

## **Avaliação de qualidade de água da bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, ES, Brasil**

Water quality assessment of river basin Santa Maria da Vitória, ES, Brazil

**Suely Koelherth<sup>1</sup>, Gemael Barbosa Lima<sup>1\*</sup>, Wanderson de Paula Pinto<sup>1,2</sup>,  
Juliano Bras Zanetti<sup>3</sup> e Wilson José Feroni<sup>1</sup>**

1 Núcleo Integrado de pesquisa em Engenharia Ambiental – NUPEA – Departamento de Ciências Ambientais, Faculdade da Região Serrana – FARESE. Rua Jequitibá, 121, Centro, Santa Maria de Jetibá, ES, CEP 29645-000. 2 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo – PPGEA-UFES. Av. Fernando Ferrari, 514 – Goiabeiras, Vitória, ES, CEP 29075-910. 3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Santa Teresa, Rodovia ES-080, Km 93, São João de Petrópolis, Santa Teresa, ES, CEP 29660-000.

\*Autor para correspondência: gemaelbl@yahoo.com.br

**Resumo** O consumo de água aumentou cerca de seis vezes e mais de um bilhão de pessoas vivem sem acesso à água de qualidade. No Brasil, o problema não se encontra na quantidade da água disponível, mas sim na sua qualidade, fruto de má gestão. O estado do Espírito Santo possui maior parte do seu território na região hidrográfica do Atlântico Sudeste. Diante disso, esta pesquisa tem por objetivo avaliar a qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, por meio do cálculo do Índice da Qualidade da Água. Para tanto, foram utilizados dados da qualidade da água obtidos juntamente com o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Os resultados desta pesquisa apontam que os valores de Índice da Qualidade da Água variaram de 27 a 61, sendo a maioria dos pontos avaliados categorizada em qualidade ruim ou razoável, tendo apenas um ponto classificado como boa. Com isso, conclui-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória encontra-se com a qualidade da água comprometida ao longo de toda sua extensão, necessitando urgentemente de medidas que visem à melhora do Índice da Qualidade da Água.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica, Água, Índice

da Qualidade da Água.

**Abstract** Water consumption has increased about six times and more than one billion people live without access to safe water. In Brazil, the problem is not in the water quantity available but rather in his capacity as a result of mismanagement. But the state of Espírito Santo has most of its territory in the river basin of the Atlantic southeast. Thus, this research aims to evaluate the quality of the Santa Maria da Vitória's watershed, by calculating the Water Quality Index, and to this end, it was used water quality data along by Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. The results of this research show that the Water Quality Index values ranged from 27 to 61, with the majority of the evaluated points was categorized as poor or fair quality, and only one point was rated as good. Thus, it is concluded that the basin of the river Santa Maria da Vitoria lies with the quality of compromised water along its entire length, requiring urgent measures aimed at the improvement of Water Quality Index.

**Keywords:** Hydrographic basin, Water, Water Quality Index.

## Introdução

O modo de vida levado pelo ser humano, desde as civilizações mais antigas, não permite que o mesmo viva longe da água que consome e dos resíduos por ele produzidos. Apesar da humanidade vir aperfeiçoando a maneira como tem coletado e afastado os resíduos sólidos, o problema com a poluição ainda é atual (Tundisi, 2005). Com o aumento da população mundial durante o século passado, aumentou o número de fábricas, a quantidade de área irrigada, além é claro do aumento do desperdício. Estimativas realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU), o consumo de água cresceu aproximadamente seis vezes e, atualmente, mais de um bilhão de pessoas não dispõe de fonte de água com qualidade adequada para atender suas necessidades básicas (Ribeiro, 2008).

O estado do Espírito Santo, que conta com 78 municípios e população de 2,9 milhões de habitantes, possui a maior parte do seu território localizado na região hidrográfica do Atlântico Sudeste e uma pequena parte, ao norte, na região do Atlântico Leste. Na vertente Sudeste, as disponibilidades hídricas superficiais são maiores, coincidindo com a área que abrange a maior densidade populacional do Estado, onde se situa a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), que compreende 57% da população do Estado, distribuída em sete municípios (ANA, 2010).

A bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória constitui um dos principais mananciais de abastecimento de água para a RMGV e os municípios serranos que a compõem. Atualmente, o referido rio é responsável por 80% do abastecimento da cidade de Vitória. Além da população abastecida, o manancial supre a demanda de água para uso industrial e agropecuário. Callisto *et al.* (2002) e Buss *et al.* (2003) destacam que a principal fonte de água para o abastecimento humano são os rios. Porém, Terra *et al.* (2008) ressalta que esses corpos d'água estão sujeitos a inúmeras perturbações, em particular à quantidade de esgoto sanitário.

Froehner e Martins (2008) destacam que o lançamento de esgoto sanitário é uma das formas mais comuns de poluição das águas, gerando diversos impactos, indo desde a contaminação microbiológica à alteração da biodiversidade. Segundo Terra *et al.* (2008), por esses motivos o monitoramento das bacias hidrográficas torna-se de suma importância,

principalmente aquelas cujas águas são destinadas ao consumo humano.

