



## **Análise da capacidade de depuração do rio Tega e sua influência sobre o rio das Antas**

**Vânia Elisabete Schneider**

**Anderfil Menegaz Lerner<sup>1</sup>, Cláudia Bruscato<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidade de Caxias do Sul (amlerner@ucs.br)

<sup>2</sup> Universidade de Caxias do Sul (cbruscato@ucs.br)

### **Resumo**

As atividades antrópicas afetam negativamente a saúde de corpos hídricos através da descarga de compostos contaminantes que alteram as características físicas, químicas e biológicas do meio aquático. Este trabalho apresenta resultados que apontam para a capacidade depurativa do rio Tega e a sua influência sobre o rio das Antas, trecho de montanha do curso principal da bacia hidrográfica Taquari-Antas, no nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Através dos parâmetros temperatura, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais e potencial hidrogeniônico, monitorados anualmente, durante um período de sete anos, pode-se fazer a comparação de dados e gerar um índice de qualidade das águas. A partir dos resultados obtidos, possibilitou-se concluir que as características hidrodinâmicas do rio Tega contribuem significativamente para a depuração das suas águas, onde em seus primeiros quilômetros recebe despejos da área urbanizada do município de Caxias do Sul. Além disso, pôde-se constatar que apesar da mensurável melhora de qualidade, o rio Tega influencia negativamente na qualidade das águas do rio das Antas.

Palavras-chave: Depuração. Monitoramento. Qualidade da água. Bacia Taquari-Antas.

Área Temática: Tema 12 – Recursos Hídricos.

## **Analysis of depuration capacity of Tega river and its influence on Antas river**

### **Abstract**

*Human activities negatively affect the water bodies' health due the discharge of contaminants that change physical, chemical and biological characteristics from aquatic environment. This paper presents the results that indicate the depuration capacity of Tega river and its influence on Antas river, mountain stretch of the main watercourse from Taquari-Antas water basin, at Northeast of Rio Grande do Sul State. The parameters temperature, thermotolerant coliforms, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total phosphorus, total nitrogen, electric conductivity, dissolved oxygen, total solids and pH, which were annually monitored during a seven-year period, have allowed to compare data and the water quality index generation. From the results, it was possible to conclude that the hydrodynamic characteristics of Tega river have significantly contributed with its waters' depuration, since in its first kilometres the river receives the discharges from urban areas of Caxias do Sul. Besides that, it was possible to identify that despite of the measurable quality improvement, the Tega river has a negative influence on quality of Antas river water.*

*Key words: Depuration. Monitoring. Water quality. Taquari-Antas water basin.*

*Thematic area: Theme 12 – Water Resources.*



## 1 INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas afetam negativamente a saúde de corpos hídricos, seja no meio urbano ou no meio rural. No meio urbano a poluição está relacionada à drenagem urbana, ao despejo de esgotos não tratados ou insuficientemente tratados e à disposição inadequada de resíduos sólidos.

