

Monitoramento e análise da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira no município de Joinville/SC (período 2011-2015)

Monitoring and analysis of water quality of the Cachoeira River Basin in the Joinville/SC municipality (period 2011-2015)

Thiago **ZSCHORNACK**¹ & Therezinha Maria Novais de **OLIVEIRA**^{1,2}

RESUMO

A grande quantidade de rios poluídos e a dificuldade de abastecimento já enfrentada por muitas cidades, sem contar a associação desse tipo de poluição com a saúde pública, têm ligado o alerta em muitos gestores públicos. O município de Joinville possui seis bacias hidrográficas; a mais populosa é a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira. O Rio Cachoeira, que dá nome à bacia, foi o grande impulsionador do desenvolvimento da cidade, já que por ele chegaram os primeiros imigrantes no município. Infelizmente, ao longo dos anos as suas águas foram fortemente comprometidas pela poluição. O objetivo deste trabalho foi, então, realizar a avaliação da qualidade da água do Rio Cachoeira, considerando a expansão da cobertura de esgoto nessa bacia. Foram realizadas análises em dez pontos ao longo dos anos de 2011 a 2015. Para a determinação da qualidade da água, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA), padrão Cetesb, bem como confrontou-se cada um dos nove parâmetros que o compõem com as diretrizes da Resolução Conama n. 357/2005. Os resultados demonstram que houve melhora do IQA em todos os pontos analisados, assim como de cada um dos seus parâmetros. No período estudado, a quantidade de novas economias de esgoto aumentou 120%.

Palavras-chave: IQA; qualidade da água; Rio Cachoeira.

ABSTRACT

The large number of polluted rivers and the difficulty of supply already faced by many cities, besides the association of this kind of pollution with public health, have alerted many public managers. The city of Joinville has six hydrographic basins, the most populous being the BHRC - Rio Cachoeira Basin. Rio Cachoeira, the river that gives its name to the Basin, was the great driver of the development of the city, since the first immigrants arrived in the city. Unfortunately, over the years its waters have been heavily polluted. The objective of this work was to evaluate the water quality of this river, considering the expansion of sewerage system in this basin. Analyzes were carried out in 10 points throughout the years 2011 to 2015. To determine the water quality, the WQI - Water Quality Index, Cetesb standard, was used, as well as, each of the nine parameters that the with the guidelines of Conama 357/2005 Resolution. The results show that there was improvement of the WQI in all the analyzed points, as well as of each one of its parameters. In this period, the amount of new sewage connections increased by 120%.

Keywords: Cachoeira River; IQA; water quality.

Recebido em: 23 out. 2017

Aceito em: 19 dez. 2017

¹ Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade da Região de Joinville (Univille), Rua Paulo Malschitzki, n. 10, Zona Industrial Norte – CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil.

² Autor para correspondência: therezinha.novais@univille.br.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização trouxe diversas alterações para o meio ambiente, especialmente por intermédio da construção das cidades. Entre as principais alterações introduzidas estão: retirada da cobertura vegetal, construção de novas formas de relevo, aumento da área edificada, acréscimo de escoamento de partículas e gases na atmosfera e produção de energia artificial, modificando elementos naturais, como o clima, o ar, a vegetação, o relevo e a água (TUCCI, 2004).

No caso dos rios, o processo de urbanização brasileiro vem mostrando uma relação ambígua: as cidades os abraçam para crescer e se desenvolver, criando importante laço para o desenvolvimento urbano e agrícola, mas os destroem, ao torná-los o principal meio de escoamento de esgoto. Os rios sofrem com a poluição, o assoreamento, o desvio de seus cursos e com a destruição das matas ciliares; e a beleza da paisagem fica obstruída pelo mau cheiro, mudança de coloração, incapacidade de uso original de seus recursos (ASSAD, 2013).

O município de Joinville, situado na região nordeste do estado de Santa Catarina, é considerado o terceiro polo industrial da Região Sul do Brasil. Segundo dados do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville (IPPUJ, 2015), o produto interno bruto *per capita* de Joinville figura entre os 15 maiores do país.

De forma semelhante ao que aconteceu com outros rios urbanos do país, Joinville também poluiu um dos seus principais rios, o Rio Cachoeira. Pelos dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2015, base 2014, nos quais se consideravam as cidades com mais de 100 mil habitantes, Joinville figurava entre as dez piores cidades do Brasil em cobertura de esgoto, com um pouco mais de 18% de cobertura (SNIS, 2015).

A bacia do Rio Cachoeira, alvo de estudo deste trabalho, está inserida na região central da cidade de Joinville, abrangendo 83,12 km² de extensão, que representa 7,3% da área do município, no entanto abriga cerca de 49% da população do município, que segundo dados do IBGE (2010) era de 515.288 habitantes. Sua nascente localiza-se no bairro Costa e Silva, a 40 metros de altura do nível do mar, e sua foz é caracterizada por estuário sob influência de marés onde se encontram áreas com remanescentes de manguezais (MAIA *et al.*, 2014).

O presente trabalho apresenta o monitoramento e a análise da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC), no município de Joinville, no momento em que o sistema público de esgotamento sanitário está em processo de expansão nessa bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho utilizou-se majoritariamente da abordagem quantitativa, a qual se deu pela análise estatística dos dados de qualidade da água, obtidos do Laboratório de Controle de Qualidade (LCQ) da Companhia Águas de Joinville, concessionária dos serviços de água e esgoto na cidade de Joinville.

