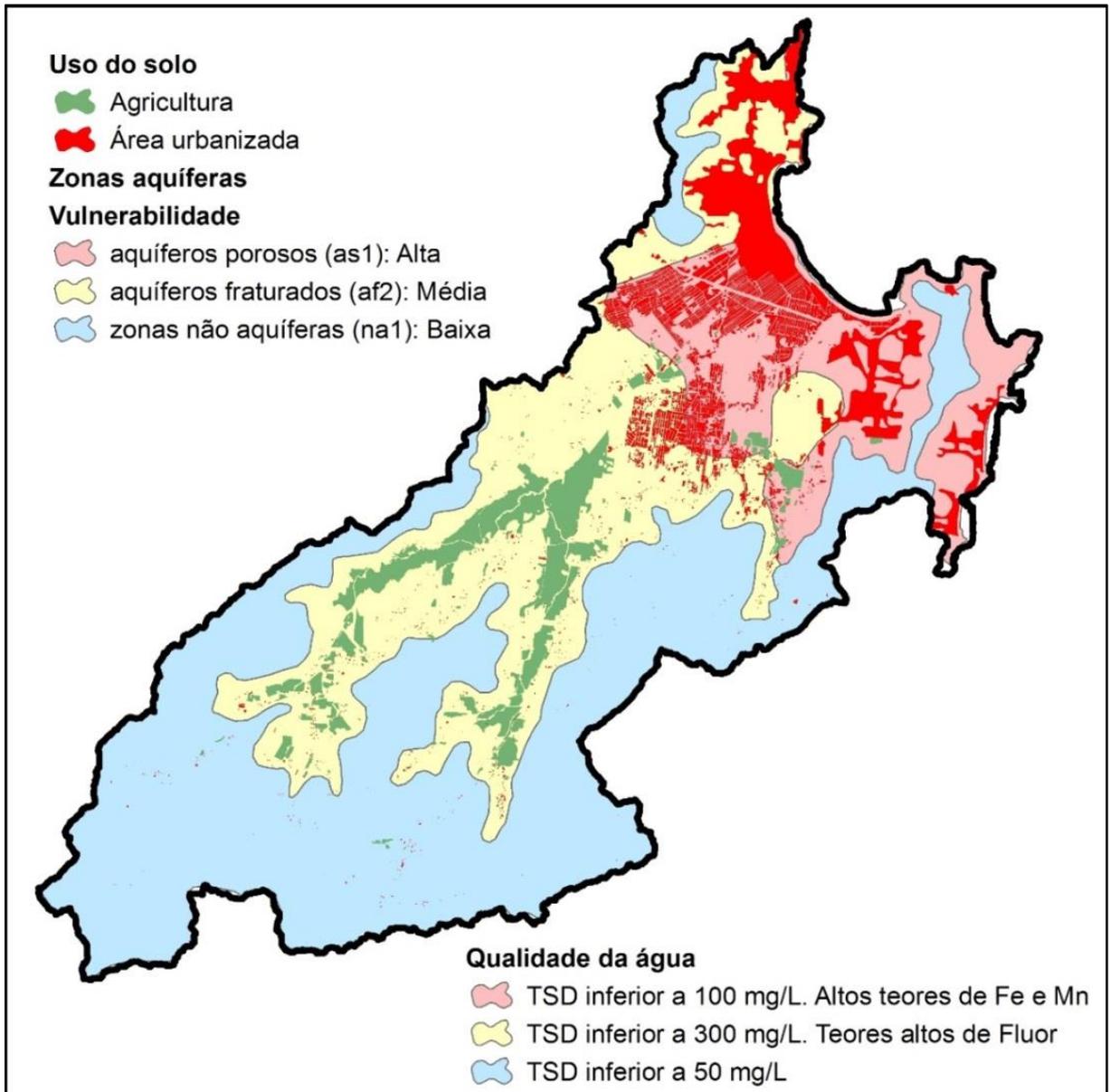
Cabe ressaltar que, apesar de possuírem água considerada boa para o consumo, em algumas regiões das zonas aquíferas af2 e as1 podem ocorrer altas concentrações de flúor, ferro e manganês devido ao próprio tipo de rocha que é formadora do aquífero (CPRM/SDS, 2013).

Nas demais regiões da área de abrangência do Plano, associadas a áreas naturais, e classificadas pela CPRM como áreas não aquíferas (zona na1), o TSD é inferior a 50 mg/l (CPRM/SDS, 2013).

Com relação a vulnerabilidade dos aquíferos existentes na área de abrangência do Plano, a zona aquífera porosa (as1) apresenta alta vulnerabilidade e risco de contaminação por esgoto doméstico devido a intensa urbanização da região e ao tipo de rocha porosa que facilita a percolação dos contaminantes. Por sua vez, a zona aquífera fraturada apresenta média a baixa vulnerabilidade, porém com alto

risco de contaminação por insumos agrícolas, agrotóxicos e esgoto doméstico devido à agricultura, criação animal e população urbana (CPRM/SDS, 2013). A Figura 3.9 apresenta a distribuição espacial, o TSD e o grau de vulnerabilidade das zonas aquíferas analisadas na área de abrangência do Plano.

Figura 3.9. Distribuição espacial, qualidade da água e grau de vulnerabilidade das zonas aquíferas na área de abrangência do Plano.



Elaboração própria. Fonte CPRM/SDS (2013) e Padilha (2013).

4. USOS DA ÁGUA

No diagnóstico dos usos da água na área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas foram analisados

aspectos referentes aos usos não consuntivos³ e usos consuntivos⁴. Primeiramente foi realizada uma análise dos usuários cadastrados no Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH), disponível em <http://www.cadastro.aguas.sc.gov.br/>. Posteriormente, as demandas teóricas foram calculadas para cada setor usuário com base em metodologias empregadas pela ANA e pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2005). Por fim, as informações do cadastro foram confrontadas com as estimativas teóricas das demandas.

4.1. Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH)

O Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos (CEURH) é fundamental para o conhecimento do perfil dos usuários de recursos hídricos de uma região, que possibilita a construção do Sistema de Informações de Recursos Hídricos, um dos instrumentos de gerenciamento previsto na Lei nº 9.433/97 (SIRHESC, 2016). Deve realizar o cadastro qualquer usuário que realiza alguma interferência (i.e., captação de água ou lançamento de efluentes) diretamente em corpo hídrico (rio, córrego, nascente, reservatório, poço raso, poço profundo e etc.) (CNARH, 2017). Cada cadastro corresponde a uma ou mais declaração de uso de água, e esta por sua vez, pode conter uma ou mais interferências. Nas subseções a seguir é apresentada a análise dos cadastros existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú, sendo analisados os cadastros aprovados, reprovados e não avaliados.

4.1.1. Cadastros aprovados

Segundo o CEURH, a área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas apresenta 29 declarações de captações aprovadas, que correspondem a 30 interferências cadastradas e uma vazão total de captação de aproximadamente 1,017 m³/s (consulta realizada em abril de 2017).

Considerando o número de interferências para captações aprovadas por atividade, o abastecimento público possui 2 interferências aprovadas com uma vazão de retirada de aproximadamente 0,910 m³/s. A irrigação possui 23 interferências e é

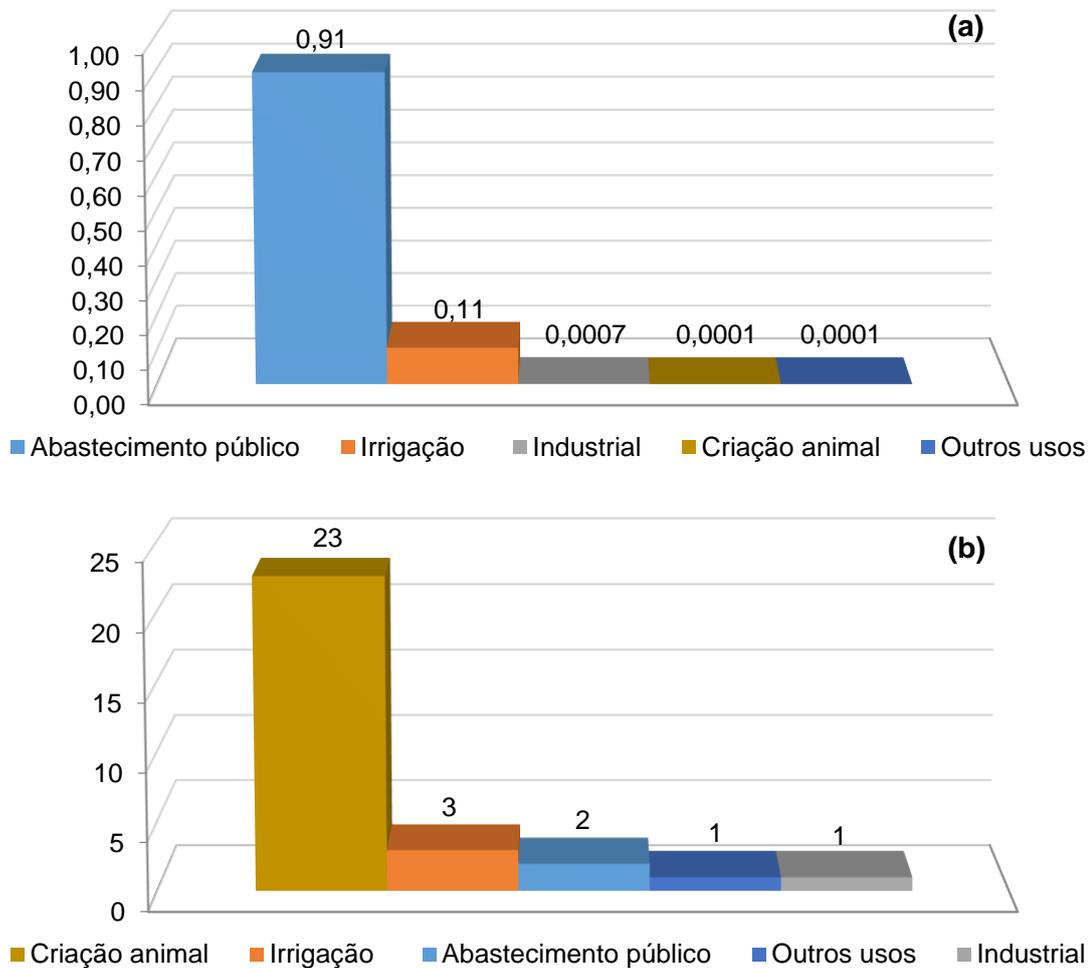
³ Uso da água que se considera não haver impacto significativo sobre a disponibilidade quantitativa da água.

⁴ São usos que reduzem o volume entre a retirada do sistema hídrico e seu retorno. Geralmente são considerados como usos consuntivos: abastecimento humano, animal e industrial e irrigação.

responsável pela segunda maior retirada de água, 0,110 m³/s. “Outros usos” (1 interferência), a criação animal (3 interferências) e a atividade industrial (2 interferências) apresentam valores de vazão captada relativamente menores aos do abastecimento público e irrigação.

A Figura 4.1 apresenta um resumo dos cadastros de captações aprovadas na área de abrangência do Plano.

Figura 4.1. (a) Vazão de captação (m³/s) e (b) número de interferências aprovadas, por atividade.



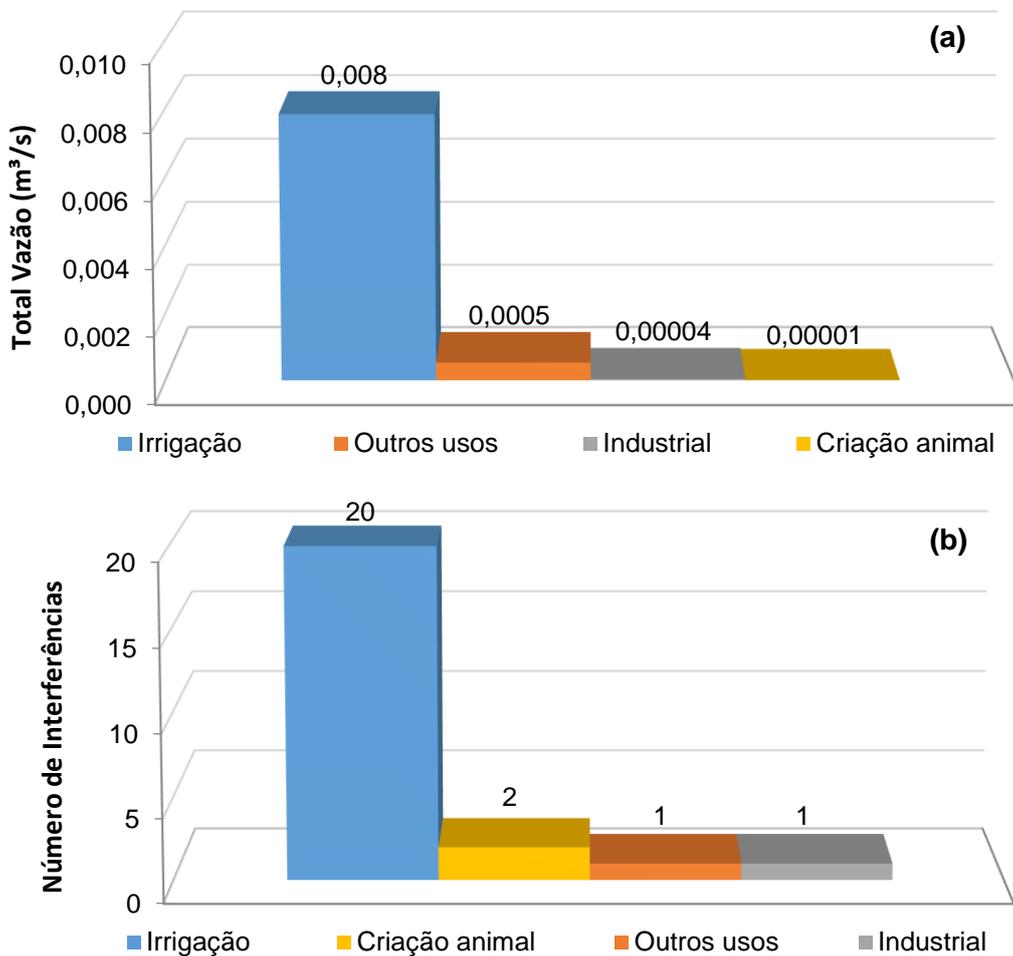
Fonte: CEURH/SDS (Consulta em abril de 2017).

No que se refere aos lançamentos, a área de abrangência do Plano apresenta 23 declarações aprovadas, que correspondem a 24 interferências. A vazão total aprovada para lançamentos é da ordem de 0,009 m³/s (i.e., aproximadamente 1% das vazões de captações aprovadas).

Considerando o número de interferências de lançamentos aprovadas por atividade, a irrigação possui 20 interferências aprovadas, que representam aproximadamente 0,008 m³/s. “Outros usos” (1 interferência), a indústria (1 interferência) e o abastecimento público (2 interferências) apresentam valores de lançamentos aprovados relativamente menores aos da irrigação.

Figura 4.2 apresenta um resumo dos cadastros de lançamentos aprovados na área de abrangência do Plano.