Para Paixão *et al.* (2015), tão preocupantes e perigosos quanto os esgotos são os agroquímicos utilizados de forma excessiva durante o processo de produção agrícola. Ao longo do rio Santa Maria da Vitória, existe a evidente utilização indiscriminada de agrotóxicos, tendo em vista a alta produção de olerícolas. Chisté e Có (2003) ressaltam que, mesmo sendo considerados pelos agricultores os malefícios dos agrotóxicos, o seu uso passa a ser necessário para a produção e comercialização dessa produção. Esse uso abusivo associado a práticas não conservacionistas, como excesso de capina, bem como ausência de proteção de encostas e de vegetação ciliar, vêm permitindo constante transporte desses poluentes ao leito dos mananciais (Paixão *et al.*, 2015).

A qualidade das águas da bacia do rio Santa Maria da Vitória é um fator de grande importância para o desenvolvimento regional, uma vez que suas águas são utilizadas para usos diversos (Caiado *et al.*, 1999), e a poluição gerada contribui para agravar sua escassez, resultando na demanda de acompanhamento da qualidade da água. Nesse contexto, há uma crescente necessidade de identificar e monitorar os problemas ocasionados pelos impactos da interferência humana ao longo da bacia.

Constatam-se, como principais fontes efetivas e potenciais de poluição, lançamentos decorrentes de atividades agropecuárias - a utilização de corretivos e fertilizantes, efluentes de pocilgas, resíduos de avicultura e agrotóxicos - e de atividades industriais - fábrica de rações, laticínios e granjas -, bem como o lançamento de efluentes domésticos dos municípios. A qualidade da água resulta não só dos fenômenos naturais, mas também da atuação do homem. O conhecimento dos sistemas de produção, os usos atuais e às áreas degradadas de cada trecho de um corpo d'água e o seu planejamento são ferramentas indispensáveis para identificar e diagnosticar os fatores que afetam a qualidade da água.

De acordo com Cunha e Calijuri (2010), o monitoramento ambiental tem a capacidade de permitir, em longo prazo, o conhecimento das tendências de evolução da qualidade das águas, por meio da quantificação de variáveis físicas, químicas e biológicas, e viabilizar, assim, o amplo diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica estudada. Libânio (2010) ressalta que, com o intuito de se ter um indicador que, por meio dos resultados das análises das

características físicas, químicas e biológicas, pudesse fornecer ao público em geral um balizador da qualidade das águas de um corpo hídrico, desenvolveu-se o Índice da Qualidade da Água (IQA).

Diante dessa questão, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, por meio do monitoramento dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos obtidos junto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

## Material e Métodos

### *Caracterização da área de estudo*

A bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória (Figura 1) situa-se na região central do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas UTM 7793375 (N) 328297 (E) 7762159 (S) 286984 (W) (Saldanha, 2007). Segundo Correia Junior (2003) e Pezzopane et al. (2012), as precipitações pluviométricas anuais da bacia variam de 1150 mm a 1400 mm no litoral a 1800 mm na cabeceira. O clima predominante na região é o tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média varia entre 19 °C e 28 °C.

O rio Santa Maria da Vitória nasce na região serrana do estado do Espírito Santo e passa pelos municípios de Santa Maria de Jetibá, Santa Leopoldina e parte dos municípios de Cariacica, Serra e Vitória (Figura 1), drenando uma área de 1844 km<sup>2</sup> (Oliveira et al., 2011). Percorre cerca de 122 km até desaguar na baía de Vitória, onde forma um delta, apresentando um desnível de aproximadamente 1 300 m entre a nascente e a foz, servindo como corpo receptor de esgotos de origem doméstica e industrial ao longo do seu curso. Seus principais afluentes são, pela margem esquerda, os rios Possmouser, Claro, São Luís, Bonito, da Prata e Timbuí, e pela margem direita os rios Mangaraí, das Pedras, Caramuru, Duas Bocas, Triunfo, Jequitibá, Farinhas, Fumaça e São Miguel (CSMJ/HABTEC, volume I, 1997).

Os municípios que compreendem a bacia hidrográfica Santa Maria da Vitória desenvolvem diversas atividades econômicas, como agricultura, pecuária, mineração, indústrias e prestação de atividades comerciais.

A vegetação primitiva em toda a extensão da bacia e de seus afluentes era a Mata Atlântica, mas ve-



**Figura 1** Localização espacial da bacia hidrográfica rio Santa Maria da Vitória. Fonte: <http://www.cesan.com.br/page.php?25>. Acesso em: 12/08/2014.

rificou-se que atualmente a cobertura vegetal da área é feita por atividades agrícolas. Segundo o IPEMA (2005), 43% do espaço territorial ainda se encontram com florestas preservadas, contudo a vegetação de mata ciliar praticamente inexistente. Segundo o INCA- PER (2011), o relevo é fortemente ondulado e montanhoso, variando de 400 a 1462 metros. O solo é normalmente ácido, de fertilidade natural baixa, predominando a classe latossolo vermelho amarelo.