ÁREA DE ESTUDO

A BHRC faz parte do complexo hídrico da Baía Babitonga, estando totalmente inserida na área urbana de Joinville, conforme se visualiza na figura 1. Drena uma área de 83,12 km², que representa 7,3% da área do município ao longo de seu curso, de 14,9 km de extensão. Aproximadamente 49% da população reside dentro do perímetro da bacia, que é de 59,31 km.

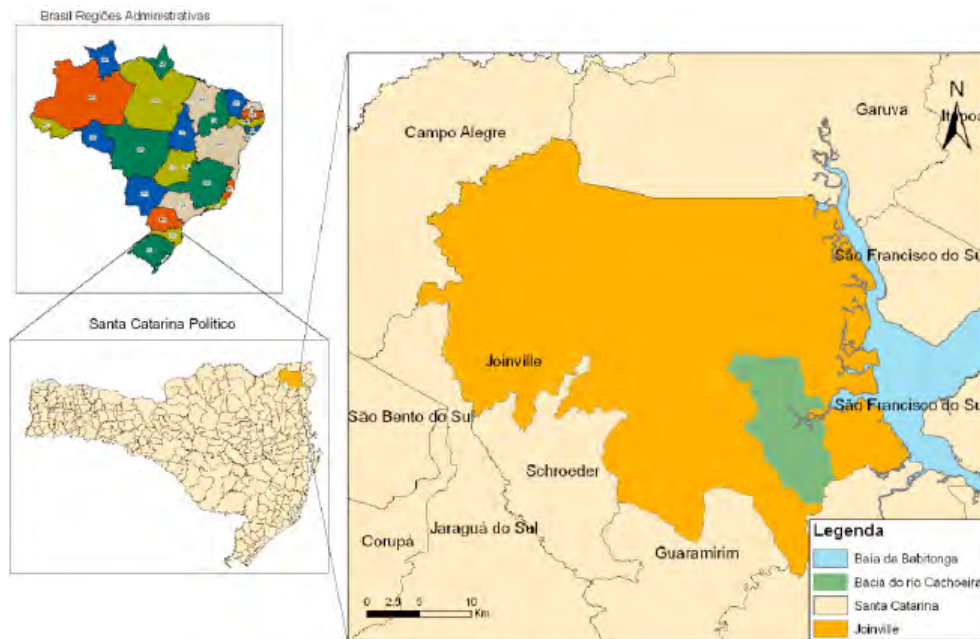


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira. Fonte: Centro de Cartografia Digital – Univille (2011).

Como a BHRC ainda não possui plano diretor de recursos hídricos, adota-se a classificação estabelecida pela Resolução n. 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), que em seu artigo 42 estabelece: “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2” (BRASIL, 2005).

O Rio Cachoeira, ilustrado na figura 2, é o principal da BHRC. Sua nascente fica no bairro Costa e Silva, no Morro da Tromba, na junção das ruas Rui Barbosa e Estrada dos Suíços, logo após a Rodovia Federal BR-101. Ao longo de seus quase 14 km de extensão, recebe diversos afluentes, entre eles os rios Morro Alto, Mathias, Jaquarã, Bucarein, Bom Retiro e Boa Vista. O Rio Cachoeira e seus afluentes pertencem exclusivamente a Joinville, ocupando uma área de cerca de 92 km², o que envolve nove bairros da cidade. Desde a chegada dos primeiros colonizadores até hoje, seu leito sofreu uma série de interferências, sempre visando evitar enchentes ou para adaptá-lo à navegação.

Como o rio deságua na Lagoa do Saguáçu, que se liga à Baía da Babitonga, a foz é caracterizada por estuário sob a influência de marés. Assim, numa maré alta, na lua cheia, há uma inversão do fluxo de água em mais da metade de seu percurso, causando entrada de água salgada (MAIA et al., 2014).



Figura 2 – Imagens do Rio Cachoeira no presente. Fontes: Uberti (2011) e Gollnick (2011).

PONTOS DE COLETA

Definiram-se dez pontos de coleta ao longo do Rio Cachoeira e seus afluentes. A escolha dos pontos levou em consideração os seguintes critérios: cronograma físico de ativação das ligações de esgoto da empresa concessionária (Águas de Joinville) e acessibilidade para coleta. As coletas foram realizadas semestralmente, sempre nos meses de abril e setembro de cada ano. O ano de 2011 foi definido como primeiro ano de monitoramento porque deu início às primeiras ativações das novas ligações de esgoto.

Os pontos de coleta, as bacias, as bacias a montante e a data de liberação das ligações das bacias a montante constam da tabela 1 e figura 3.

Tabela 1 – Pontos de coleta e sub-bacias de abrangência.

Ponto de coleta	Bacia abrangida	Bacia(s) a montante	Liberação conexão
RBC1 – Rio Jaguarão, Pontilhão na Rua Urussanga (fundos Havan)	Bacia Centro (Casan)	Bacia 6	Início dos anos 1990
RBC3 – Rio Morro Alto, Pontilhão na Rua Orestes Guimarães (Centreventos)	Bacia Centro (Casan)	Bacia 4	Início dos anos 1990
RBC4 – Rio Mirandinha, Pontilhão Rua Dona Francisca	Bacia 5	Bacia 3.2	31/1/2012
RBC5 – Rio Mirandinha, Pontilhão Rua Rio Negrinho	Bacia 5	Bacia 3.2	31/1/2012
RBC6 – Rio Mirandinha, Pontilhão Rua da Américas	3.2	-	22/9/2014
RBC7 – Rio Cachoeira, Pontilhão na Rua Prudente de Moraes (Flotflux)	3.1B	Bacia 3.1A	21/9/2012
RBC8 – Rio Bom Retiro, Pontilhão na Rua Gen. Câmara	3.2	-	22/9/2014
RBC9 – Rio Cachoeira/Alvino Vohl, Pontilhão na Rua João Vogelsanger	3.1B	-	17/3/2016
RBC10 – Rio Cachoeira, Pontilhão na Rua Felix Heinzelmann	3.1B	Bacia 3.1A	20/2/2014
RBC11 – Rio Cachoeira, Pontilhão na Rua Alicia Bittencourt Ferreira	3.1A	-	26/9/2014