Figura 4.2. (a) Vazão de lançamento (m³/s) e (b) número de interferências aprovadas, por atividade.



Fonte: CEURH/SDS (Consulta em abril de 2017).

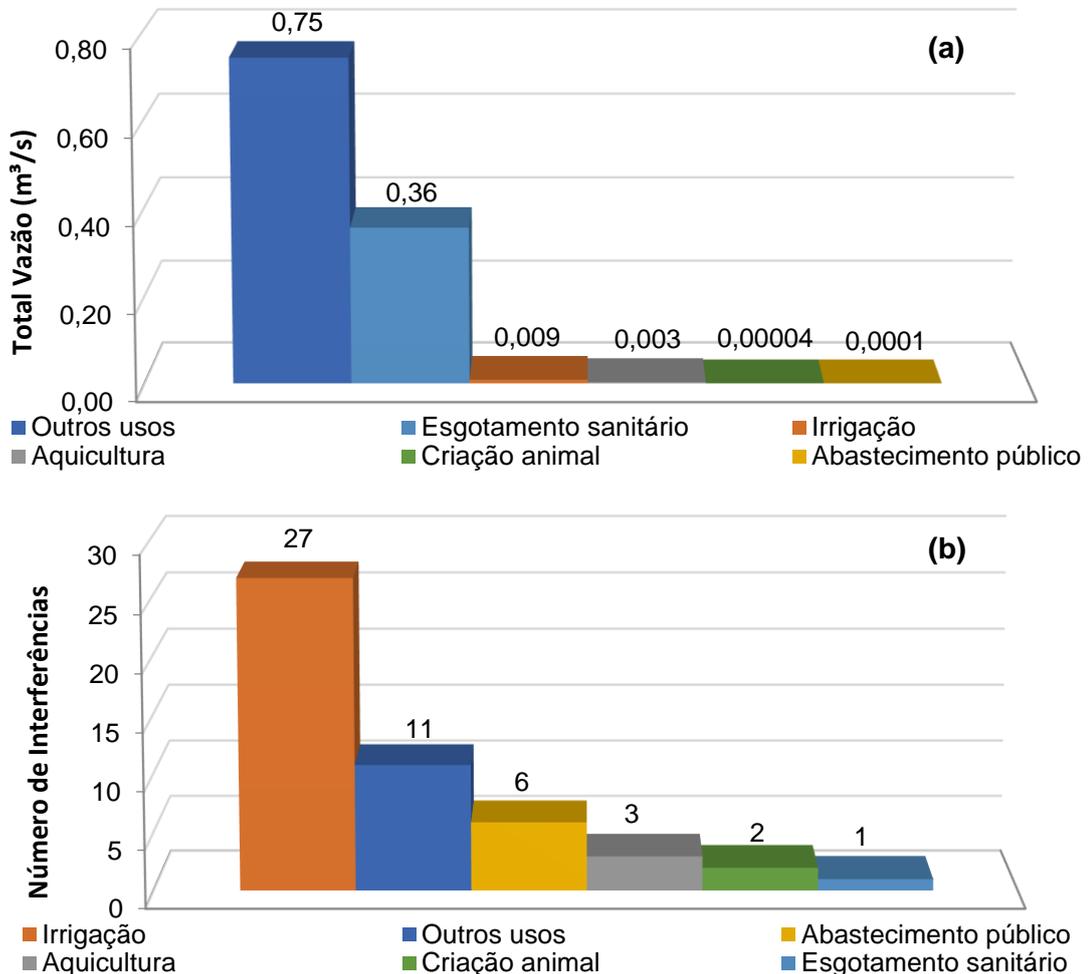
4.1.2. Cadastros reprovados

Com relação à vazão e ao número de declarações reprovadas para captações, a área de abrangência do Plano apresenta 47 declarações, que correspondem a 50 interferências e uma vazão de retirada aproximada de 1,128 m³/s (valor ligeiramente superior a vazão de retirada total dos cadastros aprovados).

Considerando o número de interferências para captações reprovadas por atividade, o setor da irrigação é o que apresenta o maior número, 27 interferências. Em seguida aparecem “outros usos” com 11 interferências reprovadas, o abastecimento público com 6 interferências, a aquicultura com 3 interferências, a criação animal com 2 interferências e por fim o esgotamento sanitário com 1 interferência reprovada.

A Figura 4.3 apresenta um resumo dos cadastros de captações reprovadas na área de abrangência do Plano.

Figura 4.3. (a) Vazão de captação (m^3/s) e (b) número de interferências reprovadas, por atividade.



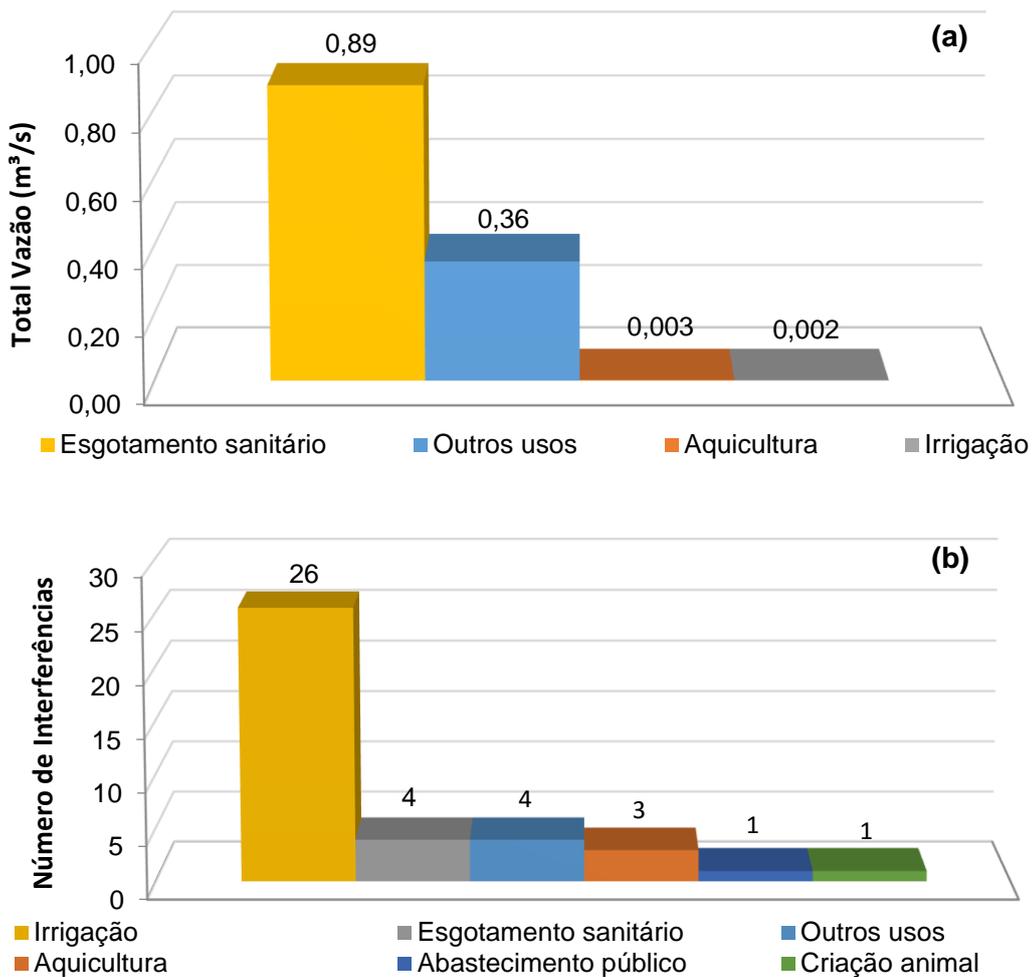
Fonte: CEURH/SDS (Consulta em abril de 2017).

No que se refere aos lançamentos, a área de abrangência do Plano apresenta 38 declarações reprovadas, que correspondem a 39 interferências e uma vazão de lançamento de aproximadamente $1,254 m^3/s$. Considerando o número de interferências de lançamentos reprovadas por atividade, a irrigação é que apresenta

o maior número, 26. Em seguida aparece o esgotamento sanitário com 4 interferências, “outros usos” com 4 interferências, aquicultura com 3 interferências e por fim o abastecimento público e a criação animal com 1 interferência cada.

A Figura 4.4 apresenta um resumo dos cadastros de lançamentos reprovados na área de abrangência do Plano.

Figura 4.4. (a) Vazão de lançamento (m^3/s) e (b) número de interferências reprovadas, por atividade.



Fonte: CEURH/SDS (Consulta em abril de 2017).

4.1.3. Cadastros não avaliados

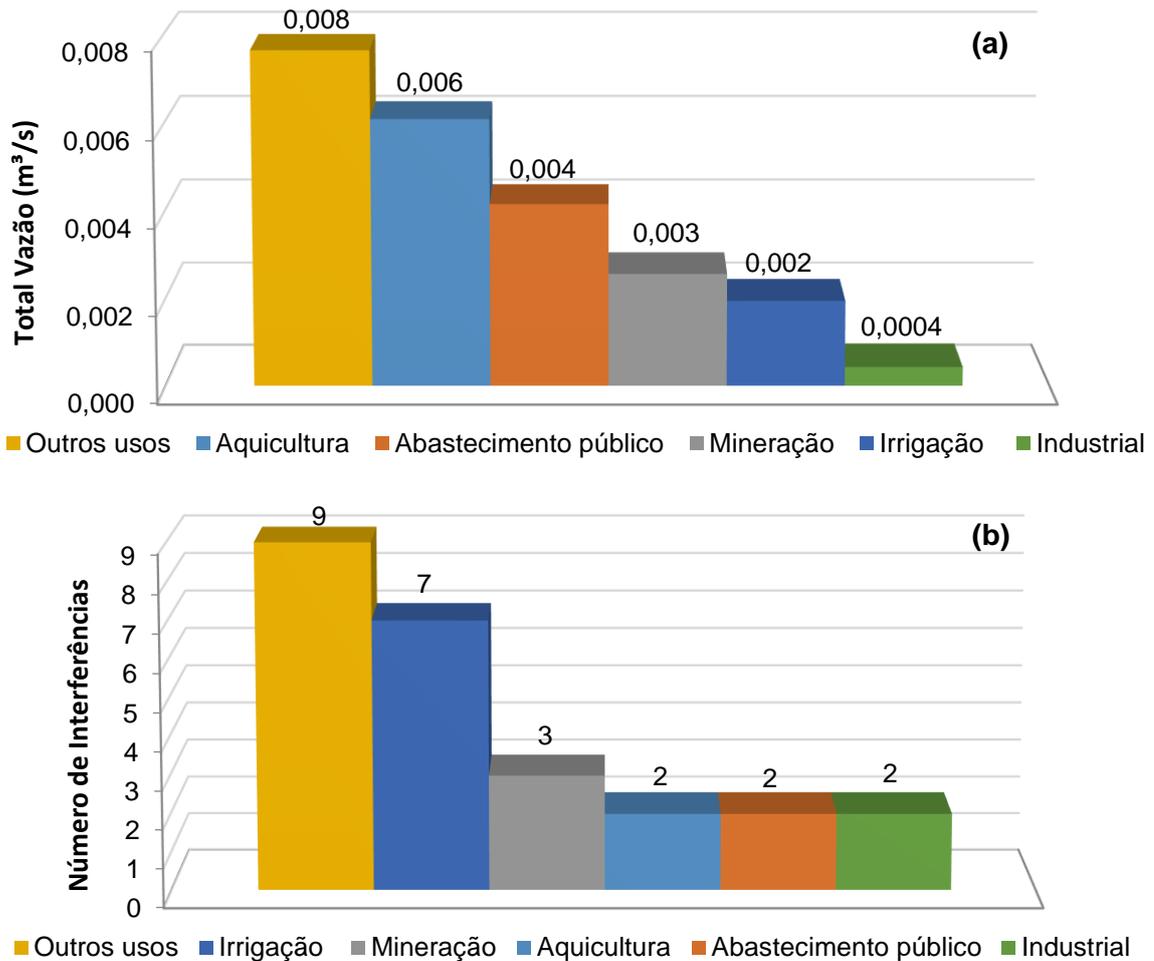
Com relação à vazão e ao número de declarações para captações não avaliadas, a área de abrangência do Plano apresenta 23 declarações, que correspondem a 25 interferências.

Considerando o número de interferências não avaliadas por atividade, “outros usos” representa o maior número (9 interferências), seguida pela irrigação (7 interferências

não avaliadas) e a mineração (3 interferências). O setor da aquicultura, abastecimento público e uso industrial apresentam 2 interferências não avaliadas cada.

A Figura 4.5 apresenta um resumo dos cadastros de captações não avaliados na área de abrangência do Plano.

Figura 4.5. (a) Vazão de captação (m³/s) e (b) número de interferências não avaliados, por atividade.

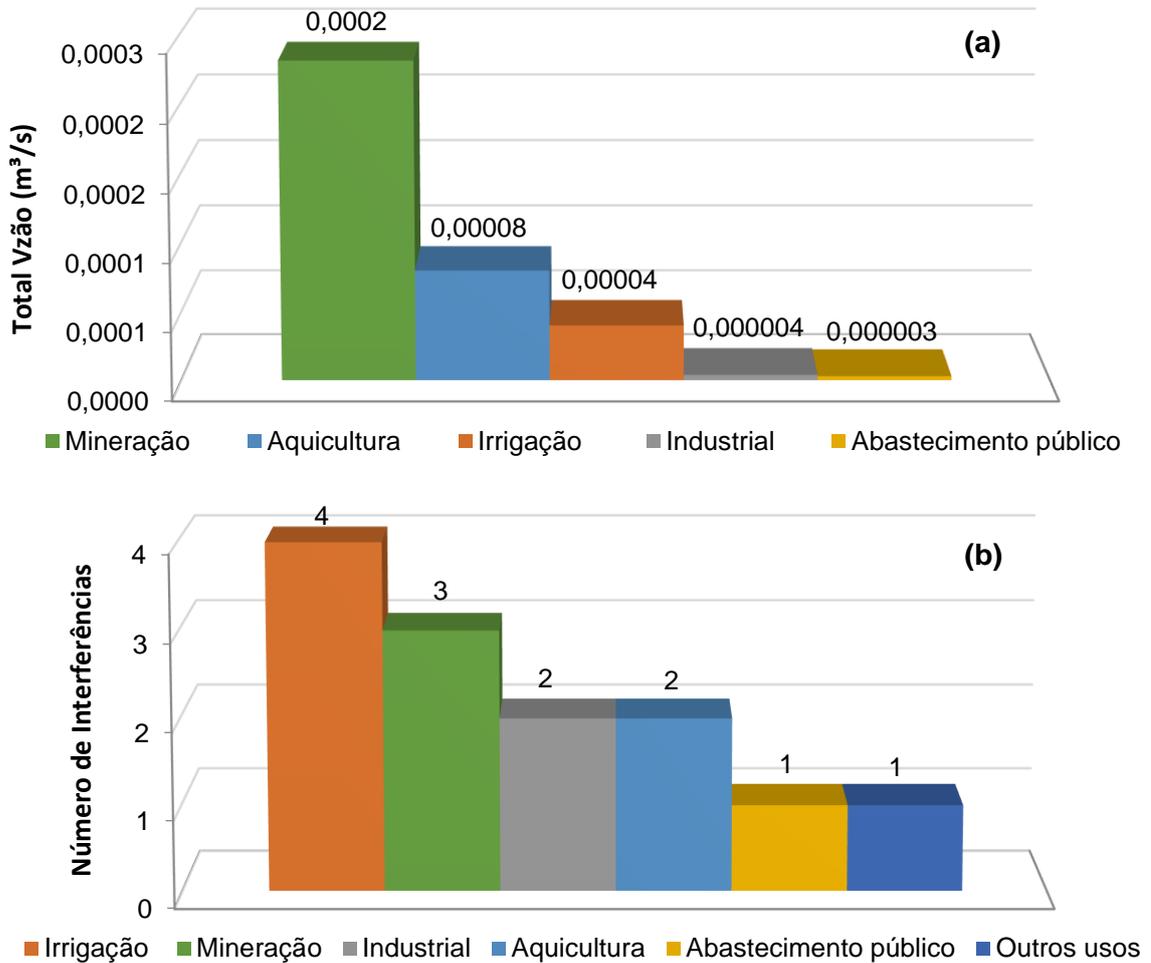


Fonte: CEURH/SDS (Consulta em abril de 2017).