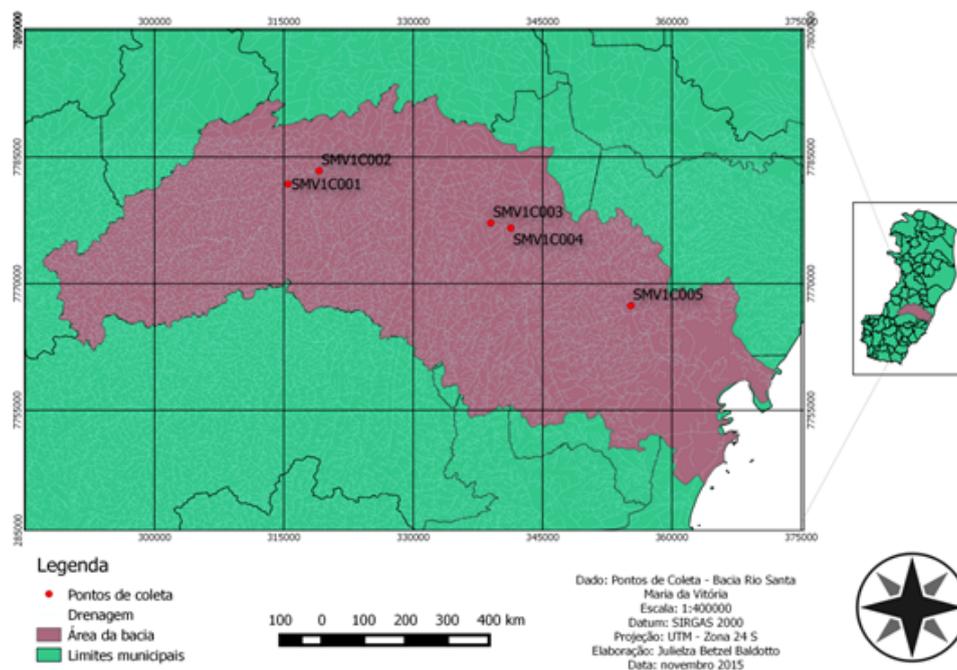
### *Dados de monitoramento de qualidade de água*

Os dados sobre a qualidade da água utilizados neste trabalho foram obtidos junto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, decorrentes do monitoramento no período compreendido entre os anos de 2009 a 2013. O monitoramento da qualidade da água do rio Santa Maria da Vitória é realizado em cinco pontos de amostragem, distribuídos ao longo do seu curso principal. A localização de cada ponto é descrita na Tabela 1 e representados graficamente pela Figura 2.

Neste trabalho foram considerados os seguintes parâmetros físicos, químicos e biológicos para o cálculo do IQA e análise da qualidade da água: oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato, fosfato, temperatura, turbidez e sólidos totais.

### *Índice de qualidade de água (IQA)*

Existem vários parâmetros indicadores de qualidade da água relacionados a diferentes tipos de poluição. Como o número de parâmetros é grande e suas características diferentes, surge a dificuldade de como proceder para incorporar em um único índice



**Figura 2** Localização dos pontos de amostragem para o monitoramento da qualidade da água do rio Santa Maria da Vitória.

uma informação consolidada dos problemas de poluição de água de uma bacia hidrográfica (Braga et al., 2005).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) vem como uma alternativa para essa questão. Para determinar o IQA-CETESB na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, será aplicada a metodologia proposta pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2008), com base na National Sanitation Foundation – NSF. O índice é uma média harmônica ponderada de um conjunto de indicadores específicos. O IQA é calculado da seguinte maneira:

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

Em que:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;  $q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro - um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);  $w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que

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

sendo  $n$  o número de parâmetros que entra no cálculo do IQA.

A partir do cálculo efetuado, foi obtida a classificação da qualidade da água da bacia hidrográfica

Ponto de amostragem	Localização e coordenadas geográficas
SMV1C001	Na ponte sobre o rio, próximo à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) (Latitude 315492 e Longitude 7781800)
SMV1C002	Na entrada do município de Santa Maria de Jetibá (Latitude 319088 e Longitude 7783358)
SMV1C003	200 m abaixo da Garganta do Funil, em frente à torre de transmissão da distribuidora de energia elétrica EDP-Escelsa (Latitude 338995 e Longitude 7777189)
SMV1C004	Na entrada do município de Santa Leopoldina (Latitude 341321 e Longitude 7776584)
SMV1C005	Na captação da Companhia Espírito-Santense de Saneamento (CESAN) (Latitude 355222 e Longitude 7767403)

**Tabela 1** Localização e coordenadas geográficas dos pontos de amostragem para o monitoramento da qualidade da água do rio Santa Maria da Vitória

**Tabela 2** Valores de pesos de cada parâmetro do IQA

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO <sub>5,20</sub>	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

do Rio Santa Maria da Vitória, indicada pelo IQA-CETESB, parametrizada de acordo com a Tabela 3.