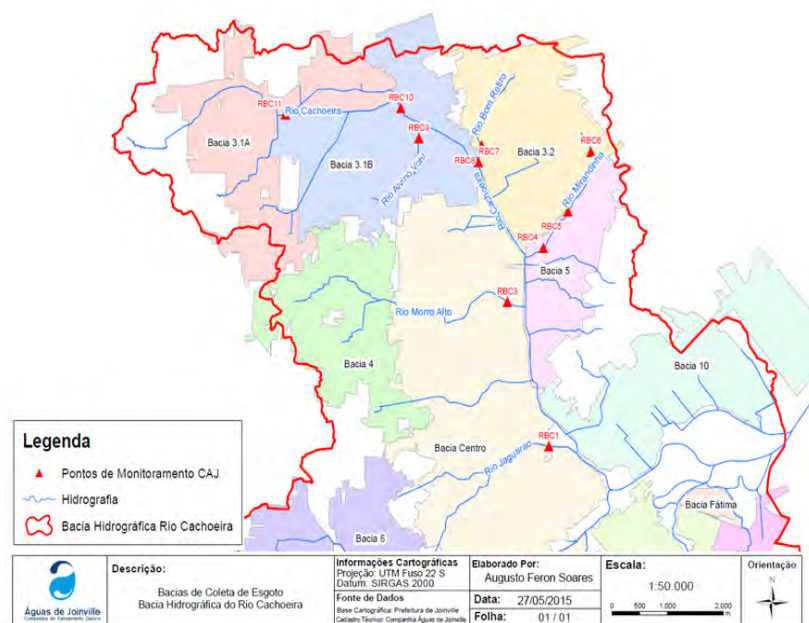


Figura 3 – Pontos de coleta e sub-bacias de abrangência.

MÉTODOS DE ANÁLISE

Os dados de qualidade da água do Rio Cachoeira foram coletados do banco de dados da Companhia Águas de Joinville e compreenderam o período de 2011 a 2015. Os métodos empregados para as análises de cada um dos parâmetros que compõem o IQA são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Métodos utilizados para avaliação dos parâmetros de qualidade de água

Parâmetro	Unidade	Metodologia analítica	Standard Methods for Examination Water and Wastewater 22. Edition
O ₂ dissolvido	mg O ₂ /L	Eletrométrico	4500 – O G. Membrane Electrode Method
pH	–	Eletrométrico	4500 – H+ B. Electrometric Method
Temperatura	°C		2550 Temperature
Coliformes – <i>E. coli</i>	NMP/100 ml	Substrato cromogênico	
DBO	mg O ₂ /L	Respirométrico	5210 D. Respirometric Method
Fósforo	mg/L	Colorimétrico	4500 – P C. Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method
Turbidez	NTU	Nefelométrico	2130 B. Nephelometric Method
Nitrogênio total	mg/L	Colorimétrico	Método Hach (10208) DOC316.53.01089 – Persulfate Digestion Method.
Sólidos totais	mg/L	Gravimétrico	2540 B. Total Solids

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

O índice escolhido para medição da qualidade da água foi o Índice de Qualidade da Água (IQA). Tal índice foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) a partir do NSF-WQI da National Sanitation Foundation (NSF). A NSF, com sede nos EUA, desenvolveu esse indicador na década 1970. O trabalho contou com a participação de diversos pesquisadores e tinha como objetivo principal criar um indicador padrão para medição e comparação da qualidade da água entre os vários países.

Segundo Piasentin *et al.* (2009), o índice foi desenvolvido visando avaliar o impacto dos esgotos domésticos nas águas utilizadas para abastecimento público, não representando efeitos originários de outras fontes poluentes.

O IQA traz dados de qualidade de água inter-relacionados, aglutinando as variáveis em um indicador único (DERÍSIO, 2000).

Ele é definido pelo produto ponderado correspondente aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez, conforme está na tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros e pesos utilizados no IQA.

Variáveis	Unidades	Peso (W)
Coliformes fecais	NMP/ 100 ml	0,15
pH	–	0,12
DBO5	mg/L	0,10
Nitrogênio total	mg/L	0,10
Fósforo total	mg/L	0,10
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	UNT	0,08
Sólidos totais	mg/L	0,08
Oxigênio dissolvido	% saturação	0,17

Fonte: Cetesb (2011).

A equação usada para cálculo do IQA é a seguinte:

Equação 1 – Fórmula de cálculo do IQA:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Em que:

IQA = Índice de Qualidade de Água, representado por um número em escala contínua de 0 a 100;

q_i = qualidade individual (subíndice de qualidade) do i -ésimo parâmetro, obtido de acordo com a curva do parâmetro (figura 4);

w_i = é o peso atribuído ao parâmetro i ;

i = número de parâmetros.

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida, conforme se apresenta na figura 4.