No que se refere aos lançamentos não avaliados, a área de abrangência do Plano apresenta 13 declarações, que correspondem a 13 interferências. Considerando o número de interferências não avaliadas por atividade, a irrigação apresenta 4 interferências não avaliadas, seguido da mineração com 3 interferências.

A Figura 4.6 apresenta um resumo dos cadastros de lançamentos não avaliados na área de abrangência do Plano.

Figura 4.6. (a) Vazão de lançamento (m^3/s) e (b) número interferências não avaliados, por atividade.



Fonte: CEURH/SDS (Consulta em abril de 2017).

4.1.4. Considerações gerais sobre o CEURH na área de abrangência do Plano

A análise dos cadastros existentes na área de abrangência do Plano mostra que o número de interferências com declarações reprovadas é muito superior ao número de interferências com declarações aprovadas. Com relação as captações, existem 99 declarações cadastradas, que representam 105 interferências. Deste total de interferências cadastradas, 48% encontram-se reprovadas, 29% aprovadas e 23% não avaliadas. Com relação aos lançamentos, 51% das interferências cadastradas encontram-se reprovadas, 32% aprovadas e 17% não avaliadas. Contudo, cabe ressaltar que em relação a vazão total das captações cadastradas, as interferências aprovadas e reprovadas apresentam valores semelhantes ($\sim 1,1 m^3/s$). Por outro lado, para os lançamentos cadastrados a vazão total reprovada é muito superior a aprovada.

Levando em conta os motivos que levam a reprovação de cadastros na área de abrangência do Plano, o principal é a inconsistências entre os valores de volume de água captado e lançado, registrado principalmente no setor da irrigação (53 declarações reprovados) e “outros usos” (15 declarações reprovados). O segundo motivo é a falta de dados relativos a atividade objeto do cadastro (p.ex., funcionamento e finalidade). O terceiro motivo é a não necessidade de cadastramento por não se tratar de um usuário e sim de um consumidor de água. Outros motivos que podem ser citados ainda são incoerências nos valores de contribuição média de esgoto per capita ou consumo médio de água per capita, falta de informações sobre as captações e lançamentos, tipo de tratamento e localização dos pontos de captação e lançamento.

Considerando as metas mínimas para cadastros aprovados estabelecidas no Termo de Referência para elaboração deste estudo, a Tabela 4.1 apresenta um resumo da situação atual de cumprimento das metas por atividade.

Tabela 4.1. Análise das metas de cadastro, por atividade, na área de abrangência do Plano.

Atividade	Média de Vazões mensais captadas (m³/mês)¹	Metas mínima de cadastro (80%)	Cadastros Aprovado (m³/mês)	Cadastros Reprovado (m³/mês)
Abastecimento Público	1.536.226,0	1.228.981,0	2.357.838,7	318,8
Irrigação	2.522.301,0	2.017.841,0	277.259,9	22.063,5
Criação de Animais	3.174,0	2.539,0	121,0	93,8
Industrial	179.641,0	143.712,0	120,0	0,0

Elaboração própria. ¹ Valores de referência, de acordo com o Termo de Referência de elaboração do Plano.

Como pode ser observado na Tabela 4.1, com relação a atividade de abastecimento público a meta de cadastramento já foi superada. Neste ponto cabe ressaltar que atualmente existem dois cadastros aprovados na região: um para a EMASA, empresa que atualmente fornece água para os dois municípios da área de abrangência do plano, e um para Aguas de Camboriú, que ainda não possui uma captação própria. No entanto, mesmo descontando o volume mensal cadastrado e aprovado para a empresa Águas de Camboriú (543.438,7 m³/mês) a meta continua superada, considerando que o valor cadastrado pela EMASA é de 1.814.400 m³/mês.

Levando em conta a meta de cadastro para a atividade de irrigação (2.017.841 m³/mês) ainda é necessário um grande esforço de cadastro, pois apenas 14% da

meta foi atingida. Neste ponto é necessário fazer uma reflexão, pois o valor meta está de certa forma superestimado. Se considerarmos o valor de referência para captação de 8.000 m³/ha/ano e que atualmente existem cerca de 970 ha cultivados com arroz (principal produto produzido na região) a vazão média mensal de captação é de cerca de 1.293.333 m³/mês. Considerando 80% deste valor, a meta real seria de cerca de 1.034.667 m³/mês e neste caso 27% da meta estabelecida já estaria cumprida.

Para a atividade de criação animal, onde a meta é de 2.539 m³/mês, apenas 5% está cumprida (121 m³/mês). Vale ressaltar que esta porcentagem está relacionada a apenas 3 interferências cadastradas atualmente, sendo necessário um esforço adicional nas campanhas de cadastro dos usuários relacionados com esta atividade na área de abrangência do Plano. Neste caso, recomenda-se campanhas específicas, principalmente para cadastramento das propriedades que criam bovinos, considerando que é uma das espécies com maior número de cabeças na área de abrangência do Plano (aproximadamente 5.170 cabeças ver Relatório Etapa B – Tabela 4.13) e o alto consumo (50 l/cabeça/dia).

Para a atividade industrial, onde a meta é 134.712 m³/mês, menos de 0,1% está cumprida (120 m³/mês). No entanto, se considerarmos os cadastros não avaliados para esta atividade (2 cadastros) a vazão cadastrada pode atingir cerca de 1% da meta (1.262 m³/mês). Além disso, foi constatado que algumas industrias se encontram cadastradas como “outros usos”, o que pode contribuir com o baixo valor de vazão cadastrada para esta atividade. Neste caso, a retificação destes cadastros pode aumentar a porcentagem de vazão cadastrada em relação a meta. Outros fatores que pode estar contribuindo com a defasagem entre os valores cadastrados e a meta para a atividade industrial são: (1) no cálculo da vazão média mensal captada e da meta para o cadastros das industrias, a atividade da mineração pode ter sido computada junto com a atividade industrial; e (2) parte das industrias na área de abrangência do Plano são na realidade consumidores e não usuários, visto que o valor cadastrado e aprovado para abastecimento público é superior a 100% da meta para esta atividade. Caso todos estes fatores sejam considerados e retificados, 100% da meta para a atividade industrial estará cumprida.

4.2. Estimativas das Demandas

Neste item são apresentadas as estimativas das demandas hídricas na área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas. Tais estimativas foram realizadas com base nas informações compiladas no relatório de Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental (Etapa B) e nas metodologias apresentada pela ANA e pelo Operador Nacional do Sistema (ONS, 2005; ANA, 2015). Foram considerados os seguintes setores usuários: (1) Aquicultura; (2) Mineração; (3) abastecimento humano urbano (residentes); (4) abastecimento humano urbano (população flutuante); (5) abastecimento humano rural; (6) criação animal; (7) uso industrial; e (8) irrigação. Outros usos, como por exemplo geração de energia hidrelétrica e navegação, não foram considerados nas estimativas, pois ou não ocorrem na região ou não são atividades que efetivamente fazer retirada de água, ou seja, não afetam a disponibilidade.

4.2.1. Aquicultura

Os produtos oriundos da aquicultura incluem a produção de camarões, ostras, vieiras, mexilhões caracterizando a maricultura, e a produção de peixes em águas doce que caracterizam a piscicultura. Neste caso, a determinação da demanda hídrica na área de abrangência do Plano para a aquicultura considerou apenas a produção oriunda da piscicultura.

Para realizar tal estimativa, considerou-se os seguintes parâmetros: (1) a demanda de água para a produção de peixes e (2) a produção anual de peixes de água doce na área de abrangência do plano. A demanda de água para produção de peixes foi obtido por meio da análise da produção da piscicultura de água doce no Estado de Santa Catarina em 2014 (EPAGRI, 2015), que foi de aproximadamente 2.700 kg/ha de área superficial de tanques/viveiros. Considerando que em 2014 foram utilizados em torno de 14.886 hectares para a piscicultura em Santa Catarina (EPAGRI, 2015) e que os tanques e viveiros possuem uma profundidade média de 1 m (FAO, 1998), estima-se uma demanda de água de aproximadamente 3,71 m³ por kg de produtos da piscicultura ao ano.

A produção anual na área de abrangência do plano foi obtida a partir dos valores publicados pela EPAGRI (2015). O principal produtor na área de abrangência do

Plano é o município de Camboriú, com uma produção de cerca de 35.200 kg ao ano, onde 21.600 kg são Tilápia, 11.200 kg espécies de Carpa, 1.800 kg Jundiá, 200 kg de Pacu e 400 kg de outros peixes (EPAGRI, 2015).

A partir da demanda de água estimado para a piscicultura (3,71 m³/kg/ano) e da produção de peixes na área de abrangência do plano (35.200 kg/ano), estimou-se a vazão de retirada utilizando a seguinte equação:

$$Q_{aqui} = Q_{ref,aqui} \times Produção_{aqui} = 3,71 \times 35.200 = 130.592 \frac{m^3}{ano} = 0,0041 m^3/s$$

4.2.2. Mineração

A estimativa da vazão de retirada pelo setor da mineração considerou os dados referentes ao Valor Adicionado Bruto (VAB, em R\$) das indústrias de extração mineral dos municípios de Balneário Camboriú e Camboriú, para o ano de 2013, segundo dados do Portal Estatístico da Secretaria de Estado do Planejamento de Santa Catarina (SPG/SC, 2016).

A principal substância mineral com maior número de requerimentos na região é o saibro, seguido da areia, argila, água mineral e granito. O detalhamento da localização das lavras, locais com exploração mineral e etapa de licenciamento e que se encontra o empreendimento são apresentados no relatório de Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da área de abrangência do Plano (Etapa B – item 2.4).

Considerando o VAB da indústria extrativa presente na área da abrangência do Plano, R\$ 3.792.100 (ano 2013, SPG/SC,2016), e os valores de referência para a vazão de retirada da mineração (Tabela 4.2), estimou-se uma vazão de retirada utilizando a seguinte equação:

$$Q_{min} = Q_{ref,min} \times VAB_{min} = 37,809 \times 3.792,1 = 143.370 \frac{m^3}{ano} = 0,0045 m^3/s$$

Tabela 4.2. Valores de referência para calculo da vazão de retirada para o setor da mineração.

Atividade extrativa	Vazão de Retirada
	m ³ /ano/ R\$1000
Mineração	37,809

Fonte: ONS (2005). Elaboração própria.

4.2.3. Abastecimento humano urbano

A estimativa da vazão de retirada para o abastecimento humano urbano (Q_u , m³/s) na área da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas foi obtida utilizando a seguinte equação:

$$Q_u = \sum_{i=1}^n \left(Pop_{urbano,i} \times CP_{urbano,i} \times \left(\frac{100}{100 - \text{índice de perdas}_i} \right) \right)$$

onde, $Pop_{urbano,i}$ é o número de habitantes residentes nas áreas urbanas do município i , com base nos dados divulgados pelo IBGE, CP_{urbano} é o consumo per capita da população urbana de cada município (l/habitante/dia) e o *Índice de perdas* representa as perdas físicas da rede de abastecimento dos municípios (SNIS, 2015).

O índice de perdas da rede de abastecimento de cada município (SNIS, 2015) foi utilizado para corrigir a vazão de retirada e assim representar a vazão real necessária para abastecer a população urbana residente considerando as perdas ocorrentes do sistema de abastecimento de água.

A população urbana, valores de consumo per capita e os índices de perdas na distribuição de cada município considerado são apresentadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. População urbana, valores de consumo per capita e o índice de perdas por município.

Municípios	População Urbana (hab.)	Demanda Urbana Per Capita (l/hab./dia)*	Índice de Perdas (%)*
Balneário Camboriú	108.088	261,6	6,05
Camboriú	59.230	167,8	13,61

Elaboração própria. * Conforme SNIS (2015).

Dessa forma,

$$Q_u = \left(108.088 \times 261,6 \times \frac{100}{100-6,05} \right) + \left(59.230 \times 167,8 \times \frac{100}{100-13,61} \right) = 42.912.074 \frac{l}{dia} = 0,497 m^3/s$$

A estimativa da vazão de retorno do abastecimento humano urbano ($Q_{u,r}$, m³/s) foi obtida por meio da seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_{u,r} = Q_u \times k_{u,r} = 0,497 \times 0,8 = 0,397 m^3/s$$

onde, $K_{u,r}$ é o coeficiente de retorno do abastecimento humano urbano, considerado igual a 0,8 conforme indicado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1986).

Por fim, a vazão de consumo para abastecimento humano urbano ($Q_{u,c}$, m³/s) foi obtida por meio da seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_{u,c} = Q_u - Q_{u,r} = 0,497 - 0,397 = 0,100 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.4. Abastecimento população flutuante

A estimativa da vazão de retirada para o abastecimento da população flutuante (Q_{uf} , m³/s) na área de abrangência do Plano considerou a população flutuante no município de Balneário Camboriú. O fluxo de turistas foi estimado com base em estudo publicado pela SANTUR (2008), que indica um aporte de aproximadamente 3 milhões de turistas ao longo do ano com tempo de estadia média de 4,5 dias. O número de turistas, o tempo de estadia médio por mês e o volume de água demandado por mês são apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Sazonalidade do número de turistas, tempo de estadia no município de Balneário Camboriú.

Mês	Número de Turistas	Tempo estadia (dias)	População Equivalente	Volume de água retirado por mês (m ³)*
Jan	425.000	6,12	83.903	680.419,77
Fev	260.000	6,01	55.807	437.973,34
Mar	280.000	5,86	52.929	429.233,02
Abr	260.000	4,4	38.133	279.316,60
Mai	110.000	4,4	15.613	126.615,18
Jun	100.000	4,4	14.667	115.106,62
Jul	180.000	3,3	19.161	155.388,05
Ago	160.000	2,82	14.555	118.035,23
Set	200.000	2,63	17.533	137.598,98
Out	360.000	2,96	34.374	278.759,39
Nov	340.000	3,58	40.573	318.416,90
Dez	330.000	3,99	42.474	344.447,15

Elaboração própria. Fonte: SANTUR (2008). * Calculado considerando um consumo per capita de 261,6 l/hab./dia e perdas de 6,05%, conforme dados do SNIS (2015) para o município de Balneário Camboriú.