## Resultados e Discussão

O nível de poluição de um rio varia conforme as atividades desenvolvidas em seu leito e da responsabilidade e nível de consciência da população quanto à preservação (Menegol *et al.*, 2007). As interações entre as diversas variáveis mensuradas numa amostra de água constituem-se no ponto de partida para a avaliação da qualidade da água, desde que essas interações sejam obtidas de uma distribuição amostral no espaço e no tempo das variáveis do sistema a ser estudado (Harmancioglu *et al.*, 1998).

Com a finalidade de avaliar padrões relacionados à qualidade da água, os parâmetros foram analisados para cada ponto de coleta, com posterior verificação das associações por meio da comparação com valores existentes fornecidos pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) para os anos de 2009 a 2013. Com base nisso, foi calculado o IQA para cada ponto entre os anos acima citado (Tabela 4).

De um modo geral, os valores encontrados para os nove parâmetros físico-químicos avaliados

**Tabela 3** Classificação do IQA. Fonte: CETESB (2015).

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
RAZOÁVEL	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

nesse estudo na bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, pelos dados fornecidos pelo IEMA, não se encontram de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005).

Ao longo dos meses analisados para o ano de 2009, o valor do IQA, de acordo com a tabela CETESB (2015), manteve-se, em sua totalidade para esse respectivo ano, na faixa “ruim” e “regular”, contradizendo diretamente os valores fornecidos pelo IEMA. Observa-se uma tendência de diminuição do valor do IQA no mês de novembro de 2009 no ponto de coleta SMVIC001, provavelmente pela alta turbidez (Figura 3).

Para Raposo *et al.* (2009), “um dos principais parâmetros de qualidade das águas capaz de demonstrar alterações na dinâmica hidrossedimentar de uma bacia como consequência da erosão acelerada é a turbidez. (...)”. Nesse sentido, a turbidez é muito útil em análises ambientais em bacias hidrográficas, uma vez que é possível associar o uso e a cobertura do solo a esse parâmetro, a fim de se detectar danos nos cursos d’água relacionados a atividades humanas, por exemplo.

Nota-se, também, uma alta concentração de coliformes termotolerantes no mês de novembro de 2009, no ponto de coleta SMVIC003, o que influencia na queda do IQA. O parâmetro de coliformes termotolerantes é um importante indicador de comprovação do contato dessa água com os microrganismos presentes nas fezes humanas, de forma que sua detecção seja uma boa indicação de que resíduos humanos estão sendo despejados na água (Tortora *et al.*, 2002).

A produtividade primária está condicionada às concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P), ou seja, tais nutrientes limitam a produtividade primária. Neste contexto que, a disponibilidade dos supracitados nutrientes influencia sobremaneira a quantidade excessiva do organismos em cursos hídricos (Horne e Goldman, 1994). A eutrofização dos ecossistemas aquáticos é um problema que persiste nos dias atuais devido os altos índices de N e P na água (Galloway *et al.*, 2003).

As atividades antrópicas como liberação de esgotos domésticos e industriais, além de fontes não pontuais, a saber: a agricultura, associados aos eventos de chuva, têm sido as principais entradas de fósforo na água (Withers e Jarvie, 2008; Ferreira *et al.*, 2005). Neste caso, pode-se inferir que os diferentes usos do solo tem contribuído para o aumento verti-