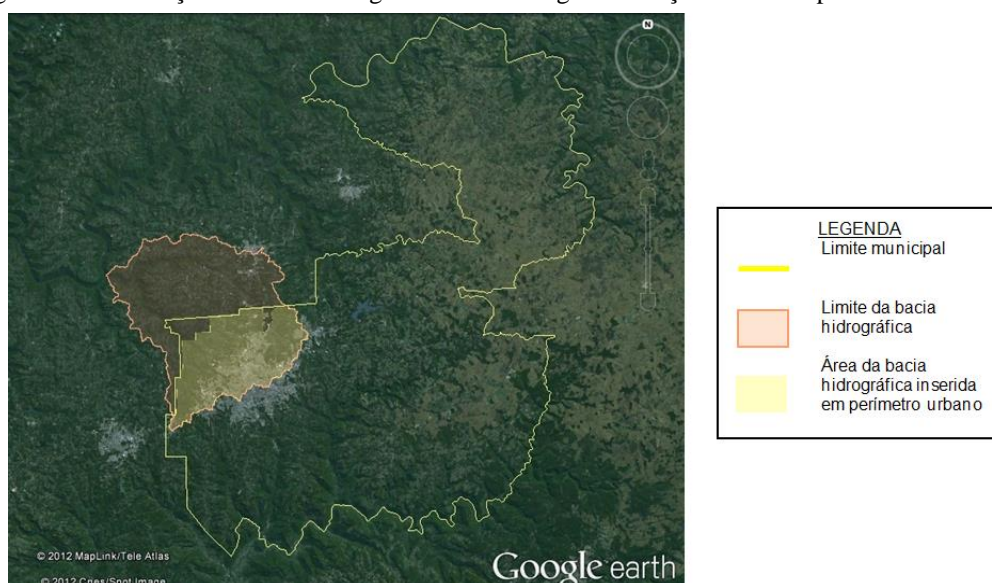
O rio Tega pertence à bacia Taquari-Antas, localizada na região hidrográfica do Guaíba, no estado do Rio Grande do Sul. Este tributário nasce no perímetro urbano do município de Caxias do Sul e flui por 34 km até alcançar o rio das Antas, onde deságua, na divisa dos municípios de Flores da Cunha e Nova Pádua. Os principais afluentes do rio Tega são os arroios Herval, Dal Bó, Samuara e Rio Curuçu. Na área urbanizada da bacia, conforme o zoneamento estabelecido pelo Plano Diretor do Município de Caxias do Sul (CAXIAS DO SUL, 2007), predominam a Zona Residencial 1 (ZR1), Zona Residencial 3 (ZR3), Zona de Uso Misto (ZUM), Zona das Águas (ZA) e Zona Industrial (ZI).

O município de Caxias do Sul, localizado no nordeste do estado gaúcho, possui aproximadamente 500 mil habitantes e destaca-se no cenário nacional pela forte economia, principalmente no setor metalmeccânico. Este fator é um atrativo para pessoas de outras regiões que procuram oportunidades de emprego, onde no último ano foram quase 5 mil novos cidadãos que aportam ao município, conforme dados divulgados pela prefeitura municipal.

A quantidade de empresas e o crescimento urbano desordenado são os maiores responsáveis pela geração de efluentes no município. Segundo o Instituto Trata Brasil (2015), Caxias do Sul trata apenas 30% do esgoto que gera.

É neste contexto que estão inseridas as nascentes do rio Tega. Entre despejos industriais e domiciliares, e com alguns trechos canalizados, a bacia de drenagem possui aproximadamente 30% da sua área na zona urbanizada do município. Com uma área de 294,76 km<sup>2</sup>, a bacia do rio Tega se estende da região oeste do município de Caxias do Sul, abrangendo também porções dos municípios de Flores da Cunha e Nova Pádua, conforme Figura 1. Nas últimas décadas o rio vem sofrendo inúmeras alterações físicas, químicas e biológicas, oriundas de diversas formas de poluição, pontuais e difusas, sendo considerado em 2012, conforme classificação proposta pela resolução CONAMA 357 de 2005, como Classe IV, pelo Plano de Bacia do Taquari-Antas.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Tega em relação ao município de Caxias do Sul.





Segundo Sperling (2005), o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos é afetado quando há a entrada de uma fonte poluidora, gerando uma desorganização inicial. Esta desordem nos aspectos físicos, químicos e biológicos no ecossistema aquático passa por um processo de autorregulação, influenciado principalmente pela hidrodinâmica do curso d'água, constituindo a capacidade autodepurativa de um rio.