Com base nos valores apresentados na Tabela 4.4, a vazão de retirada para abastecimento da população flutuante foi obtida pela seguinte equação:

$$Q_{uf} = \sum_{i=1}^{12} \left(Volume_{mês,i} \times \frac{100}{100 - 6,05} \right) = 3.631.746 \text{ m}^3/\text{ano} = 0,115 \text{ m}^3/\text{s}$$

A estimativa da vazão de retorno ($Q_{uf,r}$, m³/s) foi obtida por meio da seguinte equação:

$$Q_{uf,r} = Q_{uf} \times k_{u,r} = 0,115 \times 0,8 = 0,092 \text{ m}^3/\text{s}$$

onde, $K_{u,r}$ é o coeficiente de retorno do abastecimento humano urbano, considerado igual a 0,8 conforme indicado pela ABNT (1986). Por fim, a vazão de consumo para abastecimento humano urbano flutuante ($Q_{uf,c}$, m³/s) foi obtida por meio da seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_{uf,c} = Q_{uf} - Q_{uf,r} = 0,115 - 0,092 = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.5. Abastecimento humano rural

A estimativa da vazão de retirada para o abastecimento humano rural (Q_r , m³/s) na área da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas foi realizada utilizando a seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_r = Pop_{rural} \times CP_{rural}$$

onde, Pop_{rural} é o número de habitantes residentes nas áreas rurais, conforme levantado no Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da área de abrangência do Plano (Etapa B) e CP_{rural} é o consumo per capita rural (l/habitante/dia). O consumo per capita rural foi considerado igual a 100 l/habitante/dia conforme indicado em ANA (2015).

A partir dos dados sobre a população rural dos municípios e o consumo per capita rural, tem-se que:

$$Q_r = Pop_{rural} \times CP_{rural} = 3.130 \times 100 = 313.000 \frac{l}{dia} = 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$$

A estimativa da vazão de retorno do abastecimento humano rural ($Q_{r,r}$, m³/s) foi obtida por meio da seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_{r,r} = Q_r \times k_{r,r} = 0,004 \times 0,5 = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$$

onde, $K_{r,r}$ é o coeficiente de retorno do abastecimento humano rural, considerado igual a 0,5 conforme indicado por ONS (2005).

Por fim, a vazão de consumo para abastecimento humano rural ($Q_{r,c}$, m^3/s) foi obtida por meio da seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_{r,c} = Q_r - Q_{r,r} = 0,004 - 0,003 = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.6. Criação animal

A estimativa da vazão de retirada para criação animal (Q_a , m^3/s) foi realizada utilizando a seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_a = \sum_{i=1}^n (Reb_{\text{espécie},i} \times q_{\text{espécie},i})$$

onde, $Reb_{\text{espécie}}$ é o rebanho por espécie animal i em número de cabeças, conforme levantado no Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da área de abrangência do Plano (Etapa B), e $q_{\text{espécie}}$ é o consumo per capita específico da espécie i (l/cabeça/dia) apresentado na Tabela 4.5.

Tabela 4.5. Valores de consumo per capita para as diferentes espécies de animais

Espécie animal	q (l/cabeça/dia)
Bovino	50
Suíno	10
Bubalino	50
Equino	40
Ovino	8
Caprino	8
Aves	0,20

Fonte: Rebouças et al. (2006). Elaboração própria.

A partir do número do efetivo de rebanho para os municípios da área de abrangência do Plano e os valores de consumo per capita para cada tipo de animal, tem-se:

$$Q_a = (5.170 \times 50) + (25.332 \times 0,2) + (243 \times 10) = 265.996,4 \text{ l/dia} = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$$

A estimativa da vazão de retorno da criação animal ($Q_{a,r}$, m³/s) foi obtida por meio da seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_{a,r} = Q_a \times k_{a,r} = 0,003 \times 0,2 = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s}$$

onde, $K_{a,r}$ é o coeficiente de retorno da criação animal, considerado igual a 0,2 conforme indicado por ONS (2005).

Por fim, a vazão de consumo para criação animal ($Q_{a,c}$, m³/s) foi obtida por meio da seguinte equação (ONS, 2005):

$$Q_{a,c} = Q_a - Q_{a,r} = 0,003 - 0,0006 = 0,0024 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.7. Uso industrial

A vazão de retirada para uso industrial (Q_{ind} , m³/s) foi obtida pela metodologia apresentada pela ONS (2005) baseada no VAB dos diversos setores industriais presentes na área de abrangência do plano. O VAB municipal para o ano de 2013 para as diferentes atividades industriais foi fornecido pela SPG/SC (2016). Dessa forma, a vazão de retirada para uso industrial pôde ser obtida em função do tipo da indústria.

Os valores de referência da vazão de retirada e retorno, de acordo com a atividade industrial, utilizados no cálculo são apresentadas na Tabela 4.6 a seguir.

Tabela 4.6. Valores de referência das vazões de retirada de acordo com a atividade industrial.

Atividade Industrial	Vazão de Retirada	Vazão de Retorno
	m ³ /ano/ R\$1000	m ³ /ano/ R\$1000
Construção Civil	7,751	6,217
Utilidades: Eletricidade, Gás, Água, Esgoto	7,751	6,217
Alimentos e Bebidas	7,737	6,189
Automobilística	7,751	6,217
Têxtil	8,754	7,003
Eletrometal mecânica	3,234	2,586
Madeira e celulose	24,414	19,531
Outros	7,751	6,217

Elaboração própria. Fonte: ONS (2005).

Considerando o VAB de cada atividade industrial, levantados no Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da área de abrangência do Plano (Etapa B), e os valores de referência apresentados na Tabela 4.6, tem-se a vazão de retirada industrial calculada utilizando a seguinte equação:

$$Q_{ind} = \sum_{i=1}^n (VAB_{atividade,i} \times Ref_{retirada,atividadei}) = 6.086.448 \text{ m}^3/\text{ano} = 0,193 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando o VAB de cada atividade industrial e os valores de referência para o retorno (Tabela 4.5), tem-se as seguintes vazões de retorno e consumo:

$$Q_{ind,r} = \sum_{i=1}^n (VAB_{atividade,i} \times Ref_{retorno,atividadei}) = 4.884.926,4 \text{ m}^3/\text{dia} = 0,155 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{ind,c} = Q_{ind} - Q_{ind,r} = 0,193 - 0,155 = 0,038 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.8. Irrigação

A vazão de retirada para irrigação (Q_{irr} , m^3/s) foi estimado utilizando as áreas de cultivo, obtidas a partir do mapa de uso e ocupação do solo da área de abrangência do Plano (Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da área de abrangência do Plano – Etapa B), e a taxa média de retirada de água pela rizicultura e outras culturas presentes na área de abrangência do Plano. Para separar a área de rizicultura das demais culturas agrícolas foi realizada uma análise multitemporal de imagens de satélite, obtidas pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do satélite Landsat-8, ao longo do ano de 2014/2015 (Figuras 4.7). Por meio desta análise chegou-se aos seguintes valores de áreas cultivadas:

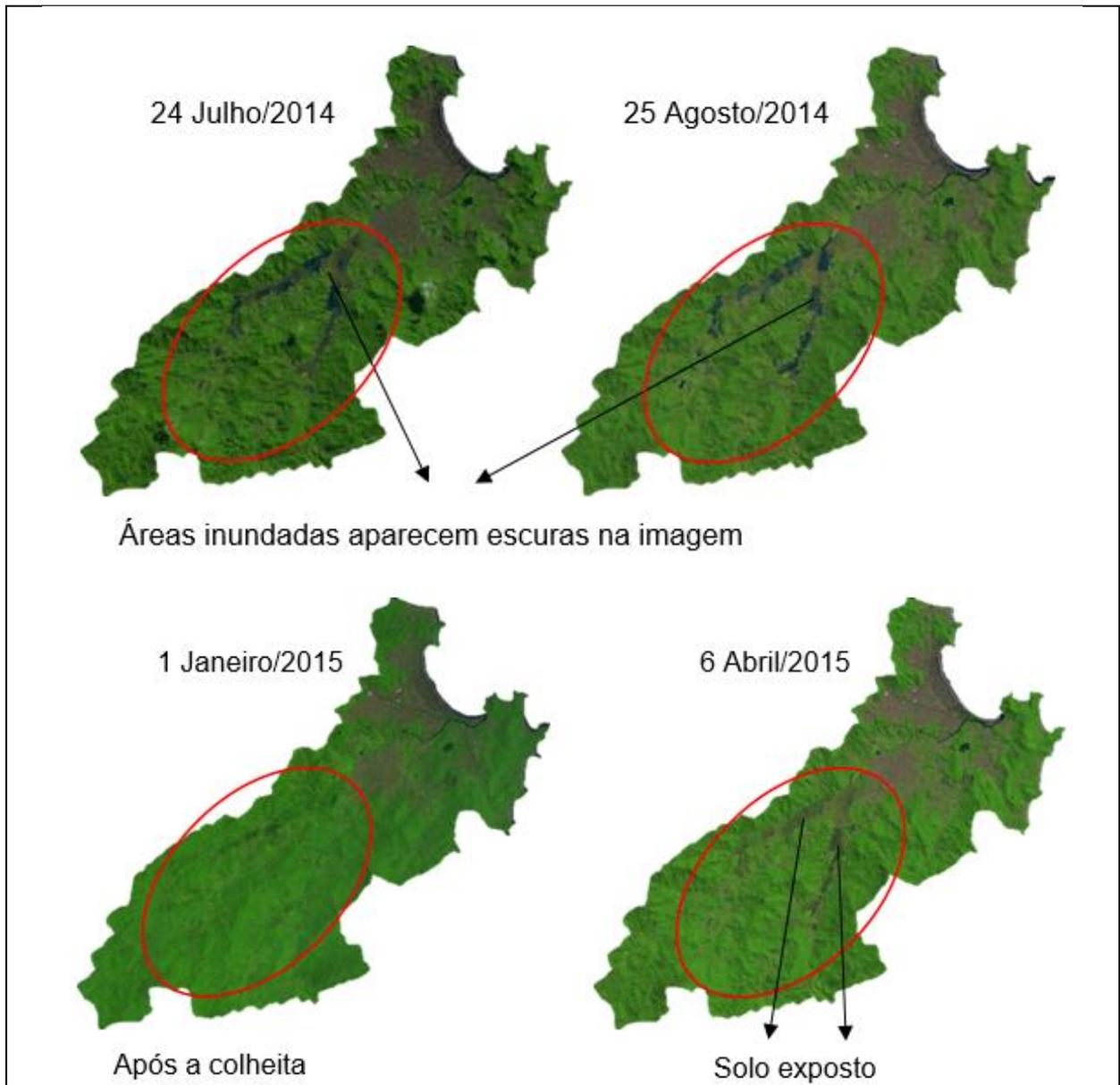
- Área de cultivo total: 1.164 ha;
- Área com rizicultura: 970 ha;
- Área com outras culturas: 194 ha.

Os valores de taxa média de retirada foram obtidos através dos cadastros aprovados no CEURH. Neste caso foram obtidas as seguintes taxas:

- Taxa de retirada média da rizicultura na Bacia do Rio Camboriú: 7.445,2 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$;

- Taxa de retirada média da olericultura/outras culturas na Bacia do Rio Camboriú: 609,6 m³/ha/ano.

Figura 4.7. Análise multitemporal das imagens coletadas pelo sensor OLI (composição R4G5B2), abordo do satélite Landsat-8, para discriminar as áreas de rizicultura dentro da área de abrangência do Plano.



Elaboração própria.

Assim, a vazão de retirada para irrigação foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$Q_{irr} = \sum_i^n (Taxa_{cultura,i} \times Área_{cultura,i}) = (7.445,2 \times 970) + (606,9 \times 194)$$

$$= 7.339.583 \text{ m}^3/\text{ano} = 0,233 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para se chegar aos valores de vazão de retorno e consumida foi aplicado um coeficiente de retorno de 0,32, obtido a partir de ONS (2005), que considerou as eficiências dos métodos de irrigação utilizados e as perdas por evaporação:

$$Q_{irr,r} = (Q_{irr} \times 0,32) = 0,233 \times 0,32 = 0,0745 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{irr,c} = Q_{irr} - Q_{irr,r} = 0,233 - 0,075 = 0,158 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.9. Compilação das estimativas e análise espaço-temporal

A vazão de retirada total (VRT) estimada para a área de abrangência do Plano considerando todos os usos é de cerca de 1,053 m³/s. As maiores vazões de retirada estão vinculadas ao abastecimento urbano dos residentes (47,15%), irrigação (22,11%), industrial (18,31%) e abastecimento da população flutuante (10,91%). Os menores estão relacionados a mineração (0,47%), aquicultura (0,38%), abastecimento rural (0,38%) e criação animal (0,28%). O resumo completo das vazões de retirada estimadas por setor usuário de água na área de abrangência do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas pode ser observado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7. Resumo das vazões de retirada, estimadas por setor usuário de água, na área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas.

Atividade	Vazão de Retirada (m ³ /s)	%
População urbana (residentes)	0,497	47,15
População flutuante	0,115	10,91
População rural	0,004	0,38
Irrigação	0,233	22,11
Criação animal	0,003	0,28
Indústria	0,193	18,31
Mineração	0,005	0,47
Aquicultura	0,004	0,38

Elaboração própria.

Utilizando a divisão hidrográfica da área de abrangência do Plano (ottobacias em nível 8 de detalhamento) e o mapeamento de uso e cobertura da terra existente (ver

Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da área de abrangência do Plano – Etapa B), os valores de vazão de retirada de cada setor usuário foram distribuídos espacialmente, permitindo assim uma análise espacial das demandas em regiões específicas da área estudada.

Os valores de vazão de retirada para o abastecimento da população urbana (residente), população flutuante e uso industrial foram distribuídos levando em conta o tipo de setor censitário e a porcentagem de área urbanizada/construída em cada ottobacia. Neste caso foram consideradas apenas as ottobacias localizadas nos setores censitários urbanos e a demanda da população flutuante foi alocada apenas nas ottobacias do município de Balneário Camboriú.

A demanda da população rural foi distribuída levando em conta apenas as ottobacias localizadas nos setores censitário rurais. Neste caso, a demanda foi distribuída espacialmente levando em conta a porcentagem de área construída nestas ottobacias. A distribuição espacial da demanda para a criação animal levou em conta a proporção de áreas mapeadas com pasto em cada ottobacia. Por fim, a demanda da irrigação foi distribuída espacialmente levando em conta a proporção de áreas cultivadas em cada ottobacia.