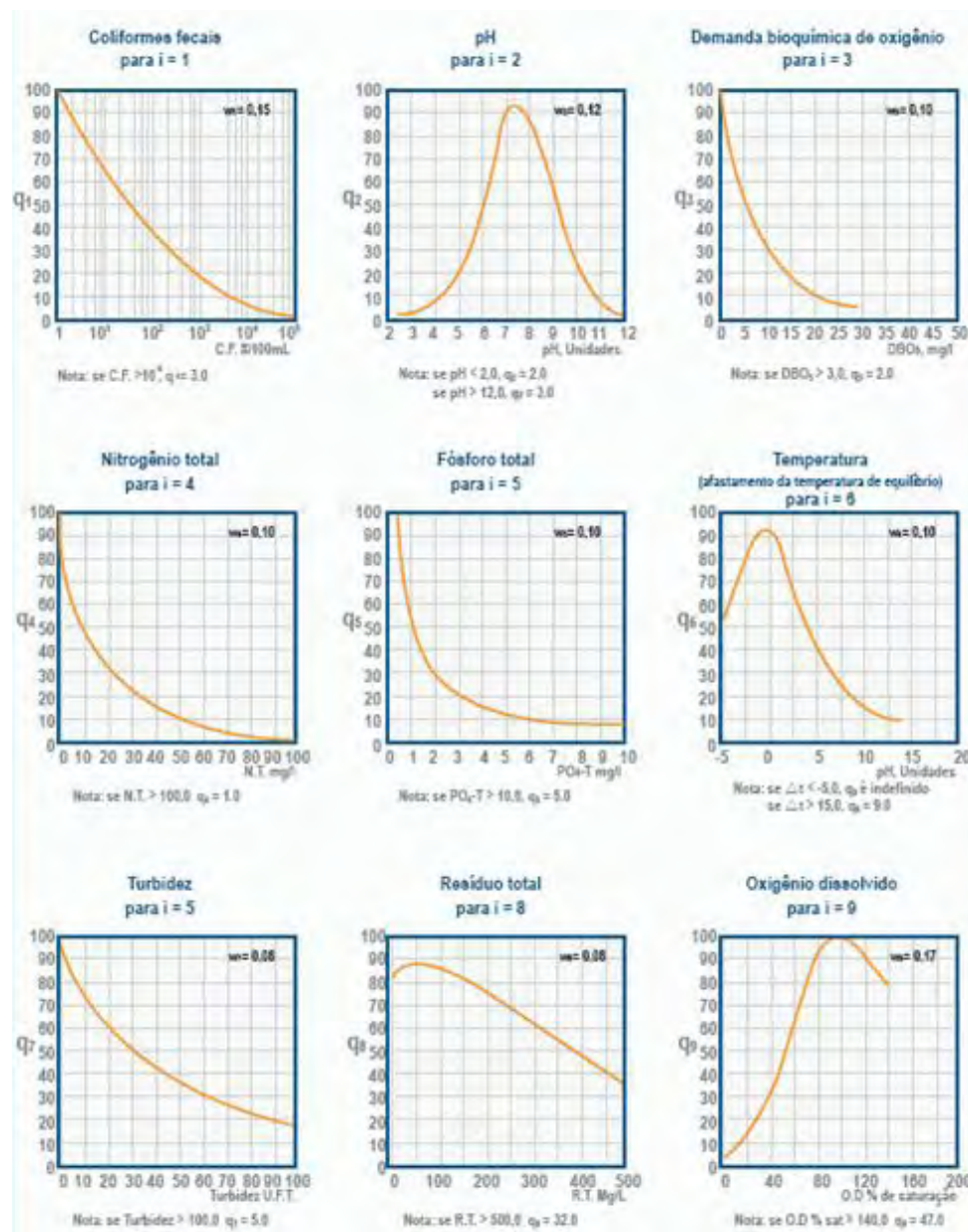


Figura 4 – Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA. Fonte: ANA (2004).

Depois de realizados os cálculos, o IQA classifica a água de acordo com o valor atribuído a ela, conforme se verifica na tabela 4.

Tabela 4 – Faixas de classificação do IQA.

Valor	Qualificação
80-100	Ótima
52-79	Boa
37-51	Razoável
20-36	Ruim
0-19	Péssima

Fonte: Cetesb (2011).

Para a apuração dos valores do IQA, recorreu-se ao programa gratuito QualiGraf – versão 2014³.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a média aritmética dos IQAs dos dez pontos avaliados neste estudo, apresenta-se na figura 5 a evolução do IQA geral de 2011 a 2015. Se consideradas apenas as médias dos anos 2011 e 2015, o IQA geral evoluiu de 27,5 para 45,8, saindo de uma classificação ruim para regular.

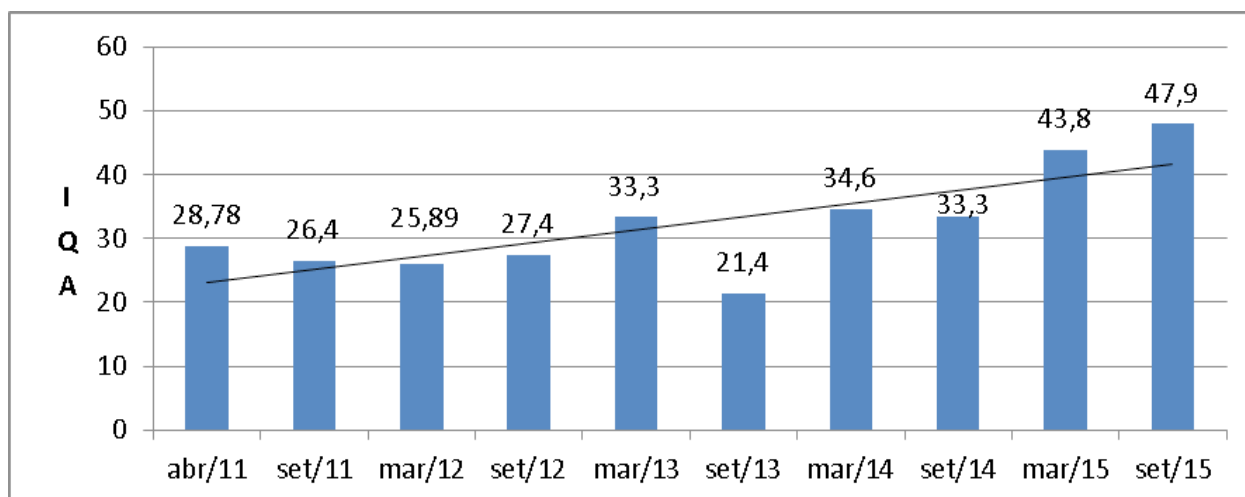


Figura 5 – IQA geral.