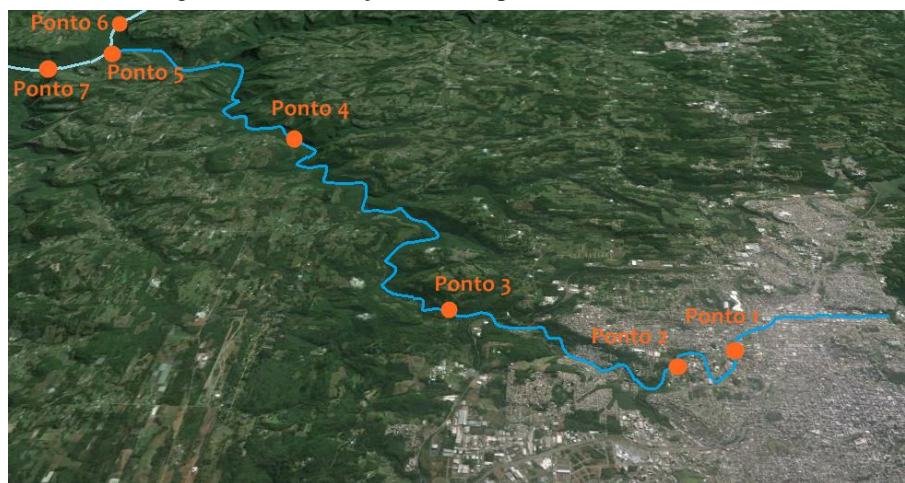
O equilíbrio do ecossistema pode ser parcialmente mensurado através de indicadores e índices que apontam para a qualidade da água. O IQA (Índice de Qualidade da Água) e legislações, como a Resolução CONAMA 357/2005, são exemplos de ferramentas que auxiliam na determinação da qualidade de águas.

Este estudo é resultante da análise de parâmetros monitorados durante os anos 2009 a 2015, onde foram realizadas amostragens em cinco pontos no rio Tega e em dois pontos do rio das Antas, sendo um a montante e um a jusante da foz do rio Tega. Nestas coletas foram observadas as condições ambientais dos locais, como a presença de resíduos sólidos, de espumas e de mata ciliar.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Todas as campanhas de monitoramento foram realizadas entre os meses de Agosto e Outubro, dos anos 2009 a 2015, totalizando sete campanhas. Em cada campanha foram coletados dados de sete diferentes pontos, os quais podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 2 – Localização dos sete pontos de coleta.



O ponto 1 está situado no perímetro urbano de Caxias do Sul, apresenta uma reduzida região de mata ciliar e localiza-se a aproximadamente 3,5 km da nascente mais a montante, percurso este caracterizado por uma intensa ocupação de indústrias, em particular as do ramo metalúrgico.

O ponto 2, de forma semelhante ao ponto 1, situa-se também em perímetro urbano e apresenta reduzida região de mata ciliar, distando aproximadamente 5,5 km da nascente mais distante. Este ponto de coleta está situado ligeiramente abaixo de uma queda d'água e visualmente caracteriza-se pela presença de espumas.

O ponto 3, distante aproximadamente 11,5 km da nascente, localiza-se em zona rural, possuindo regiões de mata de galeria, e mata ciliar que atende ao Código Florestal Brasileiro. Este ponto caracteriza-se fortemente pela presença de resíduos sólidos nas margens do curso d'água, destacando-se particularmente a presença de tecidos, plásticos e pneus.

O ponto 4 dista 23 km da nascente mais a montante, encontra-se em uma região de vegetação preservada, encaixada em um talvegue de profundidade acentuada, podendo ser



verificada uma redução de aproximadamente 200 metros de altitude em relação ao ponto anterior. Corredeiras e encachoeiramentos são característicos deste percurso. A quantidade de resíduos é significativamente menor que nos pontos anteriores.

O ponto 5 situa-se na foz do rio Tega, após 34 km de percurso. Nesta região há pouca interferência antrópica na vegetação, a água é visualmente mais limpa. Observa-se forte deposição de seixos e matacões de tamanhos variados que evidenciam a energia cinética característica das águas de um rio de montanha, como o Tega.

O ponto 6 encontra-se no rio das Antas, aproximadamente 6 km a montante do exutório do rio Tega. Nesta região o rio das Antas é margeado por vegetação nativa em vales encaixados.

O ponto 7 situa-se aproximadamente 3 km a jusante do deságue do rio Tega. Segundo a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS (FEPAM), no que diz respeito à declividade, tanto o ponto 6 como o ponto 7 encontram-se na região denominada médio Antas, sendo esta declividade de 1,6 m/km, com regiões de águas calmas associadas à presença de algumas corredeiras.

Em todos os pontos foi realizada a leitura, através de dispositivos móveis próprios, da temperatura da água, do oxigênio dissolvido, do potencial hidrogeniônico, da turbidez e da condutividade. Foram também coletadas quatro amostras de água de cada ponto para a posterior realização das análises laboratoriais e leitura dos demais indicadores. As coletas, assim como as análises em campo e em laboratório, observaram as metodologias descritas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), a fim de se garantir a qualidade dos resultados obtidos. Os parâmetros analisados e os métodos empregados podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros analisados e métodos empregados.