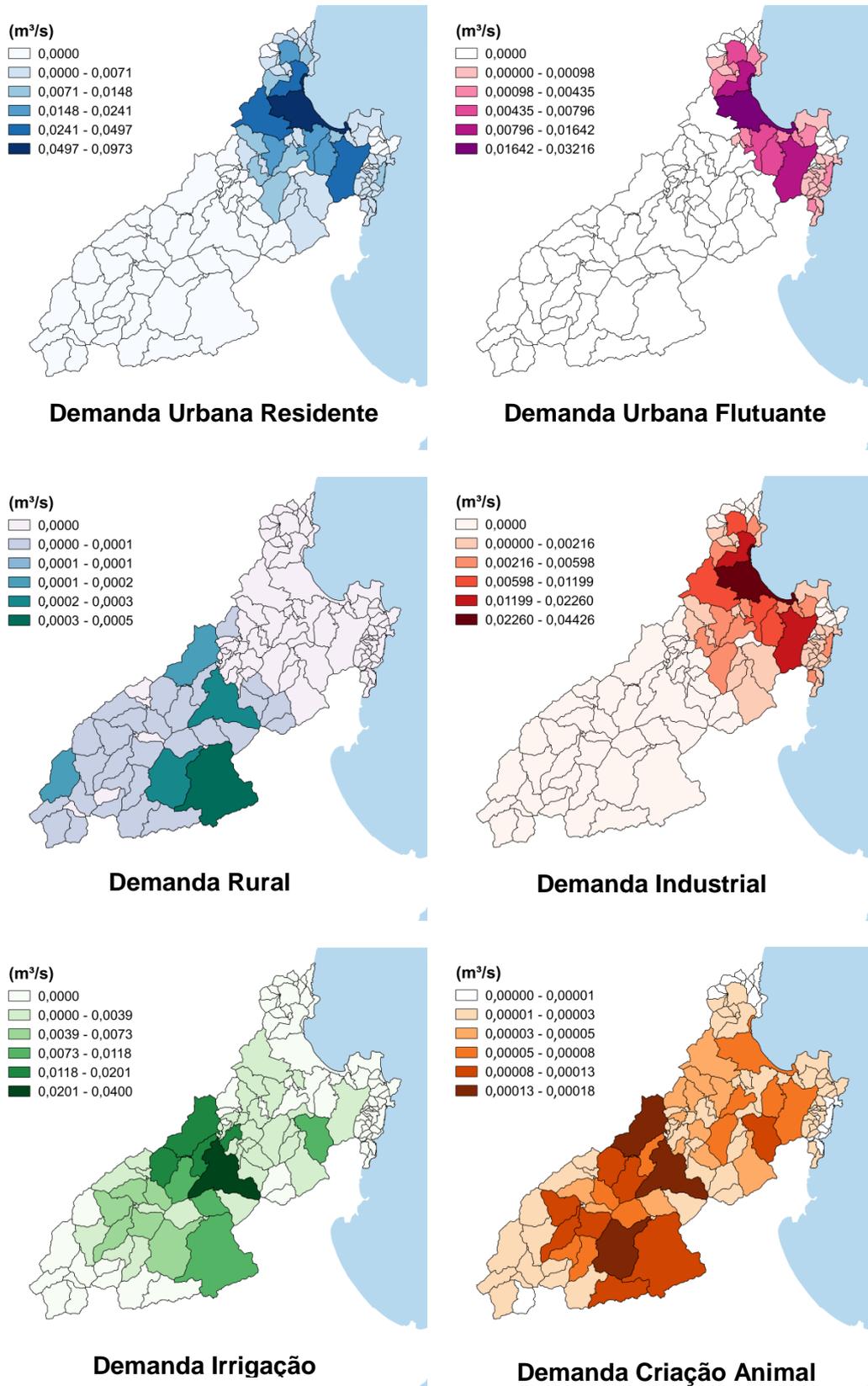
A Tabela 4.8 apresenta o resumo das vazões de retirada estimadas para os diferentes usos consuntivos de acordo com as diferentes sub-bacias/regiões selecionadas para análise, enquanto que a Figura 4.8 apresenta a distribuição espacial das vazões de retirada nas ottobacias da área de abrangência do Plano.

Tabela 4.8. Resumo das vazões de retirada, estimadas por setor usuário para diferentes sub-bacias/regiões da área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas. Os limites das sub-bacias/regiões selecionadas para a análise estão apresentados na Figura 3.1.

ID	Sub-bacia/Região	Vazão de Retirada (m³/s)					
		Q _u ¹	Q _{uf} ²	Q _r ³	Q _{irr} ⁴	Q _a ⁵	Q _{ind} ⁶
1	Rio Camboriú	0,3405	0,0685	0,0042	0,2320	0,0030	0,1290
2	Rio Canoas	0,0000	0,0000	0,0016	0,0746	0,0007	0,0000
3	Rio do Braço	0,0000	0,0000	0,0019	0,0821	0,0010	0,0000
4	Rio Pequeno	0,0372	0,0000	0,0001	0,0162	0,0003	0,0097
5	Região Marambaia e Praia dos Amores	0,1210	0,0350	0,0000	0,0000	< 0,0001	0,0482
6	Região das Praias Agrestes	0,0352	0,0116	0,0000	0,0000	< 0,0001	0,0160

Elaboração própria. ¹ Q_u: retirada para o abastecimento urbano dos residentes; ² Q_{uf}: retirada para o abastecimento urbano da população flutuante; ³ Q_r: retirada para o abastecimento rural; ⁴ Q_{irr}: retirada para irrigação; ⁵ Q_a: retirada para criação animal; ⁶ Q_{ind}: retirada para o uso industrial.

Figura 4.8. Distribuição espacial das vazões de retirada, estimadas para as ottobacias da área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas.



Elaboração própria.

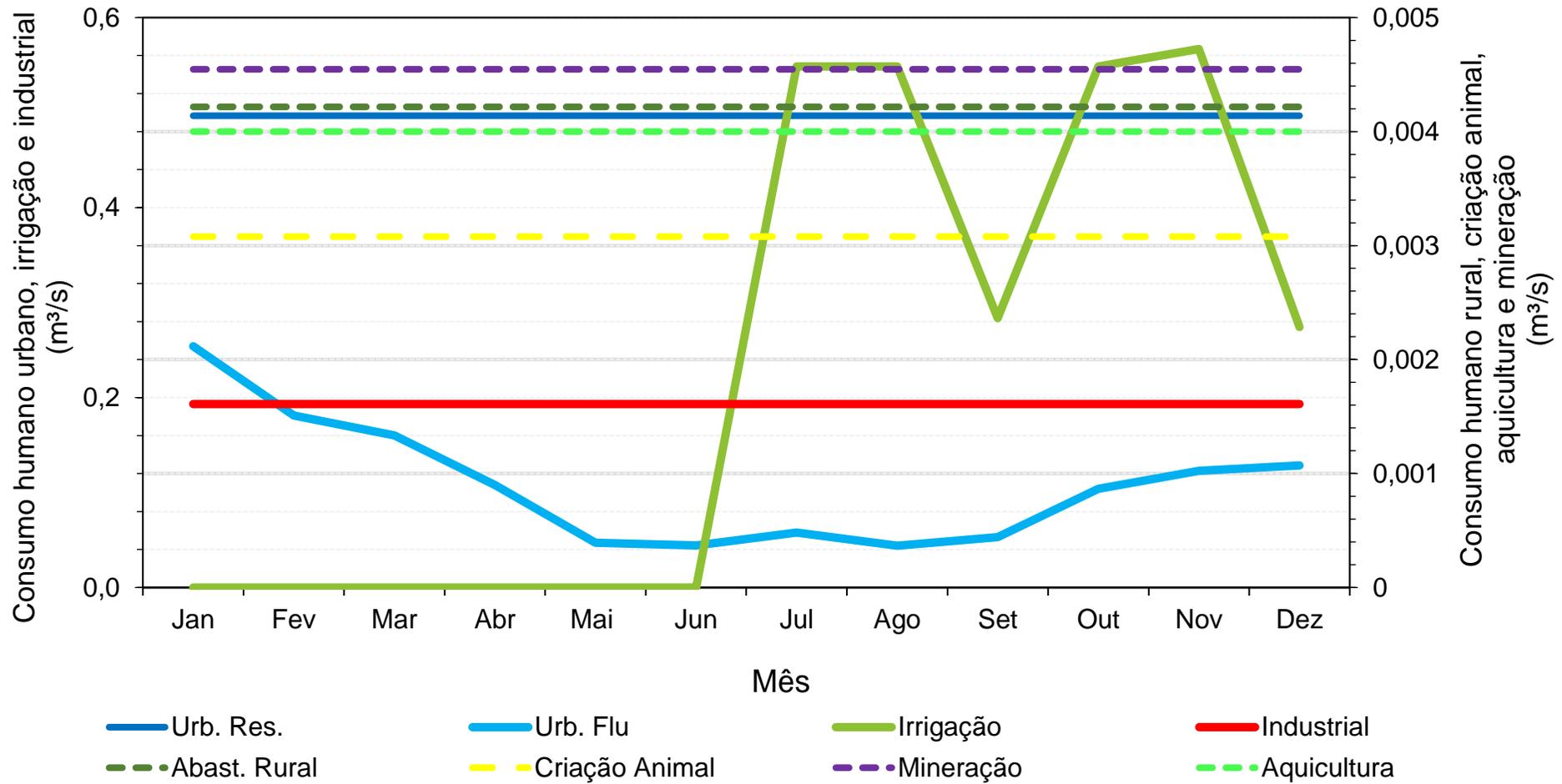
Analisando as demandas hídricas dos usos consuntivos por sub-bacia/região na área de abrangência do Plano verifica-se que as maiores demandas para estão localizadas na sub-bacia/região do Rio Camboriú (0,777 m³/s), seguido pela região do Rio do Braço (0,085 m³/s) e do Rio Canoas (0,077 m³/s). Além disso, a região do Rio Camboriú apresenta a maior demanda de água para os usos consuntivos, com destaque para o abastecimento humano urbano residente (0,340 m³/s), irrigação (0,232 m³/s) e abastecimento humano urbano flutuante (0,069 m³/s).

Analisando os diferentes consumos pela divisão de sub-bacias, nota-se que nas bacias da região urbana da área de abrangências do Plano há um maior consumo de água devido à população urbana (residente e flutuante) e ao consumo industrial. Já na região interior da bacia há o predomínio do consumo de água para a irrigação, população rural e criação animal.

Com relação a variação temporal das demandas, podem ser destacados os usos para irrigação e abastecimento humano urbano da população flutuante. A Figura 4.9 apresenta a variação mensal das vazões de retirada dos diferentes setores usuários. A variação da demanda para irrigação foi estimada com base no calendário agrícola do plantio de arroz fornecido por técnicos da EPAGRI que atuam na região. A variação da demanda para abastecimento humano urbano flutuante foi obtida com base nos estudos de tendência turística elaborados e disponibilizados pela SANTUR (2008).

Levando em conta as estimativas de retirada sazonal apresentadas na Figura 4.9, pode-se concluir que a demanda por água na área de abrangência do Plano é concentrada entre os meses de julho a novembro. Tal concentração ocorre devido ao uso pelo setor da irrigação na região, principalmente para o cultivo de arroz irrigado, e também pela população residente e flutuante ao longo de todo o ano.

Figura 4.9. Variação mensal das vazões de retirada, por uso consuntivo e não consuntivo, na área de abrangência do Plano.



Elaboração própria.

4.3. Comparação entre as demandas cadastradas e estimadas

Considerando os valores apresentados nos itens anteriores, verifica-se que a demanda total estimada para área de abrangência do plano (item 4.1) é superior a demanda cadastrada e aprovada no CEURH (item 4.2), sendo 1,053 m³/s (considerando as estimativas com base em dados secundário) e 0,807 m³/s (considerando os cadastros aprovados⁵). Neste caso, a demanda estimada com base em dados secundários é cerca de 31% superior ao valor atualmente cadastrado e aprovado para área e abrangência do Plano. Tal comparação corrobora com a análise das metas de cadastramento realizada no item 4.1.4, reforçando a necessidade de atualização e complementação do cadastro de usuários de água na região.

Fazendo uma análise entre as demandas estimadas e cadastradas por setor usuário, foi possível identificar detalhadamente quais atividades necessitam de complementação no CEURH. A Tabela 4.9 apresenta um resumo das demandas estimadas e cadastradas por setor usuário.

Tabela 4.9. Resumo comparativo entre as demandas estimadas e cadastradas no CEURH.

Atividade	Estimado (m ³ /s)	Cadastrado e aprovado (m ³ /s)
Abastecimento público	0,612 ¹	0,700 ²
Indústria	0,193	0,00005
Irrigação ³	0,507	0,107
Criação animal	0,003	0,00005
Mineração	0,005	0,00
Aquicultura	0,004	0,00

Elaboração própria. ¹ Considerando população urbana residente e flutuante; ² Foi considerado apenas o valor cadastrado e aprovado da EMASA; ³ Vazões estimadas e cadastradas transformadas para m³/s levando em conta apenas os meses de irrigação (6 meses).

Levando em conta os valores apresentados na Tabela 4.9, bem como as análises prévias do CEURH realizadas no item 4.1.4, as seguintes considerações são feitas:

- Para a atividade de abastecimento público os valores cadastrados e aprovados já atingem 100% da meta estabelecida no Termo de Referência e são superiores aos valores estimados a partir de dados secundários (~0,09 m³/s). Estas observações indicam que outras atividades podem estar sendo

⁵ Descontando o valor cadastrado e aprovado para Águas de Camboriú (~0,21 m³/s).

supridas pelo setor do abastecimento público, por exemplo, algumas indústrias localizadas na região;

- Para a atividade industrial o valor estimado com base em dados secundários é muito superior ao cadastrado. No entanto, como observado anteriormente, parte das indústrias da área de abrangência do Plano podem ser na verdade consumidores e não usuários de água. Esta observação é corroborada pela análise percentual da composição do PIB industrial, que mostra que 83% do PIB industrial dos municípios de Balneário Camboriú e Camboriú é relacionado a atividade de construção civil, que geralmente é um consumidor de água nas obras que executam. Outro fator identificado em nossa análise e que contribuiu para a defasagem entre os valores estimados e cadastrados é que algumas indústrias encontram-se cadastradas como “outros usos” no CEURH;
- Para a atividade de irrigação, o valor de vazão cadastrada e aprovado representa apenas 21% do valor estimado. Se considerarmos os cadastros não avaliados e reprovados esta porcentagem aumenta para cerca de 51% em termos de vazão cadastrada e 41% em termos de área cadastrada. Tais valores indicam a necessidade de intensificar as campanhas de cadastros para este setor usuário especificamente;
- As atividades de criação animal, mineração e aquicultura apresentam valores pequenos de demanda cadastrada. No entanto, as estimativas indicam que estas são atividades com pouco uso de água na área de abrangência do Plano, comparativamente com os outros setores. Em geral, as demandas destes setores se enquadram como usos insignificantes, devido ao baixo volume de água retirado;
- Considerando as estimativas obtidas a partir de dados secundários o mais próximo da realidade local, atualmente cerca de 77% da demanda (em termo de vazão retirada) está cadastrada e aprovada na área de abrangência do Plano. Do restante que ainda necessita de cadastramento, as atividades prioritárias para ações de cadastramento são a irrigação e a indústria.