Nesse período, foram incrementadas mais de 30 mil novas economias⁴ de esgoto, conforme se observa na tabela 5.

³ Programa disponível para download no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme).

⁴ Uma economia de esgoto é uma unidade de consumo que tem conexão à rede de esgoto, pode ser uma casa, um apartamento, uma sala comercial etc. Considera-se ativada toda a economia passível de cobrança (80% do valor da água consumida), ou seja, toda a economia liberada para a conexão à rede.

Tabela 5 – Economias ativadas na bacia do Rio Cachoeira (2011-2015).

Regiões	Economias existentes	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Bacia 3.1A	-	0	0	0	1.920	3.811	5.731
Bacia 3.1B	-	0	875	2.167	3.472	1.398	7.912
Bacia 3.2	-	0	0	0	390	6.110	6.500
Bacia 4	-	0	850	547	1388	1189	3.974
Bacia 5	-	2.535	473	41	196	-40	3.205
Bacia 6	-	0	0	0	1702	85	1.787
Centro	24.607	332*	1933*	-313*	958*	-936***	26.581
Fátima	841	10*	32*	-94*	-3*	36*	822
Ulisses Guimarães	-	0	0	0	0	581	581
Adhemar Garcia	420	3*	4*	5*	1*	1*	434
Profipo**	539	0	0	200	0	0	739
Total	26.407	2.880	4.167	2.553	10.024	12.235	58.266

* Refere-se exclusivamente ao crescimento vegetativo ou a pequenas extensões de rede. O crescimento vegetativo refere-se à diferença entre as novas economias ativadas e aquelas que deixaram o sistema. Esse valor geralmente acompanha o crescimento demográfico da cidade.

** Refere-se a economias ativas, porém não faturadas, em virtude de problemas de acesso às redes.

*** Reflexo da alteração na resolução da Amae 52/2015 no que diz respeito à categoria comercial. Conforme a nova regra, cada grupo de três economias comerciais na mesma edificação passou a ser cadastrado como uma única economia.

Todos os dez pontos analisados apresentaram melhora. De forma geral, os pontos localizados mais próximos da nascente do Rio Cachoeira tiveram as maiores evoluções no IQA.

Analisando a variação dos nove parâmetros considerados ao longo do período de 2011 a 2015, percebeu-se que, desconsiderando os parâmetros de pH e temperatura, não apresentaram variação significativa e sempre atenderam aos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005; todos os demais parâmetros demonstraram melhora. O destaque maior ficou por conta dos parâmetros com maior peso na composição do IQA, que são: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes termotolerantes (CT). Avaliando esses três parâmetros em termos de atendimento aos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005 (para rios classe 2 – água doce), observou-se que no biênio 2011-2012 em apenas um ponto (RBC3) houve atendimento da legislação. Já no biênio 2014-2015, todos os pontos tiveram, em algum momento, parâmetros em consonância com a legislação.

Apesar de o parâmetro CT não atender em nenhum momento aos limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/2005, dos dez pontos analisados, em seis houve melhora na comparação de 2011 para 2015.

Na tabela 6 evidencia-se o comparativo de atendimento aos parâmetros supracitados entre os períodos de 2011/2012 e 2014/2015. Em cada período, compreendido por quatro semestres, o valor máximo possível é de quatro, ou seja, o atendimento aos parâmetros nos quatro semestres considerados.

Tabela 6 – Comparação OD, DBO e CT com Conama 357/2005.

Ponto	Período 2011-2012			Período 2014-2015		
	OD	DBO	CT	OD	DBO	CT
RBC1	-	-	-	3	2	-
RBC3	1	1	-	4	2	-
RBC4	-	-	-	4	2	-
RBC5	-	-	-	3	2	-
RBC6	-	-	-	2	1	-
RBC7	-	-	-	2	1	-
RBC8	-	-	-	2	1	-
RBC9	-	-	-	3	1	-
RBC10	-	-	-	3	1	-
RBC11	-	-	-	1	-	-

Nos últimos anos outros estudos e resultados de análises sobre a melhoria da qualidade do Rio Cachoeira têm sido divulgados. Tais estudos, de forma geral, mostram melhorias, embora bem pontuais, decorrentes da ampliação da rede de esgoto na cidade de Joinville.

Segundo Baldo *et al.* (2015), o Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira (CCJ) realiza suporte para a gestão de seus recursos hídricos por meio do monitoramento da qualidade da água, em diferentes pontos de coleta, desde as proximidades da nascente até a foz dos principais cursos d'água. São 11 pontos amostrais; oito estão compreendidos na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão e três na BHRC (figura 6).