Ensaio	Metodologia utilizada	Limite de detecção
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Tubos múltiplos	1.80
Demanda bioquímica de oxigênio (mg O <sub>2</sub> / L)	Diluição e incubação a 20°C por 5 dias	1.00
Demanda química de oxigênio (mgO <sub>2</sub> /L)	Refluxo aberto com K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> meio ácido	5.00
Fósforo Total (mg P/L)	Colorimétrico do ácido ascórbico	0.01
Nitrogênio total kjeldahl-Nessler (mg NH <sub>3</sub> -N/L)	Titulométrico com nesslerização	0.50
Sólidos totais (mg/L)	Gravimetria a 103 – 105°C	10.00
Condutividade (mS/cm)	Campo - equipamento Digimed	-
Oxigênio dissolvido (mg O <sub>2</sub> /L)	Campo - equipamento Digimed	-
pH	Campo - equipamento Digimed	-
Temperatura (°C)	Campo - equipamento Digimed	-

### 3 CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) definiu em sua Resolução nº 357 (BRASIL, 2005) que as águas do território nacional são divididas em águas doces, salinas e salobras. Em função dos usos previstos, estão enquadradas em 13 classes (águas doces: classe especial e 1 a 4; águas salobras: classe especial e 1 a 3; águas salinas: classe especial e 1 a 3). Na inexistência de enquadramento deverão ser atendidos os padrões da classe 2 para as águas doces e classe 1 para águas salinas e salobras.

O enquadramento proposto pelo CONAMA apresenta-se como ferramenta na caracterização do recurso hídrico e na tomada de decisão por ordem do órgão gestor. É através desta classificação que será possível definir metas e ações quanto à qualidade de água





de cada trecho de rio. O planejamento necessita de bases técnicas que subsidiem a construção de consenso visando uma estratégia sensata para a sua efetivação (KNAPIK, 2009). Esta estratégia envolve desde o monitoramento da qualidade e quantidade de água, bem como a implantação de medidas que proporcionem a redução da poluição na bacia hidrográfica.

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é utilizado como ferramenta de auxílio à interpretação de dados, estabelecendo uma classificação para os corpos hídricos a partir da integração de grupos de variáveis específicos. Foi calculado conforme proposto pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB) com base na *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos. São estabelecidos nove parâmetros de qualidade (oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, DBO, fósforo total, temperatura, nitrogênio total, turbidez, sólidos totais) e seus respectivos pesos para compor o IQA, conforme é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros e pesos relativos ao IQA.

Parâmetros e pesos			
coliformes fecais	0,15	temperatura	0,10
pH	0,12	nitrogênio total	0,10
DBO	0,10	turbidez	0,08
fósforo total	0,10	sólidos totais	0,08
oxigênio dissolvido	0,17		

Fonte: CETESB, 2009

O IQA é calculado pela fórmula de produtório (Equação 1), utilizando as curvas de importância de parâmetros de qualidade de água desenvolvidas pela Cetesb (2009), as quais representam a variação da qualidade da água produzida pelas possíveis medidas do parâmetro, sendo o determinante principal, a aplicação destes para o abastecimento público. Os resultados são comparados a uma tabela de classificação de qualidade das águas, com intervalos de ponderação (Tabela 3).

Equação 1 – Fórmula para determinação do IQA.

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

Onde:

**n:** número de parâmetros do índice;

**qi:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida, o programa calcula cada um desses termos de forma separada;

**wi:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que o somatório dos mesmos deve atingir 1, como mostra a Equação 2:

Equação 2 – Fórmula do somatório dos pesos para a determinação do IQA.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

O Índice de Qualidade das Águas é um valor entre 0 e 100. A classificação da qualidade pode ser vista na Tabela 3. Esta classificação é mais intuitiva ao público do que um valor numérico.



Tabela 3 – Classificação da qualidade das águas segundo cálculo do IQA.