5. BALANÇO HÍDRICO QUALI-QUANTITATIVO

5.1. Superficial

Para a estimativa do balanço hídrico nas sub-bacias/regiões da área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Camboriú e Contíguas foram considerados aspectos de quantidade e qualidade das águas. Os balanços quantitativo e quali-quantitativo foram avaliados utilizando metodologia semelhante à apresentada pela ANA (2013), por meio da análise da razão entre a demanda total de água e a disponibilidade hídrica. Foram consideradas como indicadores de disponibilidade hídrica a Q_{95} e Q_{98} .

A demanda total de água foi representada pelo somatório entre a VRT e a vazão de subsídio necessária para a diluição de efluentes (Q_s). Para o cálculo da VRT consideraram-se todos os usos consuntivos. A vazão de subsídio para diluição de efluentes de origem orgânica, Q_s , foi calculada a partir da seguinte equação:

$$(Q_s + Q_e) \times [DBO_{mistura}] = (Q_s \times [DBO_{rio}]) + Q_e \times ([DBO_{efluente}])$$

consequentemente,

$$Q_s = \frac{\text{Carga total de DBO lançada} - Q_e \times [DBO_{mistura}]}{[DBO_{mistura}] - [DBO_{rio}]}$$

onde, Q_s é a vazão de subsídio necessária para a diluição dos efluentes, em m^3/s , Q_e é a vazão de efluentes lançados, em m^3/s , $[DBO_{rio}]$ é a concentração de $DBO_{5,20}$ natural do rio, em mg/l , e $[DBO_{mistura}]$ é a concentração de $DBO_{5,20}$ no ponto de mistura, em mg/l .

A concentração de $DBO_{5,20}$ no ponto de mistura foi determinada de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 e equivale a 5 mg/l (rios classe 2). Para a concentração de DBO natural do rio foi considerada o valor de 2 mg/l .

A vazão de efluentes lançados equivale à soma das vazões de retorno das demandas urbana (residente e flutuante), rural e animal, de acordo com seus respectivos coeficientes de retorno.

A carga total de $DBO_{5,20}$ lançada foi calculada através da soma das cargas provenientes de efluentes domésticos e de efluentes da criação animal, lançados em águas superficiais.

A carga orgânica proveniente dos efluentes domésticos, em unidade de kg/dia, foi estimada levando em conta uma $DBO_{5,20}$ per capita de 0,054 kg_{DBO} /habitante/dia (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005) e a população residente e flutuante na área de abrangência do Plano. Foram considerados para o cálculo da carga orgânica de efluentes domésticos as porcentagens por tipo de tratamento dentro de cada bacia (i.e., rede coletora, fossa séptica e sem tratamento).

O cálculo dos efluentes domésticos lançado em águas superficiais considerou a porcentagem coletado por rede e a porcentagem sem coleta. Para o esgotamento por rede coletora foi considerado uma eficiência média de remoção de $DBO_{5,20}$ de 80% segundo determinação da Lei Estadual nº 14.675/2009 (SANTA CATARINA, 2009). Já para a porcentagem de efluente sem coleta e tratamento nenhuma eficiência de remoção foi considerada.

A carga orgânica proveniente de efluentes da criação animal, em unidade de kg/dia, foi estimada levando em conta uma produção de $DBO_{5,20}$ por peso de animal vivo (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005), considerando os efetivos de aves, suínos e bovinos existente na área de abrangência do Plano. A Tabela 5.1 apresenta os valores de produção de $DBO_{5,20}$ diária por tipo de animal.

Tabela 5.1. Valores de produção de $DBO_{5,20}$ diária por espécie animal.

Espécie animal	kg_{DBO}/cabeça/dia
Bovino	0,8400
Suíno	0,1600
Aves	0,0018

Fonte: Adaptado de Von Sperling; Chernicharo (2005).

A partir das informações do CEURH foi possível estimar as porcentagens por tipo de lançamento de efluentes animal (i.e., fertirrigação, lançamento em solo, fossa séptica e infiltração, e lançamento em corpo hídrico). O cálculo dos efluentes da criação animal lançados em águas superficiais considerou apenas o lançamento em corpos hídricos. Neste caso foi considerado uma eficiência média de remoção de

DBO_{5,20} de 80% segundo determinação da Lei Estadual nº 14.675/2009 (SANTA CATARINA, 2009).

A Tabela 5.2 apresenta o resultado das estimativas das cargas de DBO_{5,20} lançadas em águas superficiais e a vazão de subsídio necessária para diluição dos efluentes para diferentes sub-bacias/regiões da área de abrangência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas.

Tabela 5.2. Cargas orgânicas lançadas em água superficial e vazão de subsídio necessária para diluição dos efluentes. Os limites das sub-bacias/regiões selecionadas para a análise estão apresentados na Figura 3.1.

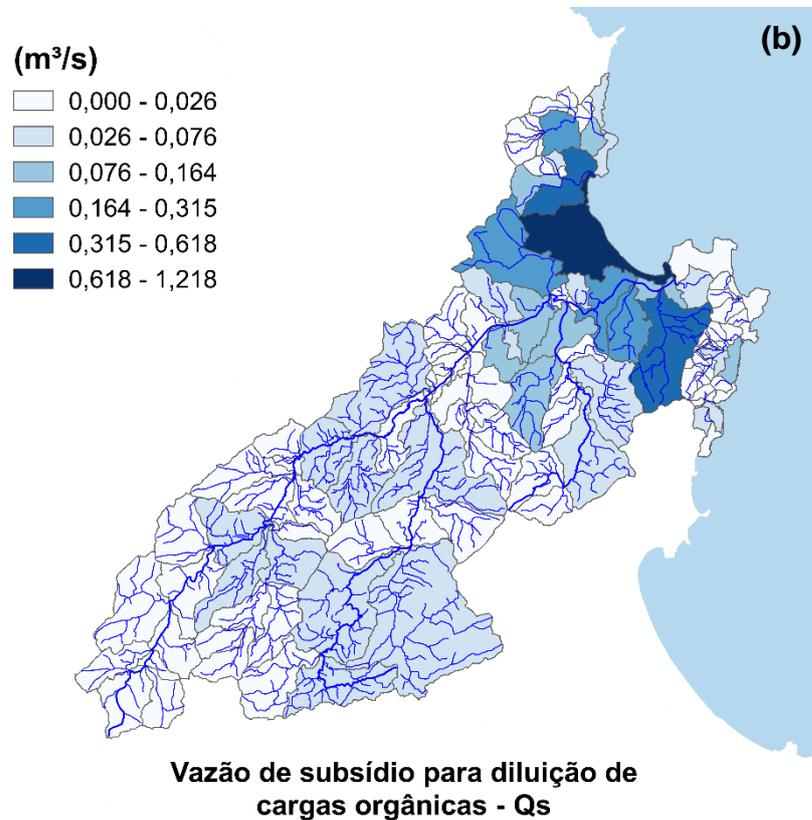
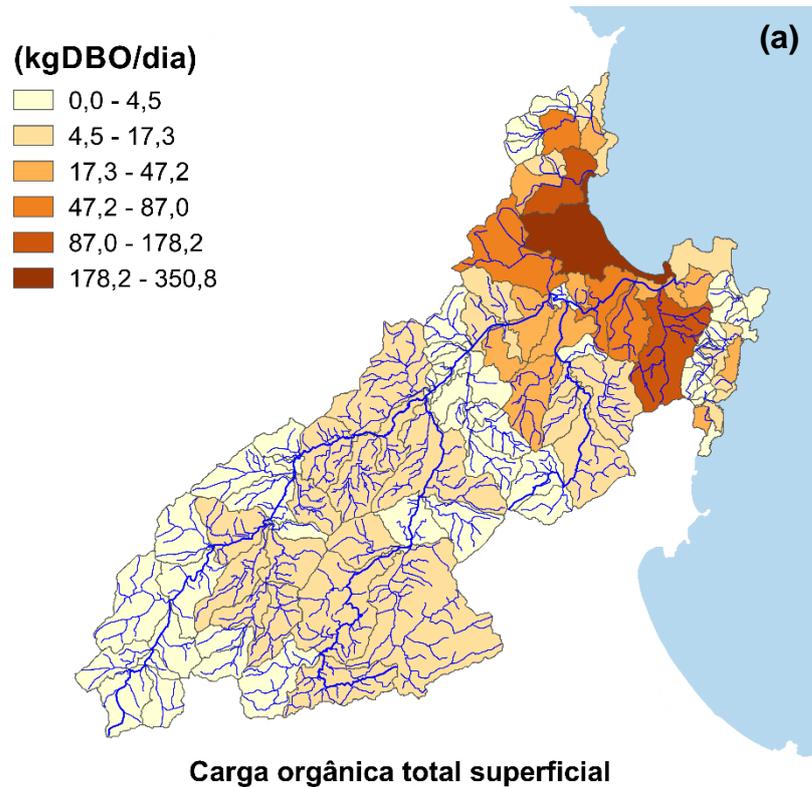
ID	Sub-bacia/Região	Carga de DBO _{5,20} lançada em água superficial			Vazão de subsídio
		Carga doméstica	Carga animal	Carga total	
		kgDBO/dia	kgDBO/dia	kgDBO/dia	m ³ /s
1	Rio Camboriú	984,8	239,1	1223,9	6,19
2	Rio Canoas	4,6	59,8	64,4	0,25
3	Rio do Braço	5,6	82,6	88,1	0,34
4	Rio Pequeno	65,0	27,4	92,3	0,35
5	Região Marambaia e Praia dos Amores	404,9	2,1	407,1	0,07
6	Região das Praias Agrestes	125,6	3,3	128,9	0,03

Elaboração própria.

A partir da Tabela 5.2 é possível observar que nas águas superficiais da Bacia do Rio Camboriú e Contíguas há um maior lançamento de carga de origem doméstica (~1.515 kgDBO/dia) do que da criação animal (~245 kgDBO/dia). Tais valores indicam que as cargas domésticas têm contribuído mais intensamente para uma maior vazão de subsídio, principalmente na região do Rio Camboriú, que possui a maior carga orgânica total lançada em águas superficiais 1.223,9 kgDBO/dia e necessitaria de 6,19 m³/s para diluir essas cargas a níveis aceitáveis pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

A Figura 5.1 apresenta a distribuição espacial das cargas orgânicas totais (domésticas e animais) lançadas em água superficial e da vazão de subsídio necessária para a diluição, segundo a divisão de sub-bacias, na área de abrangência do Plano da Bacia do Rio Camboriú e Contíguas. Observa-se que as cargas domésticas lançadas na região urbana demandam uma grande vazão para diluir as cargas a níveis aceitáveis. As cargas animais na região rural da área de abrangência também contribuem para uma elevada vazão de subsídio em algumas sub-bacias.

Figura 5.1. Estimativa das cargas totais de DBO_{5,20} lançada em águas superficiais (a) e vazão de subsídio necessária para sua diluição (b).



Elaboração própria.

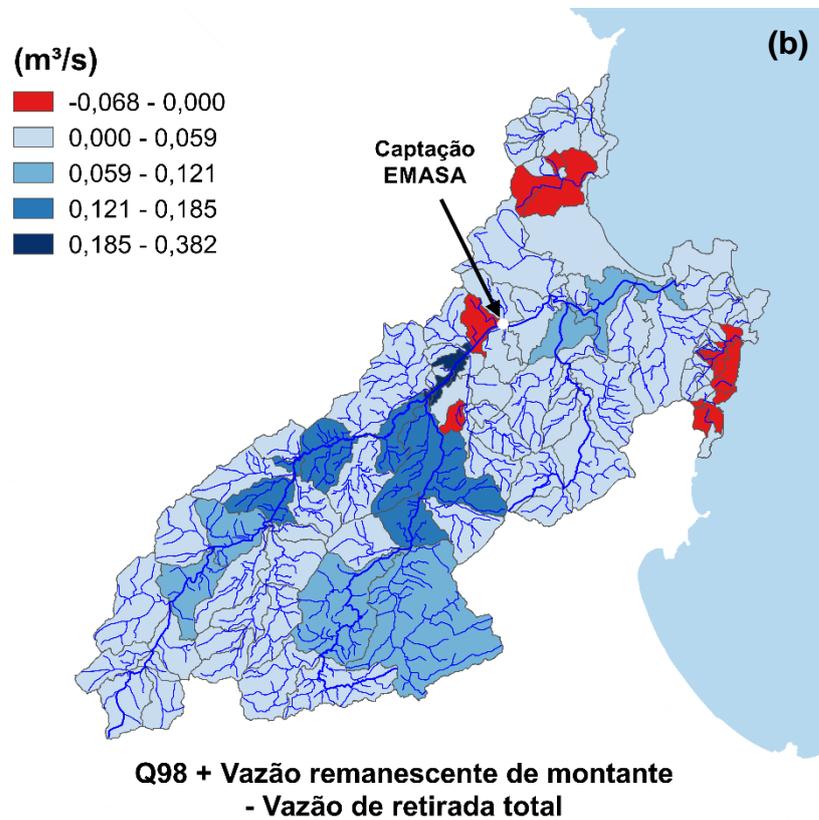
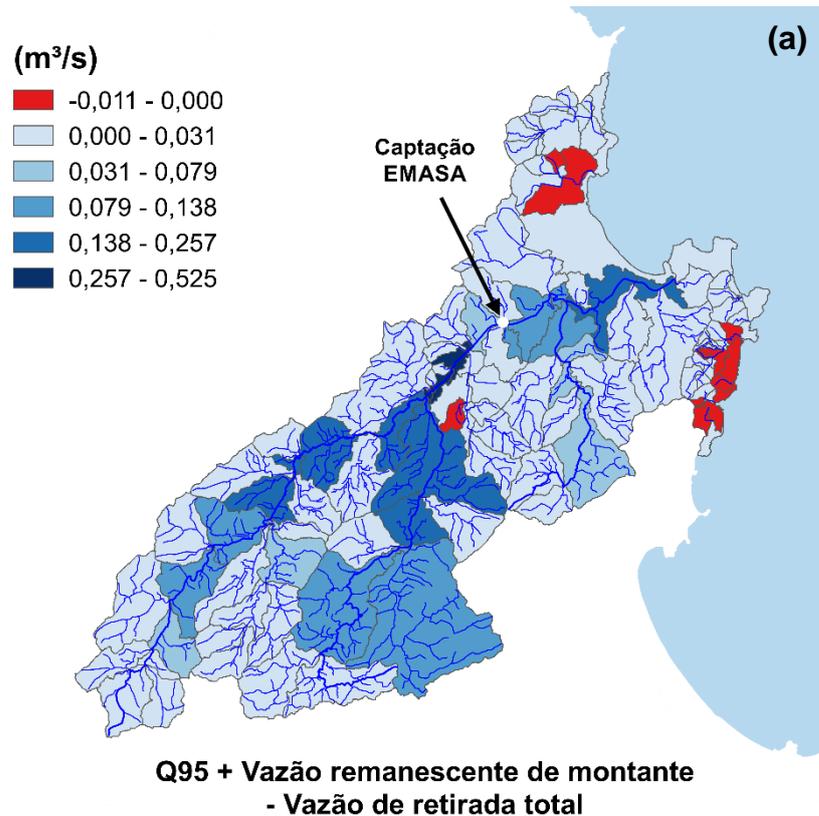
Com base nos resultados das estimativas de cargas orgânicas lançadas em águas superficiais e vazão necessária para a diluição de efluentes, apresentados na tabela e figura acima, e os valores de VRT estimados no capítulo anterior, realizou-se o balanço hídrico levando em consideração as faixas de classificação adotadas pela *European Environment Agency*, sendo consideradas adequadas para o caso brasileiro (ANA, 2013):

- < 5%: Excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre;
- 5 a 10%: Confortável. Pode ocorrer necessidade de gerenciamento para 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.