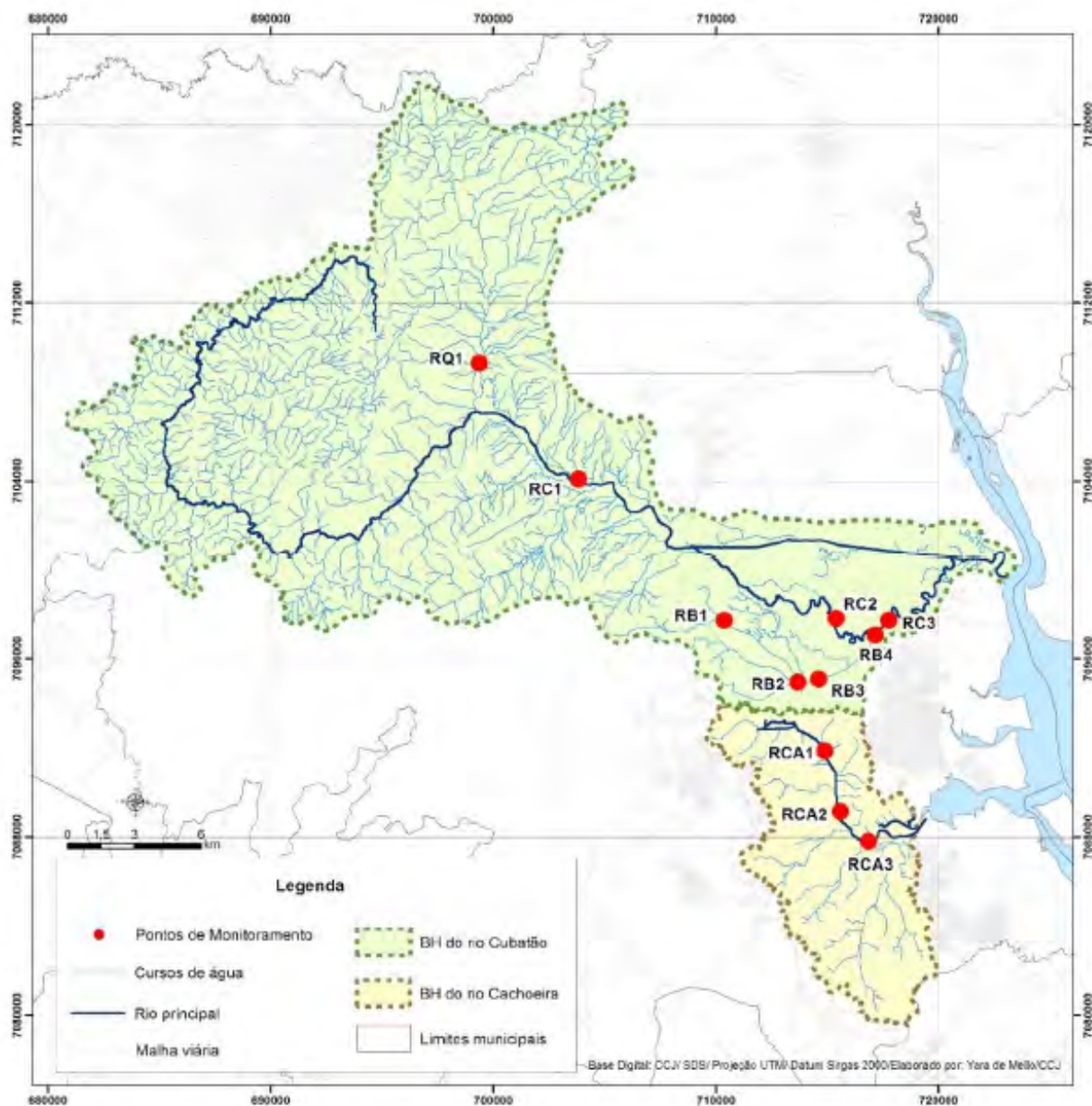


Figura 6 – Pontos de monitoramento do IQA nas bacias hidrográficas dos rios Cubatão e Cachoeira. Fonte: Baldo *et al.* (2015).

Na figura 7 pode-se acompanhar o comportamento do IQA nos três pontos do Rio Cachoeira.

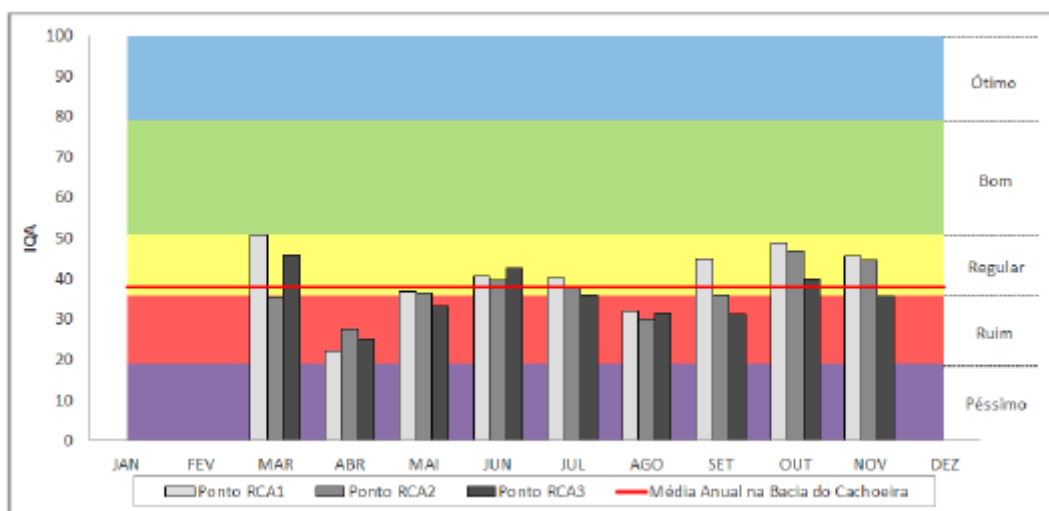


Figura 7 – Índice de Qualidade da Água na bacia do Cachoeira em 2015. Fonte: Baldo et al. (2015).