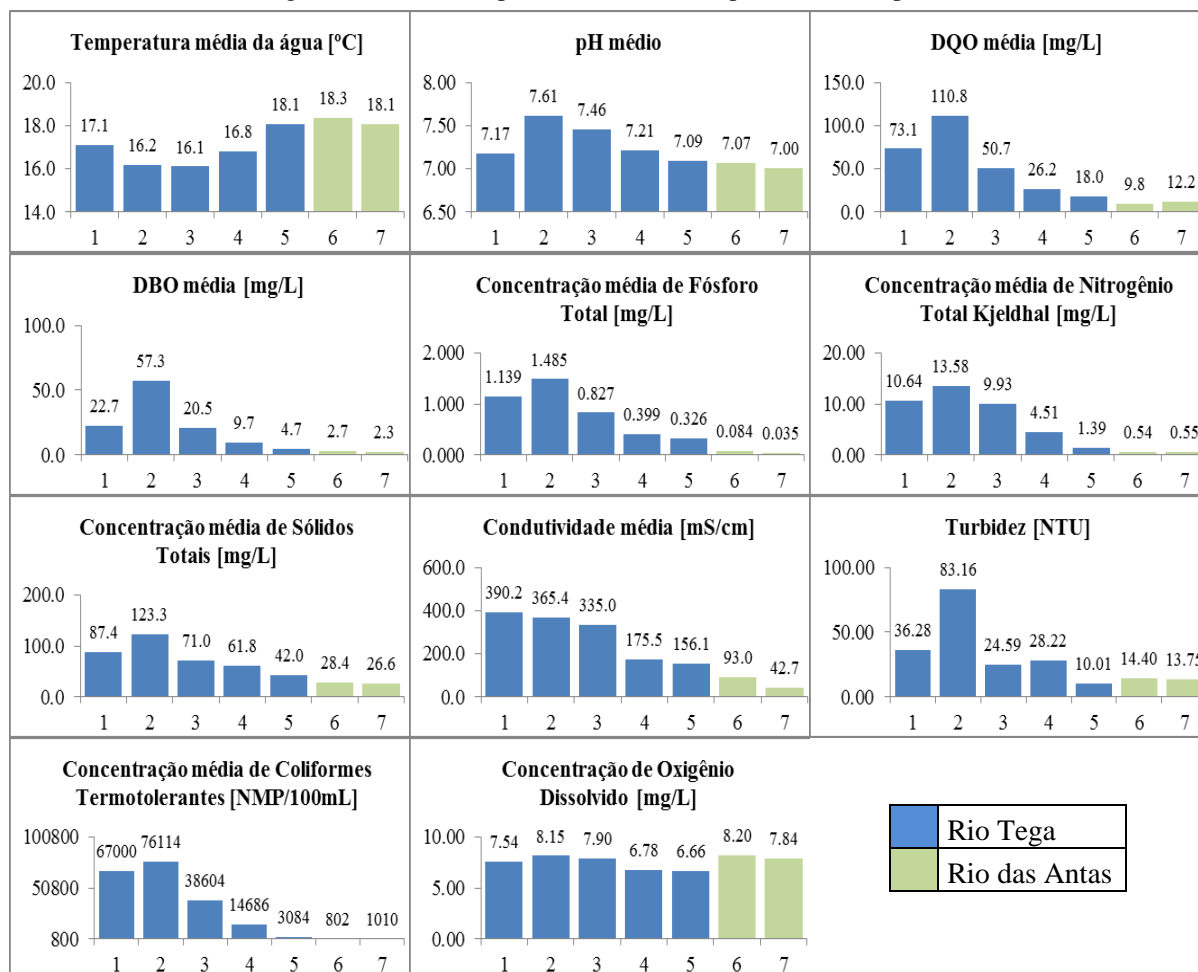
Categoria	Ponderação
Ótima	$80 \leq IQA \leq 100$
Boa	$52 \leq IQA < 80$
Aceitável	$37 \leq IQA < 52$
Ruim	$20 \leq IQA < 37$
Péssima	$0 \leq IQA < 20$

Fonte: FEPAM (2015)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a média dos parâmetros analisados durante os sete anos de campanha.

Figura 3 – Média dos parâmetros durante o período da campanha.