**Tabela 4** Valores de IQA, em porcentagem, para diferentes pontos de coletas durante os anos de 2009 a 2013.

Ponto de coleta	Data de coleta	IQA (%)	Classificação	Ponto de coleta	Data de coleta	IQA (%)	Classificação
SMV1C001	20/05/2009	33	Ruim	SMV1C004	15/06/2011	32	Ruim
	08/07/2009	33	Ruim		21/09/2011	39	Razoável
	26/08/2009	34	Ruim	SMV1C005	30/03/2011	36	Razoável
	11/11/2009	29	Ruim		15/06/2011	40	Razoável
20/05/2009	35	Ruim	21/09/2011		42	Razoável	
SMV1C002	08/07/2009	36	Ruim	23/11/2011	39	Razoável	
	26/08/2009	30	Ruim	SMV1C001	04/04/2012	37	Razoável
	11/11/2009	29	Ruim		13/06/2012	28	Ruim
20/05/2009	41	Razoável	05/09/2012		37	Razoável	
SMV1C003	08/07/2009	42	Razoável	10/10/2012	38	Razoável	
	11/11/2009	36	Ruim	04/04/2012	36	Razoável	
	20/05/2009	35	Ruim	SMV1C002	13/06/2012	33	Ruim
08/07/2009	37	Razoável	05/09/2012		31	Ruim	
26/08/2009	38	Razoável	10/10/2012		32	Ruim	
SMV1C004	11/11/2009	32	Ruim	SMV1C003	04/04/2012	37	Razoável
	20/05/2009	41	Razoável		13/06/2012	32	Ruim
	08/07/2009	37	Razoável		05/09/2012	37	Razoável
SMV1C005	26/08/2009	38	Razoável	10/10/2012	34	Ruim	
	11/11/2009	32	Ruim	05/09/2012	35	Ruim	
	20/05/2009	41	Razoável	10/10/2012	34	Ruim	
	08/07/2009	37	Razoável	04/04/2012	39	Razoável	
SMV1C001	24/03/2010	34	Ruim	SMV1C004	13/06/2012	32	Ruim
	05/08/2010	30	Ruim		05/09/2012	35	Ruim
	25/08/2010	33	Ruim		10/10/2012	34	Ruim
	10/11/2010	32	Ruim		04/04/2012	39	Razoável
SMV1C002	24/03/2010	29	Ruim	SMV1C005	13/06/2012	32	Ruim
	15/07/2010	33	Ruim		05/09/2012	36	Razoável
	25/08/2010	27	Ruim		10/10/2012	34	Ruim
	10/11/2010	35	Ruim		SMV1C001	04/04/2013	38
15/07/2010	45	Razoável	13/06/2013	39		Razoável	
25/08/2010	38	Razoável	04/09/2013	40		Razoável	
10/11/2010	37	Razoável	21/11/2013	39		Razoável	
SMV1C003	24/03/2010	32	Ruim	SMV1C002	04/04/2013	34	Ruim
	15/07/2010	40	Razoável		13/06/2013	36	Razoável
	25/08/2010	43	Razoável		04/09/2013	39	Razoável
	10/11/2010	32	Ruim		21/11/2013	39	Razoável
SMV1C004	05/08/2010	29	Ruim	SMV1C003	04/04/2013	38	Razoável
	25/08/2010	38	Razoável		04/09/2013	40	Razoável
	10/11/2010	37	Razoável		21/11/2013	40	Razoável
SMV1C005	30/03/2011	37	Razoável	SMV1C004	04/04/2013	28	Ruim
	15/06/2011	42	Razoável		13/06/2013	37	Razoável
	21/09/2011	38	Razoável		04/09/2013	61	Boa
	23/11/2011	36	Ruim		21/11/2013	37	Razoável
SMV1C001	30/03/2011	33	Ruim	SMV1C005	04/04/2013	29	Ruim
	15/06/2011	33	Ruim		13/06/2013	37	Razoável
	21/09/2011	37	Razoável		04/09/2013	39	Razoável
	23/11/2011	28	Ruim		21/11/2013	40	Razoável
SMV1C002	30/03/2011	37	Razoável				
	15/06/2011	41	Razoável				
	21/09/2011	43	Razoável				
	23/11/2011	40	Razoável				

ginoso nas concentrações de fósforo em ambientes aquáticos.

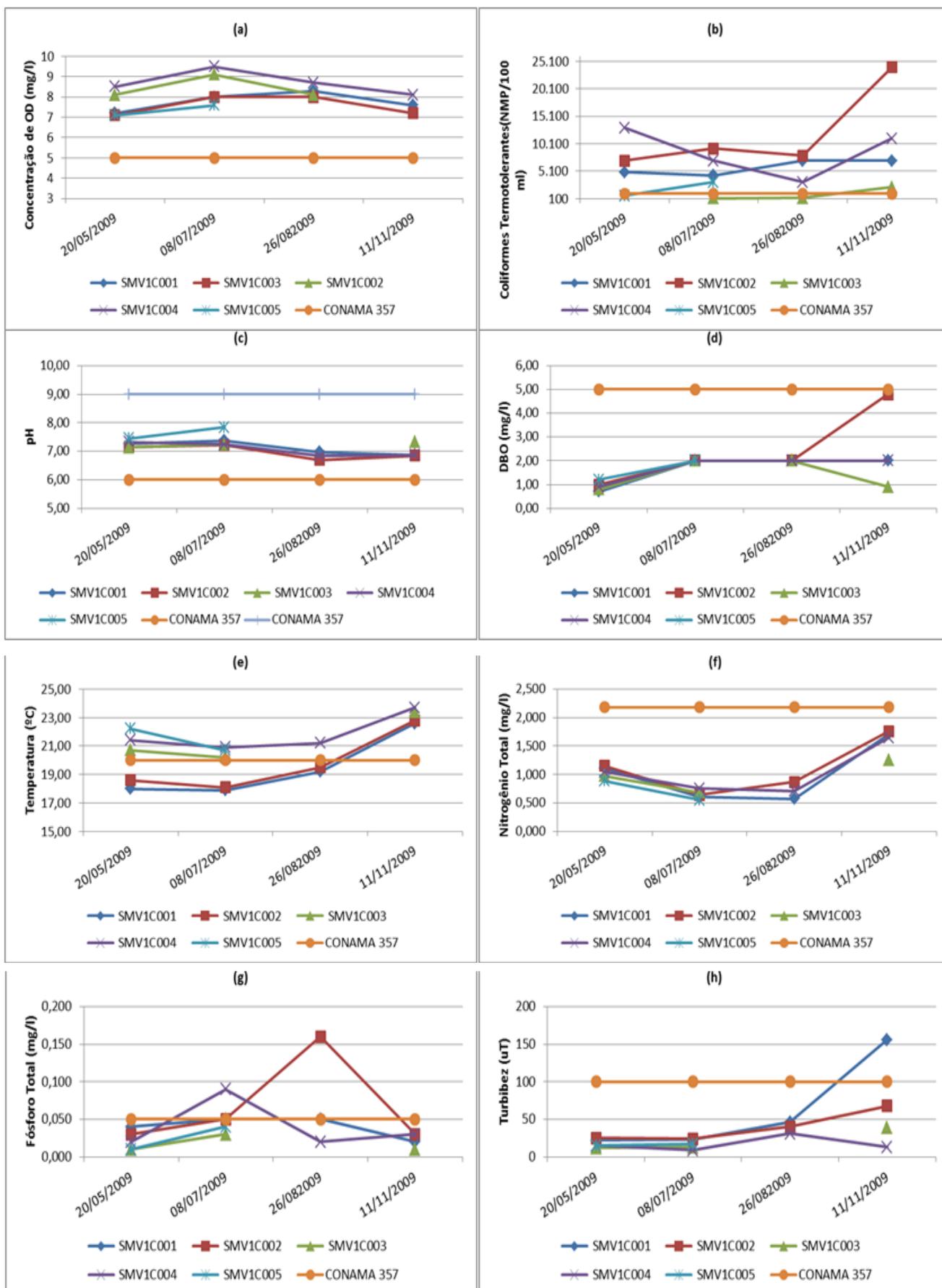
A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de uma amostra de água indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável, ou seja, indica a quantidade de oxigênio requerida pelas bactérias para estabilizar a matéria orgânica que se decompõe sob condições aeróbicas. É um parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica, principalmente o lançamento de esgotos in natura (CETESB, 2015).