Nota-se que o IQA médio desses pontos ficou próximo de 40, ou seja, na faixa de regular, muito próximo ao valor registrado neste estudo. O ponto RCA1, mais a montante, foi o ponto que apresentou melhor média, das nove amostras; em sete ele ficou com análise regular. Também foi o ponto que registrou o maior IQA, 51. Trata-se do ponto que fica mais próximo dos bairros já atendidos por rede de esgoto, especialmente os das Bacias 3.1 e 3.2. Já o ponto RCA3 apresentou pior resultado. Isso pode ser explicado pelo fato de se encontrar mais próximo da foz, região ainda não atendida por rede de esgoto.

Cagneti (2016), por sua vez, fez a análise do IQA do ponto RCA2 no período de 2010 a 2015. Os resultados obtidos pela autora seguem detalhados na tabela 7.

Tabela 7 – Análise estatística descritiva de Índices de qualidade das águas.

Períodos e economias ativas	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
2010-2013 – 9.600 economias ativas	30,69	10,38	16	54
2014 – 19.624 economias ativas	27,10	7,13	16	39
2015 – 31.859 economias ativas	40,00	8,52	22	51

Fonte: Adaptado de Cagneti (2016).

Os resultados anteriores mostram que vem havendo uma evolução na qualidade da água do Rio Cachoeira, especialmente a partir de 2015. A autora concluiu:

Apesar da escassez de dados, visto que eram apenas resultantes de um dia por mês, é possível notar significativa melhora na qualidade de águas da Bacia do Rio Cachoeira no ponto CA1. No ano de 2015, a média do Índice de Qualidade das Águas foi de 40, considerado regular pela CETESB. Já entre 2010 e 2013, a média do IQA era de 30,69, considerado ruim pela CETESB (CAGNETI, 2016).

Em estudo realizado por Schubert (2015), que objetivou determinar se a coleta de esgoto doméstico tem relação significativa no aumento da qualidade da água do Rio Cachoeira, considerando três sub-bacias (vertente do Parque de France – área total de coleta de esgoto, Rio Morro Alto – área parcial de coleta de esgoto e Rio Mirandinha – área total sem coleta de esgoto), os resultados foram bastante positivos. Segundo Schubert (2015),

os resultados obtidos mostram que existe uma relação direta entre a implantação da coleta de esgoto e a melhoria da qualidade da água. Em termos de IQA, a sub bacia contendo 100% de coleta de esgoto apresentou 62,6 ($\pm 11,77$), sendo considerada uma qualidade de água boa. Por outro lado, a sub bacia sem tratamento, um IQA de 48,5 ($\pm 9,14$) sendo considerada aceitável. A sub bacia com coleta parcial apresentou um IQA de 30,9 ($\pm 10,70$) para o percurso sem coleta e para o percurso com coleta de 40,4 ($\pm 11,02$), demonstrando uma melhora da qualidade após o tratamento. Apesar dos IQA conseguirem classificar as águas na condição de aceitável para boa, ficou observado que a quantidade de coliformes fecais, nas duas sub bacias em que a coleta de esgoto foi parcial ou inexistente, ficou muito acima do padrão estabelecido pelo Conama, 11.288 (± 14.417) e 9.968 (± 14.544) para os rios Mirandinha e Morro Alto respectivamente.

Estudos com utilização do IQA também vêm sendo realizados em outras regiões do Brasil. Aquino (2013) realizou estudo na região metropolitana do Vale do Aço, em Minas Gerais. A região abrange os municípios de Ipatinga, Coronel Fabriciano, Timóteo e Santana do Paraíso. A população estimada na ocasião era de 551.355 habitantes, ou seja, muito próxima a de Joinville no mesmo período. O estudo teve como objetivo avaliar o impacto das atividades realizadas no Vale do Aço sobre a qualidade da água na bacia do Rio Doce e sub-bacia do Rio Piracicaba nos anos de 2012 e 2013. Os resultados do monitoramento mostraram que

[...] os valores de IQA se mantiveram na maior parte do tempo dentro da faixa “médio”, o restante ficou dentro da faixa “ruim”.

Dentre os parâmetros analisados, a concentração de coliformes termotolerantes, e de fósforo total são as mais preocupantes já que os valores de referência foram ultrapassados com grande frequência nos três pontos de monitoramento, situação parecida com a encontrada por Piasentin *et al.* (2009) no monitoramento do reservatório Tanque Grande em Guarulhos (SP), onde o principal problema foi a concentração de coliformes termotolerantes, que se manteve acima dos limites legais em todos os meses amostrados, porém, para Vasco *et al.* (2011), o principal problema eram as baixas concentrações de oxigênio dissolvido, concluindo que as principais fontes de impacto na região eram lançamentos de esgotos domésticos sem tratamento e atividades agropecuárias (AQUINO, 2013).

Em estudo semelhante realizado por Pinto Filho *et al.* (2012), que teve como intuito a determinação do IQA para a Lagoa do Apodi (RN), os autores concluíram que os piores índices obtidos (estações 3 e 4), cujos resultados mostraram altos índices de coliformes termotolerantes e baixo valor de oxigênio dissolvido, estavam associados à maior concentração demográfica da região e ausência de sistema de esgotamento sanitário.