Para calcular o balanço por ottobacias, considerou-se como disponibilidade de água, além das vazões de referência (Q_{95} ou Q_{98}), a vazão remanescente das bacias a montante. A vazão remanescente foi calculada através da diferença entre a vazão de referência acumulada e a VRT na ottobacia. A vazão remanescente de uma ottobacia foi, então, incorporada a disponibilidade da ottobacia a jusante e uma nova vazão remanescente é calculada. Caso a vazão remanescente de uma bacia obteve valores negativos (o que indica que a vazão de retirada é maior do que a disponibilidade da região) nenhuma vazão foi incorporada a bacia de jusante.

A Figura 5.2 apresenta a diferença entre a disponibilidade e demanda hídrica, considerando as vazões remanescentes.

Figura 5.2. Diferença entre disponibilidade hídrica e VRT por ottobacia. (a) Indicador de disponibilidade hídrica Q_{95} e (b) Indicador de disponibilidade hídrica Q_{98} .



Elaboração própria.

Observa-se na Figura 5.2 que existem ottobacias na região de abrangência do Plano onde a disponibilidade, calculada através da Q_{95} ou Q_{98} acrescidas das vazões remanescentes de montante, não é capaz de suprir as demandas hídricas (ottobacias em vermelho). Entre as ottobacias com déficit hídrico (i.e., $VRT >$ que a disponibilidade acumulada) considerando Q_{95} como disponibilidade, estão bacias da Região do Marambaia e Praia dos Amores com grande consumo industrial, as ottobacias localizadas nas Praias Agrestes que não recebem abastecimento da EMASA e não possuem disponibilidade hídrica suficiente na região, e uma ottobacia sem contribuição de vazão à montante onde a disponibilidade da região não suporta a demanda de água para irrigação. Já entre as ottobacias com déficit hídrico considerando Q_{98} como disponibilidade, além das ottobacias supracitadas está a ottobacia na qual está localizado o ponto de captação para abastecimento público da EMASA, indicando que a Q_{98} naquele ponto não é suficiente para abastecer as demandas urbanas da região.

A Tabela 5.3 apresenta os resultados dos balanços quantitativo (i.e., considerando apenas a VRT) e quali-quantitativo (i.e., considerando a $VRT + Q_s$) de água superficial por sub-bacia/regiões da área de abrangência considerando as vazões de referência Q_{95} e Q_{98} .

Tabela 5.3. Balanços hídricos quantitativo e quali-quantitativo de água superficial utilizando a Q_{95} e Q_{98} como vazão de referência para a disponibilidade hídrica. Os limites das sub-bacias/regiões selecionadas para a análise estão apresentados na Figura 3.1.

ID	Sub-bacia/Região	Q_{95}			Q_{98}		
		VRT	Q_s	(VRT+ Q_s)	VRT	Q_s	(VRT+ Q_s)
1	Rio Camboriú	86,1	570,5	656,6	106,9	708,2	815,1
2	Rio Canoas	25,3	81,7	107,0	31,4	101,4	132,8
3	Rio do Braço	25,3	101,2	126,6	31,5	125,7	157,1
4	Rio Pequeno	48,4	268,5	316,9	60,0	333,3	393,3
5	Região Marambaia e Praia dos Amores	79,8	116,9	196,7	99,1	145,1	244,1
6	Região das Praias Agrestes	123,0	49,6	172,6	152,7	61,6	214,3

Classificação:  Excelente Confortável Preocupante Crítico Muito crítico Péssimo

Elaboração própria.

No cálculo do balanço quali-quantitativo (VTR+ Q_s), considerando a vazão de referência Q_{95} , é possível observar que a condição péssima, a qual indica que a

VRT+Qs equivale a pelo menos 100% da disponibilidade de água, é verificada em todas as sub-bacias/regiões da área de abrangência do Plano.

A vazão de subsídio (Qs) necessária para diluição dos efluentes é a maior responsável pelo agravamento do balanço quali-quantitativo das águas superficiais, como nas regiões do Rio do Braço e Rio Canoas que passam da condição crítica no balanço quantitativo (apenas VRT) para péssima no balanço quali-quantitativo (VRT+Qs) e as regiões do Rio Pequeno, Rio Camboriú, Marambaia e Praia dos Amores que passam da condição muita crítica no balanço quantitativo para péssimo no balanço quali-quantitativo. A região das Praias Agrestes apresenta balanço quantitativo e quali-quantitativo péssimos apesar de baixa vazão necessária para diluição das cargas orgânicas.

Utilizando a vazão de referência Q_{98} para o cálculo do balanço quali-quantitativo, é possível observar que a condição péssima, a qual indica que a VRT+Qs equivale a pelo menos 100% da disponibilidade de água, é verificada em todas as sub-bacias/regiões da área de abrangência do Plano. Nota-se que a vazão de subsídio é a maior responsável pelo agravamento do balanço quali-quantitativo das águas superficiais, como nas regiões do Rio do Braço e Rio Canoas que passam da condição crítica no balanço quantitativo (apenas VRT) para péssima no balanço quali-quantitativo (VRT+Qs). As regiões do Rio Pequeno e Marambaia e Praia dos Amores passam da condição muita crítica no balanço quantitativo para péssima no balanço quali-quantitativo e as regiões do Rio Camboriú e Praias Agrestes apresentam balanço quantitativo e quali-quantitativo péssimos.

Outros fatores determinantes para a situação muito crítica e péssima das sub-bacias/regiões da área de abrangência do Plano estão: ponto de captação de água para abastecimento da população residente e flutuante das regiões do Rio Pequeno, Rio Camboriú, Marambaia e Praia dos Amores ocorre no Rio Camboriú; a alta densidade populacional urbana e o grande aporte de turistas nas regiões Marambaia e Praia dos Amores, Praias Agrestes e Rio Camboriú devido ao lançamento de cargas provenientes de efluentes domésticos; a irrigação nas regiões do Rio do Braço, Rio Canoas, Rio Pequeno e Rio Camboriú; e o consumo de água industrial nas regiões do Rio Camboriú e Praias Agrestes.

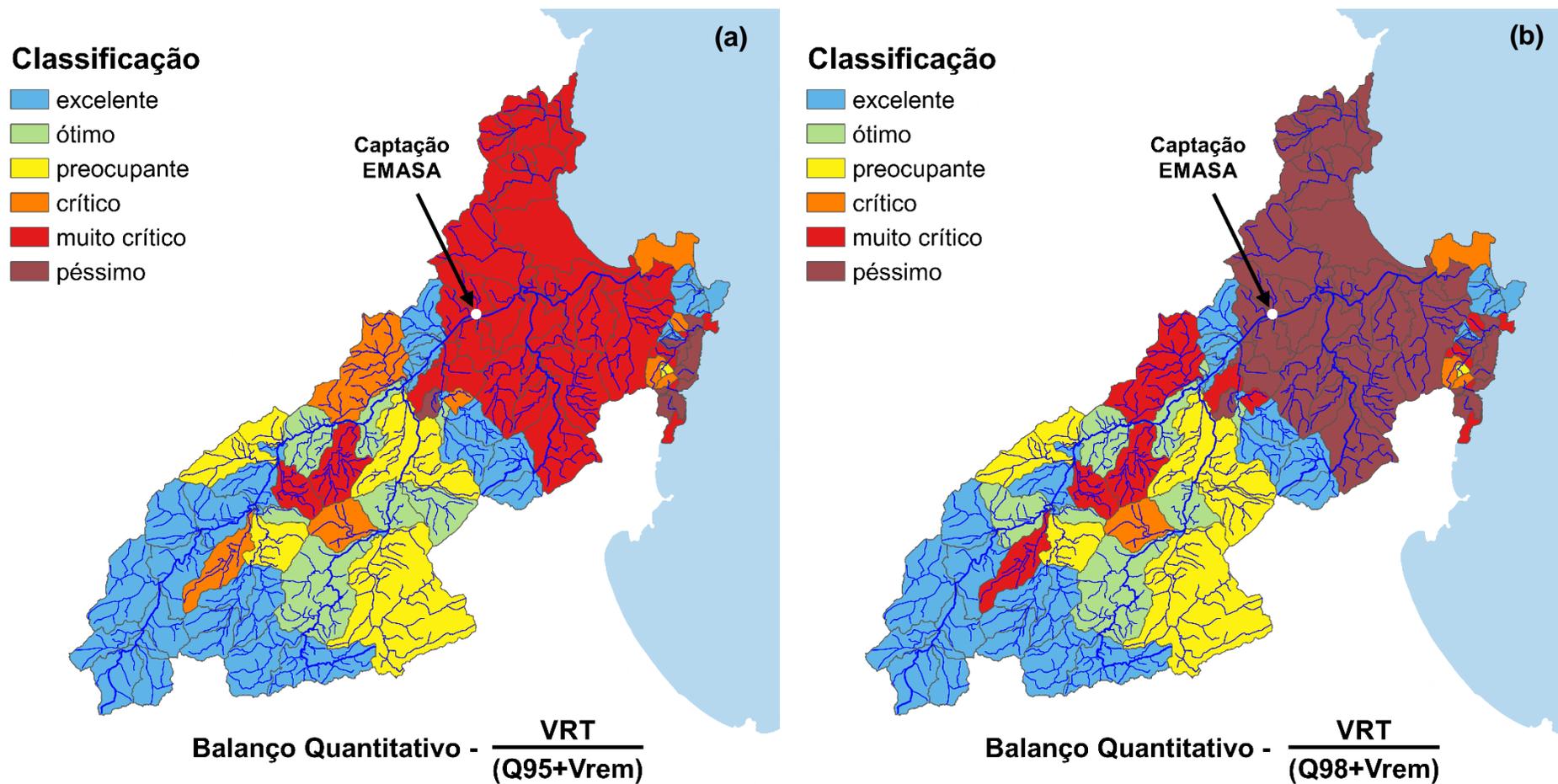
Em uma análise por ottobacia (Figura 5.3 e Figura 5.4), observa-se que, para o balanço quantitativo que considera a Q_{95} , as bacias nascentes de montante do interior da área de abrangência apresentam classificação “excelente” ou “ótima”. As ottobacias ao centro da área de abrangência apresentam situação de “ótima” à “crítica” devido à intensa irrigação na região. Algumas ottobacias que não possuem contribuição de montante nessa região apresentam situação “muito crítica”. Já as ottobacias da região urbana da área de abrangência apresentam situação “muito crítica” devido as altas demandas urbanas (residentes e flutuantes) que demandam aproximadamente 85% da Q_{95} no ponto de captação da EMASA. Além disso, a região das Praias Agrestes, que atualmente não possui abastecimento de água, apresenta situação “péssima” devido à baixa disponibilidade da região.

Já o balanço que considera a Q_{98} apresenta características semelhantes para a área de abrangência do plano, porém as demandas hídricas da região urbana apresentam situação “péssima” devido ao fato de que a demanda hídrica de abastecimento urbano é maior que a própria Q_{98} .

Analisando o balanço quali-quantitativo a partir da Q_{95} , observa-se que as ottobacias da região urbana e das Praias Agrestes apresentam situação “muito crítica” e “péssima” devido a vazão de subsídio para diluição de cargas orgânicas domésticas lançadas nessas regiões. Ainda são observadas ottobacias com situação “péssima” e “muito crítica” nas regiões do interior da Bacia devido as vazões de diluição de cargas orgânicas animais. Considerando a vazão Q_{98} como disponibilidade, a situação se agrava e as ottobacias da Região do Rio Marambaia e Praia dos Amores passam a apresentar situação “péssima” devido à soma das vazões de retirada e vazões de diluição.

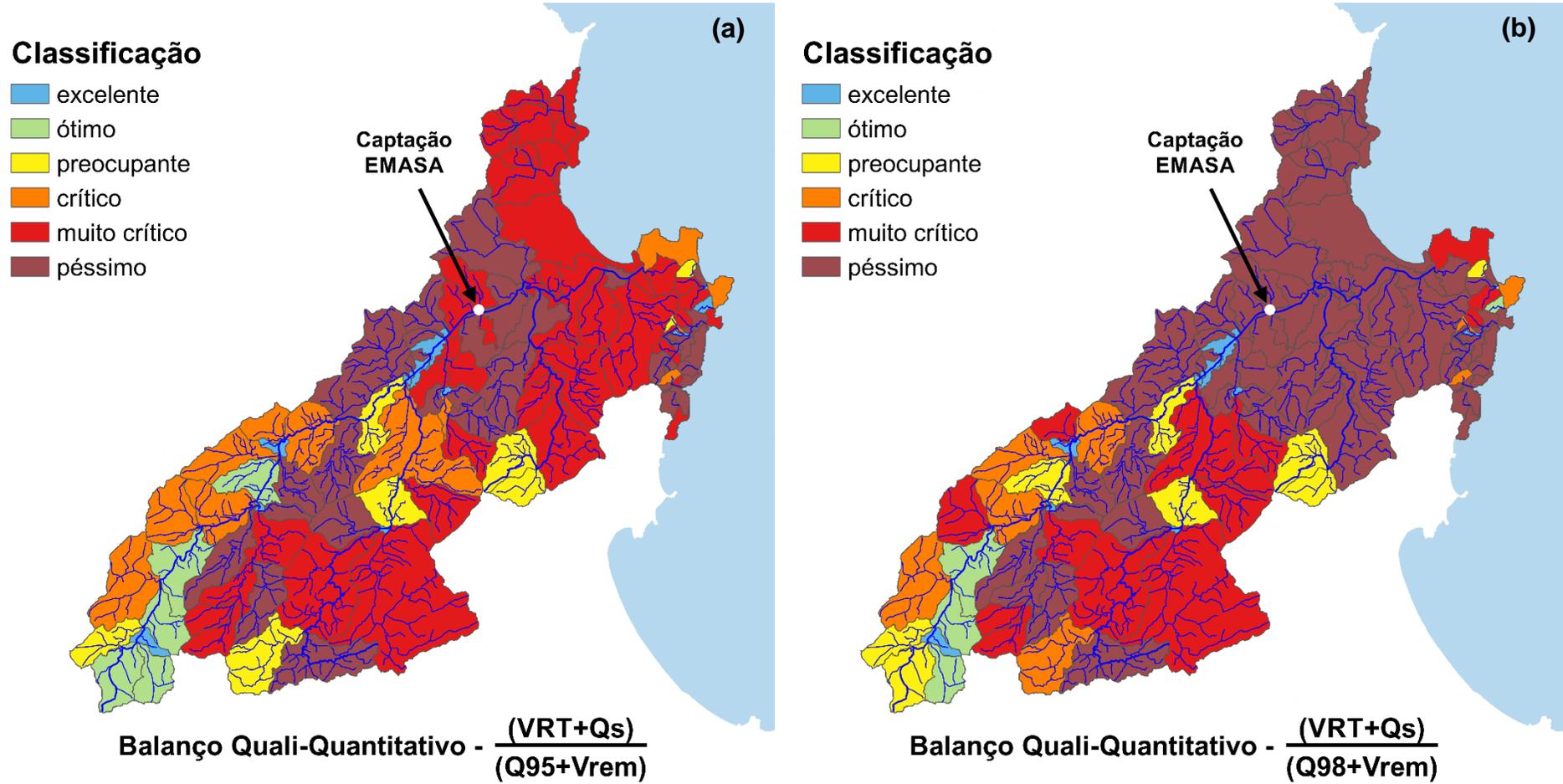
A Figura 5.3 apresenta o resultado do balanço quantitativo estimado para cada ottobacia na área de abrangência do Plano da Bacia do Rio Camboriú e Contíguas. Figura 5.4 apresenta o resultado do balanço quali-quantitativo estimado para cada ottobacia na área de abrangência do Plano da Bacia do Rio Camboriú e Contíguas.