Para os meses analisados no ano de 2010, todos os valores dos IQAs calculados mantiveram-se

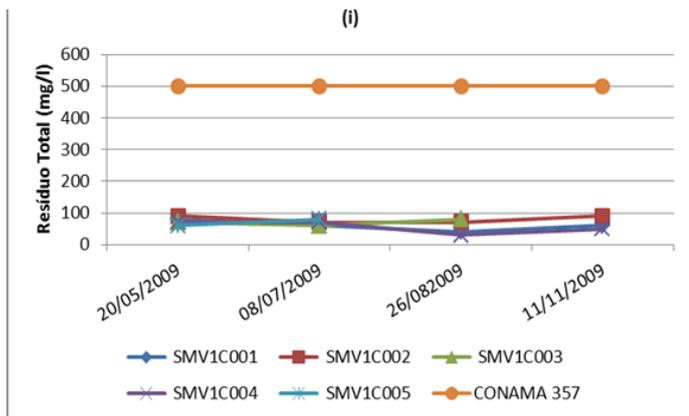
dentro da faixa “ruim”. Conforme podem ser observadas na Figura 4, a concentração de coliformes termotolerantes e a turbidez para o mês de março de 2010 no ponto de coleta SMVIC003 se encontram ambas elevadas, o que leva a uma possível redução do IQA.

Analisando os meses do ano de 2011, os dados do IQA calculado mantiveram-se dentro da faixa “ruim”, “razoável” e “péssima”. Nota-se dentro dos parâmetros analisados, de acordo com a Figura 5, uma concentração elevada de coliformes termotolerantes, turbidez e sólidos totais principalmente para o mês de novembro de 2011, no ponto de coleta SMVIC002, caracterizando uma queda do IQA em comparação aos outros parâmetros analisados.