Dessa forma, conforme já demonstrado por outros autores, a melhoria percebida na qualidade da água do Rio Cachoeira ao longo do período monitorado tem como uma das principais causas a ampliação da cobertura da rede pública de esgotamento sanitário na bacia hidrográfica. A partir de 2005, o município de Joinville retomou os investimentos em infraestrutura pública de esgotamento e passou a realizar diversas obras na cidade, tais quais: ampliação de estações de tratamento existentes e construção de novas estações, ampliação das redes de esgoto e modernização do sistema como um todo.

Embora ainda falte bastante para a universalização do atendimento público de esgoto no município de Joinville – até fim de 2016 a cobertura era de 31% (aproximadamente 50% na bacia do Rio Cachoeira) –, já foi possível evidenciar benefícios para a população. Dentre esses benefícios, destacam-se: redução da exposição das pessoas aos agentes nocivos presentes no esgoto, redução do desconforto decorrente do mau cheiro, mudança da paisagem da cidade (hoje já é possível ver pessoas pescando no rio) e, talvez o mais importante, sentimento despertado de que o Rio Cachoeira pode se tornar novamente uma fonte de lazer e ganhos econômicos para a sociedade joinvilense.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. A problemática ambiental e a gestão de recursos hídricos. Curso de aperfeiçoamento em gestão de recursos hídricos. 2010. [Acesso em: 14 maio 2016]. Disponível em: http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/01.ProbAmb-GRH-2210909.pdf.
- Aquino, Rodrigo Moisés Gomes de. Avaliação da influência do Vale do Aço na qualidade da água. [Trabalho de conclusão do curso em Engenharia Ambiental e Sanitária]. Centro Universitário do Leste de Minas Gerais; 2013. [Acesso em: 20 nov. 2017]. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/rodrigoaquino581/trabalho-de-conclusao-de-curso-avaliacao-da-qualidade-da-gua>.
- Assad, Leonor. Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento. *Ciência e Cultura*. 2013; 65(2):6-9.
- Baldo, Wellington Silva; Kaethlin Kae Zeh & Diogo Augusto Moreira. Avaliação do índice de Qualidade da Água (IQA) nas bacias hidrográficas dos rios Cubatão e Cachoeira em 2015. Monitoramento ambiental. Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira (CCJ); 2015. [Acesso em: 21 jun. 2016]. Disponível em: <http://www.cubataojoinville.org.br/index.php?site=noticias&idNoticia=72>.
- Brasil. Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do território nacional. Diário Oficial da União, Brasília; 2005.
- Cagneti, Carina. Análise da variação de parâmetros de qualidade de água na bacia do Rio Cachoeira no período de 2010 a 2015. [Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil]. Universidade do Estado de Santa Catarina; 2016.
- Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Índice de qualidade das águas. São Paulo; 2011. [Acesso em: 20 jun. 2016]. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>.
- Cherobin, Ana Paula; Gilberto de A. Martins & José Augusto G. Silveira. Abordagem metodológica qualitativo-quantitativa em pesquisas na área de administração. [Acesso em: 20 ago. 2016]. Disponível em: http://www.anpad.org.br/diversos/trabalhos/EnANPAD/enanpad_2003/EPA/2003_EPA249.pdf.
- Derísio, José Carlos. Introdução ao controle de poluição ambiental. 2. ed. São Paulo: Signus; 2000.
- Gollnick, Sérgio Guilherme. A nossa infidelidade com o Rio Cachoeira. La Vie em Ville. 2011. [Acesso em: 14 ago. 2016]. Disponível em: <http://lavienville.blogspot.com.br/2011/04/nossa-infidelidade-com-o-rio-cachoeira.html>.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro; 2010.
- Ippuj – Instituto de Pesquisa e Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável de Joinville. Joinville, cidade em dados – 2015. Joinville; 2015.
- Maia, Bianca G. de O; Dieter Klostermann; José Mário G. Ribeiro; Mariele Simm; Therezinha M. N. de Oliveira & Virgínia G. Barros. Bacias hidrográficas da região de Joinville. Blumenau: 3 de Maio; 2014.
- Piasentin, Adriana M.; Décio L. Semensatto Junior; Antonio R. Saad; Adalberto J. Monteiro Junior & Marco F. Racza. Índice de Qualidade da Água (IQA) do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. *Geociências*. 2009; 28(3):305-317.
- Pinto Filho, Jorge L. O; Edna G. Santos & Jamille J. B. Souza. Proposta de índice de qualidade de água para a Lagoa do Apodi, RN, Brasil. *Holos*. 2012; 2(ano 28):69-76.
- Schubert, Milena Muller. Avaliação da qualidade de água: o caso dos rios Morro Alto, Mirandinha e Vertente Parque de France da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Joinville – SC. [Dissertação de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente]. Joinville: Universidade da Região de Joinville; 2015.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. Cobertura de esgoto. 2015. [Acesso em: 23 abr. 2016]. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/institucional-snis>.
- Tucci, Carlos Eduardo Morelli (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; 2004.
- Uberti, Antonio Ayrton Auzani. Boletim técnico do levantamento da cobertura pedológica do município de Joinville. 2011. [Acesso em: 14 ago. 2016]. Disponível em: http://sistemaspmj.joinville.sc.gov.br/documentos_vivacidade/Mapa%20de%20Fragilidade%20Ambiental%20de%20Joinville/Boletins/Boletim%20T%C3%A9cnico%20do%20Munic%C3%ADpio%20de%20JOINVILLE%20-%20RF.pdf.
- Vasco, Anderson N.; Fábio B. Britto; Ana Paula S. Pereira; Arisvaldo V. M. Mélio Junior; Carlos Alexandre B. Garcia & Luis Carlos Nogueira. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente-Água*. 2011; 6(1):118-130.