A partir dos dados obtidos nas análises laboratoriais (Figura 3) pode-se verificar que:

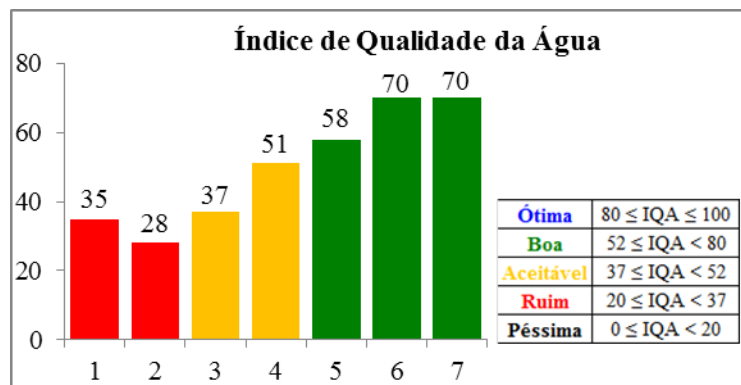
- O pH, a DQO, a DBO, a condutividade, a turbidez e a concentração de fósforo, nitrogênio, sólidos totais, coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido apresentaram maiores valores no Ponto 2, contabilizando mais de 70% dos valores máximos neste ponto;
- A partir do Ponto 2, existe um padrão de redução nos valores dos indicadores à medida que o curso d'água flui;



- A DQO, a concentração de nitrogênio e de coliformes termotolerantes do rio das Antas são aumentadas com o deságue do rio Tega.

A Figura 4 apresenta os IQA's de cada ponto monitorado, obtidos a partir da média dos parâmetros analisados durante os sete anos de campanha.

Figura 4 – Índice de Qualidade de Água a partir dos parâmetros medidos.



A partir da geração do Índice de Qualidade da Água (Figura 4) pode-se verificar que:

- O ponto 2 é o local que registra menor qualidade de água;
- A partir do ponto 2 existe um padrão de aumento da qualidade da água à medida que o rio Tega flui, de onde se parte com uma classificação Ruim, atingindo classificação Boa em sua foz;
- A melhora mais significativa na qualidade d'água se dá entre os pontos 3 e 4, mesmo mantendo-se na mesma classificação.

A Tabela 4 apresenta a classificação da água conforme Resolução CONAMA 357/2005, dos pontos monitorados durante a campanha.

Tabela 4 – Classificação dos pontos monitorados conforme Resolução CONAMA 357/2005.

	CTm	DBOm	ODm	Tm	pHm	STm	PTm	NTKm	Classe preponderante
	Classe CONAMA 357/2005								
Ponto 1	IV	IV	I	I	I	I	IV	III	IV
Ponto 2	IV	IV	I	II	I	I	IV	IV	IV
Ponto 3	IV	IV	I	I	I	I	IV	III	IV
Ponto 4	IV	III	I	I	I	I	IV	III	IV
Ponto 5	IV	II	I	I	I	I	IV	I	IV
Ponto 6	II	I	I	I	I	I	I	I	II
Ponto 7	III	I	I	I	I	I	I	I	III

Fonte: Os autores.

Obs. Levar em consideração que um único parâmetro condicionando à Classe mais alta, esta é assumida como a Classe do corpo hídrico.

A partir do enquadramento dos parâmetros conforme Resolução Conama 357/2005 (Tabela 4) pode-se verificar que:

- No ponto 2, 50% dos indicadores estão acima do previsto pela resolução, sendo responsáveis pela classificação IV das águas deste ponto;



- Coliformes termotolerantes foi o parâmetro mais discrepante, chegando a 3.000 % acima do maior valor previsto na legislação, seguido pelo fósforo, 990 %, e pela DBO, 573 %;
- Coliformes termotolerantes foi o fator que contribui mais significativamente para a baixa classificação das águas, sendo responsável por alterar a classe das águas do rio das Antas de II para III.

Segundo Sperling (2005), os rios possuem uma capacidade autodepurativa que depende, entre outros fatores, principalmente da hidrodinâmica do curso d'água. Essa autodepuração se caracteriza pelo decaimento de características poluidoras.

No que diz respeito às contaminações orgânicas, em um rio podem ser observadas regiões com diferentes aspectos no que diz respeito à decomposição dos compostos e estabilização da matéria. Essas regiões podem ser designadas por: zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas.