Figura 5.3. Balanço hídrico quantitativo por ottobacia: (a) indicador de disponibilidade hídrica Q_{95} e (b) indicador de disponibilidade hídrica Q_{98} .



Elaboração própria.

Figura 5.4. Balanço hídrico quali-quantitativo por ottobacia: (a) indicador de disponibilidade hídrica Q_{95} e (b) indicador de disponibilidade hídrica Q_{98} .



Elaboração própria.

5.2. Subterrâneo

Analogamente à água superficial, foram estimadas as cargas de $DBO_{5,20}$ provenientes de efluentes domésticos (residente e flutuante) e animal lançados em água subterrânea.

A carga orgânica proveniente de esgoto doméstico, em unidade de kg/dia, foi estimada levando em conta uma $DBO_{5,20}$ per capita de 0,054 $kg_{DBO}/habitante/dia$ (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005) e a população residente e flutuante.

O cálculo do esgoto doméstico lançado em águas subterrâneas considerou o esgotamento a partir de fossa séptica. O esgotamento por fossa séptica e infiltração no solo possui uma eficiência média de remoção de $DBO_{5,20}$ de 95% (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005).

A carga orgânica proveniente de esgoto animal, em unidade de kg/dia, foi estimada levando em conta uma produção de $DBO_{5,20}$ por peso de animal vivo (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005), considerando os efetivos de aves, suínos e bovinos na área de abrangência da bacia, segundo Tabela 5.1.

O cálculo da carga orgânica proveniente da criação animal lançado em águas subterrâneas considerou o esgotamento a partir de fossa séptica, fertirrigação e lançamento em solo. O tratamento por fossa séptica e infiltração no solo considerou uma eficiência média de remoção de $DBO_{5,20}$ de 95% (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005). O lançamento em solo considerou que a infiltração do solo tem uma remoção média de $DBO_{5,20}$ de 90% (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005). A utilização dos efluentes de criação animal na fertirrigação remove em média 95% da $DBO_{5,20}$ (VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005).

A Tabela 5.4 apresenta as estimativas de cargas totais domésticas (residente e flutuante) e animal lançadas em água subterrânea para as diferentes sub-bacias da área de abrangência do Plano e a Tabela 5.5 apresenta as estimativas de cargas domésticas (residente e flutuante) e animal lançadas em água subterrânea por km^2 para as diferentes sub-bacias.

Tabela 5.4. Cargas orgânicas totais lançadas em água subterrânea na área de abrangência do Plano. Os limites das sub-bacias/regiões selecionadas para a análise estão apresentados na Figura 3.1.

ID	Sub-bacia/Região	Carga de DBO _{5,20} em água subterrânea		
		Carga doméstica kgDBO/dia	Carga animal kgDBO/dia	Carga total kgDBO/dia
1	Rio Camboriú	206,0	233,9	439,9
2	Rio Canoas	3,0	58,5	61,4
3	Rio do Braço	3,6	80,8	84,3
4	Rio Pequeno	41,6	26,8	68,4
5	Região Marambaia e Praia dos Amores	32,8	2,1	34,9
6	Região das Praias Agrestes	8,5	3,2	11,7

Elaboração própria.

Tabela 5.5. Cargas orgânicas lançadas em água subterrânea por área de drenagem na bacia. Os limites das sub-bacias/regiões selecionadas para a análise estão apresentados na Figura 3.1.

ID	Sub-bacia/Região	Carga de DBO _{5,20} em água subterrânea por área		
		Carga doméstica kgDBO/(dia.km ²)	Carga animal kgDBO/(dia.km ²)	Carga total kgDBO/(dia.km ²)
1	Rio Camboriú	1,0	1,2	2,2
2	Rio Canoas	0,1	1,1	1,2
3	Rio do Braço	0,1	1,3	1,3
4	Rio Pequeno	1,7	1,1	2,8
5	Região Marambaia e Praia dos Amores	2,6	0,2	2,8
6	Região das Praias Agrestes	0,8	0,3	1,0

Elaboração própria.

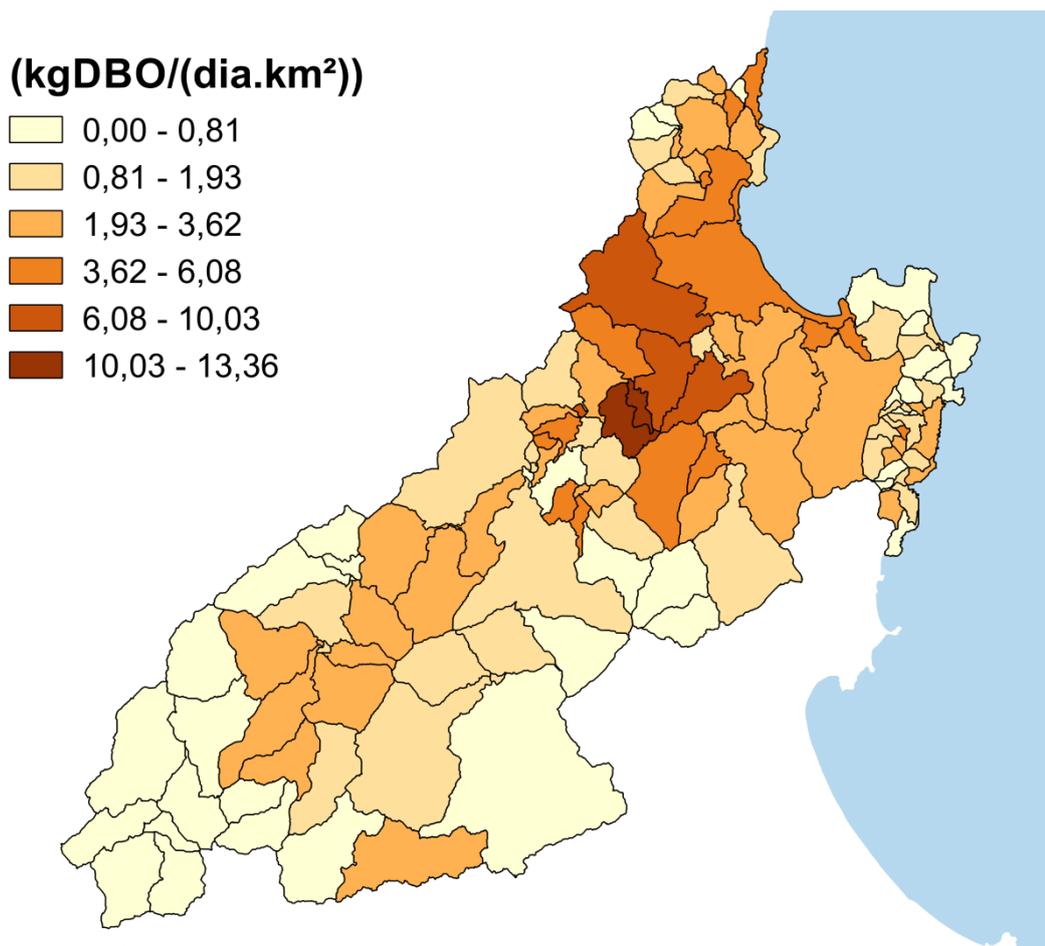
A partir da Tabela 5.4 é possível observar que, no geral, as cargas de DBO_{5,20} oriundas da criação animal têm um maior impacto na qualidade das águas subterrâneas do que as cargas de DBO_{5,20} oriundas do esgoto doméstico. A região do Rio Camboriú é a que apresenta a maior a carga total lançada em água subterrânea cerca de 439,9 kgDBO/dia, desse total 233,49 kgDBO/dia é de origem animal, enquanto que 206,0 kgDBO/dia é de origem doméstica. A região das Praias Agrestes apresenta a menor carga total lançada em água subterrânea, 11,7 kgDBO/dia, onde 8,5 kgDBO/dia é carga doméstica e 3,2 kgDBO/dia é carga animal.

A Tabela 5.5 apresenta o lançamento de cargas totais por área de drenagem, nota-se que a região do Rio do Pequeno e a região Marambaia e Praia dos Amores apresentam as maiores pressões negativas na qualidade da água subterrânea com 2,8 kgDBO/dia/km² e a região das Praias Agrestes a menor pressão negativa 1,0 kgDBO/dia/km². A região Marambaia e Praia dos Amores apresenta a maior relação

entre carga doméstica por área de drenagem, 2,6 kgDBO/dia/km², indicando forte pressão negativa na qualidade da água subterrânea devido aos efluentes domésticos, e a região do Rio do Braço e Rio Pequeno apresenta as menores pressões, 0,1 kgDBO/dia/km². A região do Rio do Braço por sua vez apresenta a maior relação entre carga animal por área de drenagem, 1,3 kgDBO/dia/km², e a região do Marambaia e Praia dos Amores apresenta a menor pressão em água subterrânea, 0,2 kgDBO/dia/km².

A Figura 5.5 apresenta o mapa com a carga total de DBO_{5,20} lançada em águas subterrâneas por área de drenagem de cada ottobacia da área de abrangência do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú e Contíguas.

Figura 5.5. Carga total de DBO_{5,20} lançada em águas subterrânea por área de drenagem cada ottobacia na área de abrangência do Plano.



Carga orgânica total subterrânea
Área de drenagem

Elaboração própria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013/ Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2013. 432 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atualização da base de demandas de recursos hídricos no Brasil**. Nota Técnica nº 56/2015/SPR. Documento nº: 00000.072835/2015-56. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). SISTEMA DE INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS (HIDROWEB). **Redes de monitoramento pluviométrico e fluviométrico**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acessado em: 20/10/2016.

CADASTRO NACIONAL DOS USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS (CNARH). **Perguntas frequentes**. Disponível em: <http://cnarh.ana.gov.br/perguntasfrequent.es.aspx>. Acessado em 20/04/2017.

CARDOSO, F. B. da F. et al. **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 2007. 40 p.

CHERNICHARO, C.A. de L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Editora UFMG/ABES. Vol.5. 2005.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Cartas Hidrogeológicas Estaduais**. CD-ROM. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N°. 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acessado em: 28/04/2016.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CERH). **Resolução N°. 001, de 24 de julho de 2008**. Disponível em: http://www.cadastro.aguas.sc.gov.br/sirhsc/conteudo_visualizar_dinamico.jsp?idEmpresa=6&idMenu=714&idMenuPai=38. Acessado em: 24/10/2016.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). **Cadernos do projeto estratégico aquífero**. São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. nº1. 2009. 109 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). **Desempenho da piscicultura de água doce**. Santa Catarina: EPAGRI; 2014. 6 p. Disponível em: http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/Desempenho_da_Piscicultura_de_Agua_Doce_2015.pdf. Acessado em 15/09/2016.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). **Planilha: Dados de produção da piscicultura**. Santa Catarina: EPAGRI; 2014. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/wp->

[content/uploads/2013/08/Piscicultura_Estadual_2014_Cedap_2015.xlsx](#). Acessado em 15/09/2016.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA (CIRAM).

Sistema de monitoramento On-Line. Disponível em: <http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/>. Acesso em 15/09/2016.

GOMES, J. V. P.; BARROS, R. S. de. **A importância das Ottobacias para gestão de recursos hídricos.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, p1287, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010.** Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em: 03/07/2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Estimativas das Vazões para as Atividades de Uso Consuntivo da Água nas principais Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN.** Brasília: ONS; FAHMA-DREER; ANA; ANEEL; MME, 2005. 201p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Manual Sobre Manejo de Reservatórios para a Produção de Peixes.** Brasília: Departamento Nacional de Obras e Secas; 1988. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab486p/AB486P00.htm#TOC>. Acessado em 18/09/2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA (OMM). **Guide to hydrological practices. Volume I. Hydrology – From Measurement to Hydrological Information.** 6. ed., Genebra: OMM, 2008. 296 p.

PADILHA, L.R. **Modelagem da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú/SC: Subsídios à gestão integrada dos Recursos Hídricos.** Monografia - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Univesidade do Vale do Itajaí, Itajaí. 2013. 123 p.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

SANTA CATARINA TURISMO S/A (SANTUR). **Estudo da Demanda Turística – Balneário Camboriú.** Santa Catarina: SANTUR; 2008.

SANTA CATARINA. **Lei Nº. 14.675, de 13/04/2009.** Disponível em: http://agenciaal.alesc.sc.gov.br/images/uploads/fotonoticia/14675_2009_lei.docx. Acessado em: 28/04/2016.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL DE SANTA CATARINA (SADR). **Estudos dos instrumentos de gestão de recursos hídricos para o Estado de Santa Catarina e apoio a sua implementação:** regionalização de vazões das bacias hidrográficas do Estado de

Santa Catarina. Florianópolis: SADR; SDS; Engecorps-Tetraplan-Lacaz Martins, 2006. 141 p.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO (SPG) **Portal Estatístico – Indicadores Econômicos**. Santa Catarina: SPG; 2016. Disponível em: https://sites.google.com/a/spg.sc.gov.br/portal/indicadores/ind_economia. Acessado em: 02/09/2016.

SILVA, D. D. P. **Caracterização ambiental dos principais afluentes da Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú (SC)**. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Univesidade do Vale do Itajaí, Itajaí. 2015. 84 p.

SISTEMA DE CADASTRO DE USUÁRIOS DE ÁGUA DO ESTADO DE SC (SIRHESC). **Declaração de Uso da Água do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <http://www.cadastro.aguas.sc.gov.br/ceurh/cadastro.jsp>. Acessado em 10/11/2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2013**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 181 p.

URBAN, S. R. **Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú (SC) e sua influência sobre a qualidade da água**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2008. 112 p.

VON SPERLING. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2005. 240 p.

VON SPERLING; CHERNICHARO. **Biological wastewater treatment in warm climate region**. Belo Horizonte: DESA, IWA, 2005. 835 p.