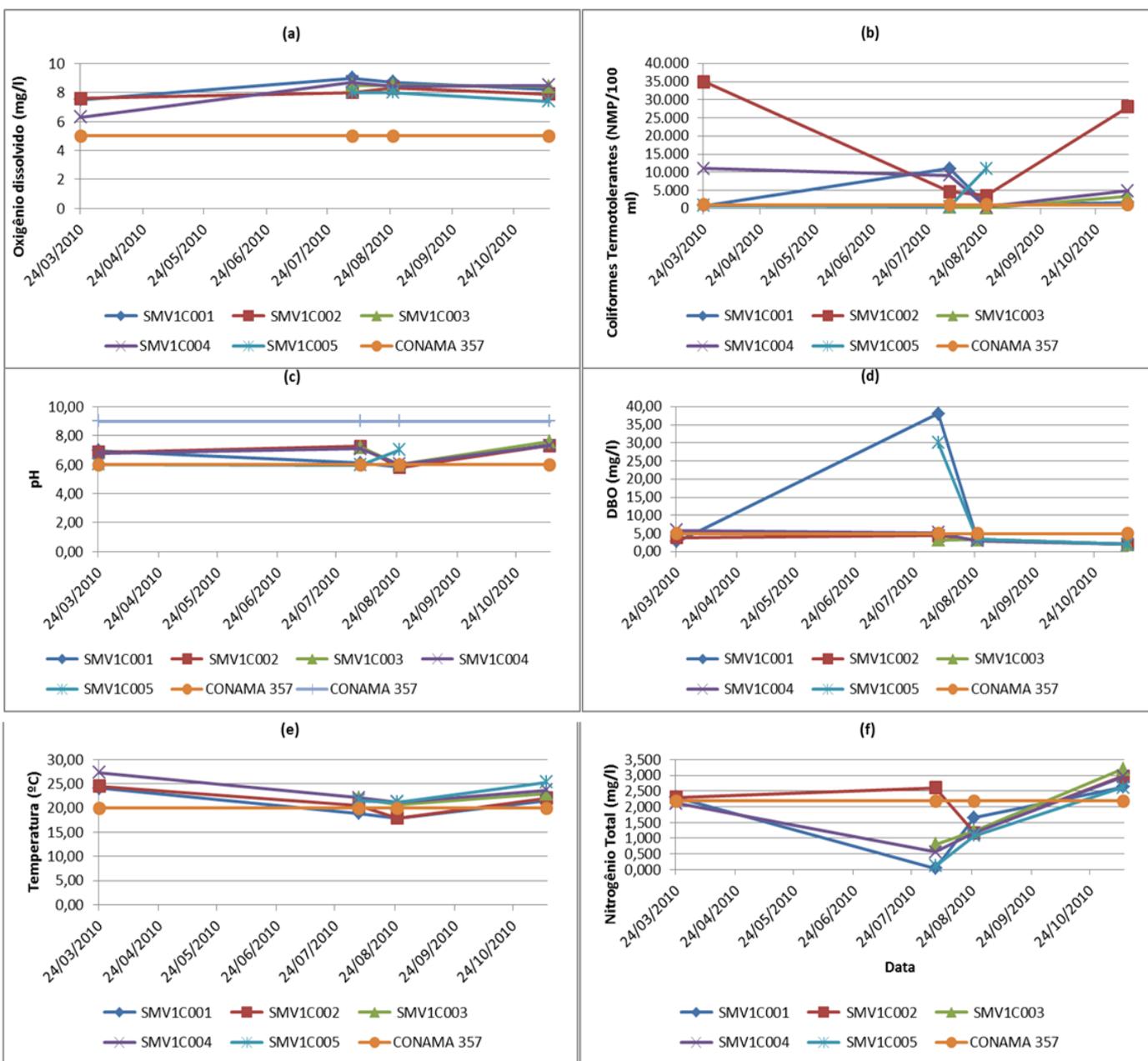
A maioria dos rios que atravessa as cidades



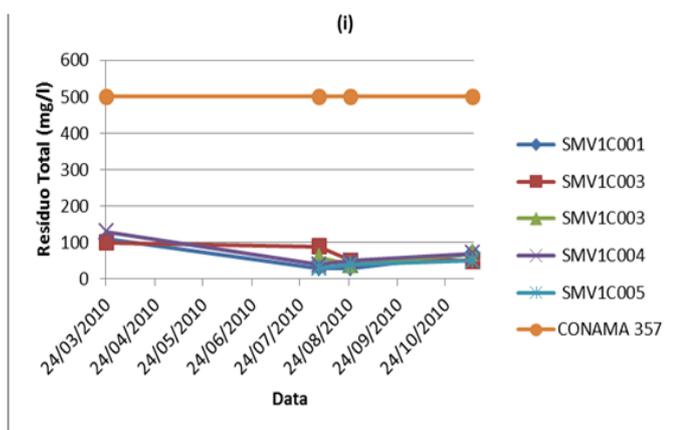
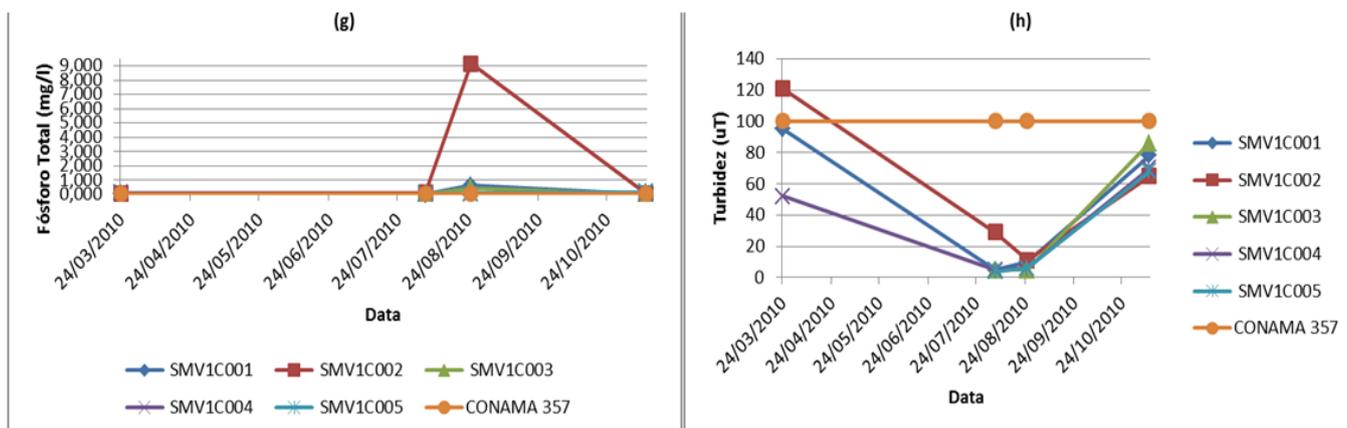
**Figura 3** Valores de OD (a), Coliformes Termotolerantes (b), pH (c), DBO (d), temperatura (e), nitrogênio total (f), fósforo total (g), turbidez (h) para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2009. *Continua.*