A zona de degradação do rio Tega se manifesta mais fortemente a montante do ponto 2, uma vez que é neste ponto que são encontrados os maiores índices de DBO, DQO, compostos nitrogenados e coliformes termotolerantes. Esta zona de degradação está associada à região que antecede o ponto 2 uma vez que essa está inserida em área de forte adensamento urbano. Pode ser observado também o aumento do oxigênio dissolvido, contrariando a dinâmica química do meio, este fato pode ser justificado uma vez que o local de coletas neste ponto encontra-se na base de uma cachoeira, o que proporciona uma aeração das águas.

A zona de decomposição ativa e a zona de recuperação estão relacionadas com o ponto 4, onde podem ser verificados os decréscimos mais significativos nos compostos nitrogenados, assim como a ausência de odores, estas zonas estendem-se até o ponto 5. Nestas zonas há o início da reorganização do meio aquático no que diz respeito aos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Apesar das expressivas melhoras na qualidade das águas, não há a concretização da zona de águas limpas, visto que alguns contaminantes, como fósforo e coliformes Termotolerantes, estiveram presentes até o final do percurso do rio Tega.

Em termos ecológicos, a redução do oxigênio dissolvido é a repercussão mais nociva da contaminação do meio aquático, todavia a hidrodinâmica do rio estudado contribui para uma aeração suficiente a ponto de não serem registradas, em nenhuma campanha, defasagens relevantes de oxigênio dissolvido.

Quanto às águas do rio das Antas, estas apresentaram uma boa qualidade nos dois pontos analisados. Foi observado, no entanto, que o único parâmetro em quantidades superiores ao previsto na legislação foi coliformes termotolerantes; essa carga possivelmente esteja relacionada a despejos dos municípios a montante dos pontos monitorados.

A jusante do deságue do rio Tega pode-se verificar um aumento na concentração de coliformes termotolerantes e de compostos nitrogenados, além do aumento da DQO. A concentração de coliformes foi mais significativamente impactante, visto que alterou a classificação do rio das Antas, de classe II para classe III, todavia, conforme o Índice de Qualidade das Águas, estas se mantiveram com qualidade Boa. Situações atípicas, como uma baixa vazão do rio das Antas, poderá contribuir para uma maior influência do rio Tega sobre o rio das Antas, uma vez que a capacidade de diluição estará reduzida.





## 5 CONCLUSÕES

Apesar da verificação das altas concentrações de substâncias contaminantes nas águas do rio Tega, as características geográficas nas quais ele está inserido, com expressivas variações de altitude, corredeiras e cachoeiras, contribuem para um aumento significativo na qualidade de suas águas. Este fato pode ser evidenciado através do cálculo do IQA, onde as águas do rio Tega partindo de uma condição Ruim alcançaram, em sua foz, uma condição Boa.

No período considerado pode-se verificar que as águas do rio Tega influenciaram negativamente as águas do rio das Antas. A concentração de coliformes termotolerantes foi a principal responsável pela redução da qualidade do rio das Antas.

## REFERÊNCIAS

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22ª edição, 2012.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 357/05. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 mar.2005.

CETESB. Relatório Anual de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: Apêndice A:: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo: CETESB, 2009.

CAXAS DO SUL. Prefeitura Municipal de Caxias do Sul. **Plano diretor de Caxias do Sul.** Lei de uso e ocupação do solo. Caxias do Sul: Prefeitura de Caxias do Sul, 2007.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Licenciamento Ambiental. **Disponível online:** < <http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/>>. Acesso em: Novembro de 2015.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Situação Saneamento Brasil. **Disponível online:** <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>> Acesso em: Novembro de 2015.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Qualidade das águas da bacia hidrográfica dos rio das Antas e rio Taquari. **Disponível em:** [http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade\\_taquari\\_antas/taquariantas](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_taquari_antas/taquariantas) Acesso em Novembro de 2015.

KNAPIK, H. G. (2009) “**Reflexões sobre monitoramento, modelagem e calibração na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da qualidade da água da Bacia do Alto Iguaçu**”. Curitiba, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG: Belo Horizonte – MG, 2005.