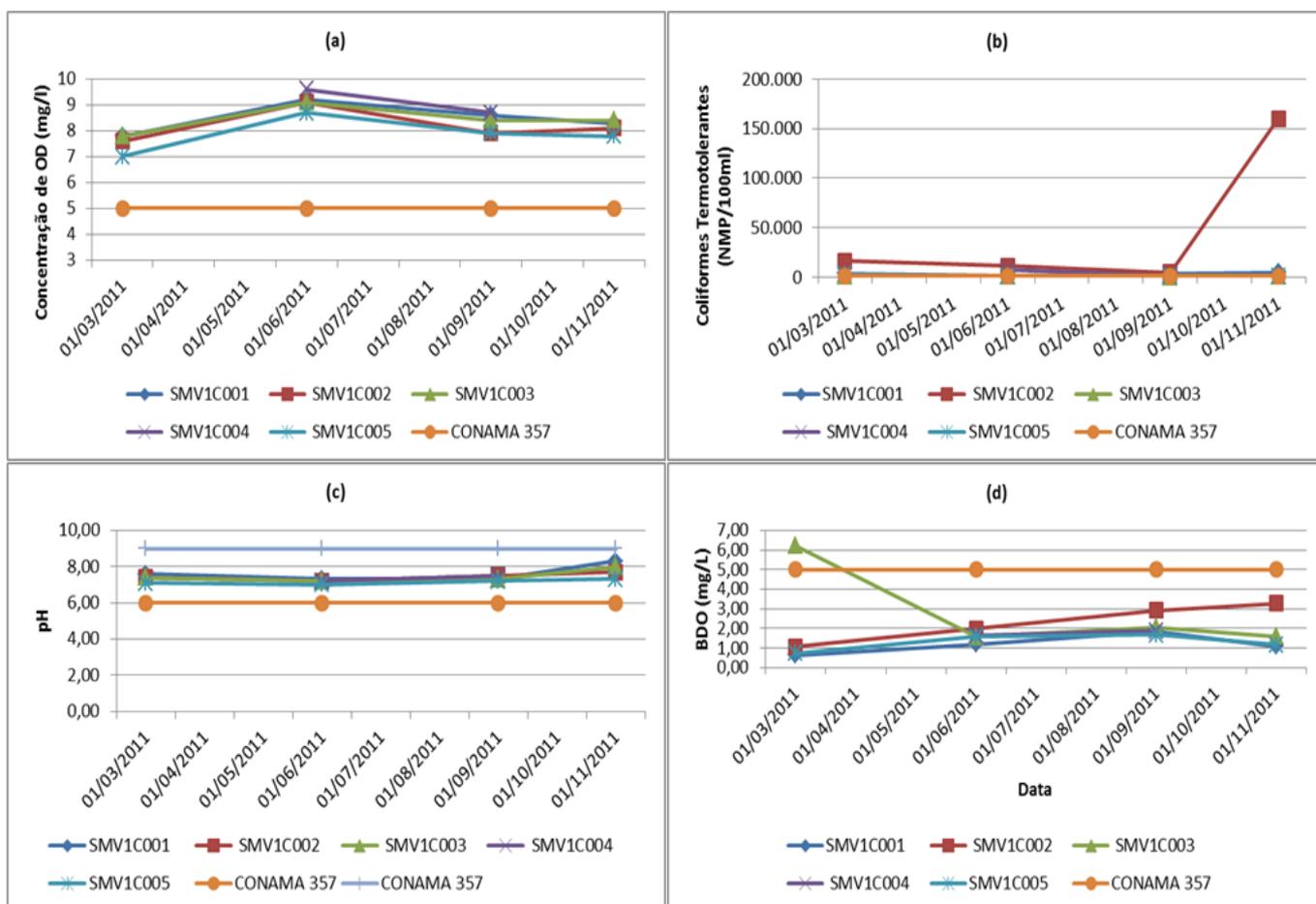
**Figura 3 - Continuação.** Valores de resíduos totais (i) para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2009.



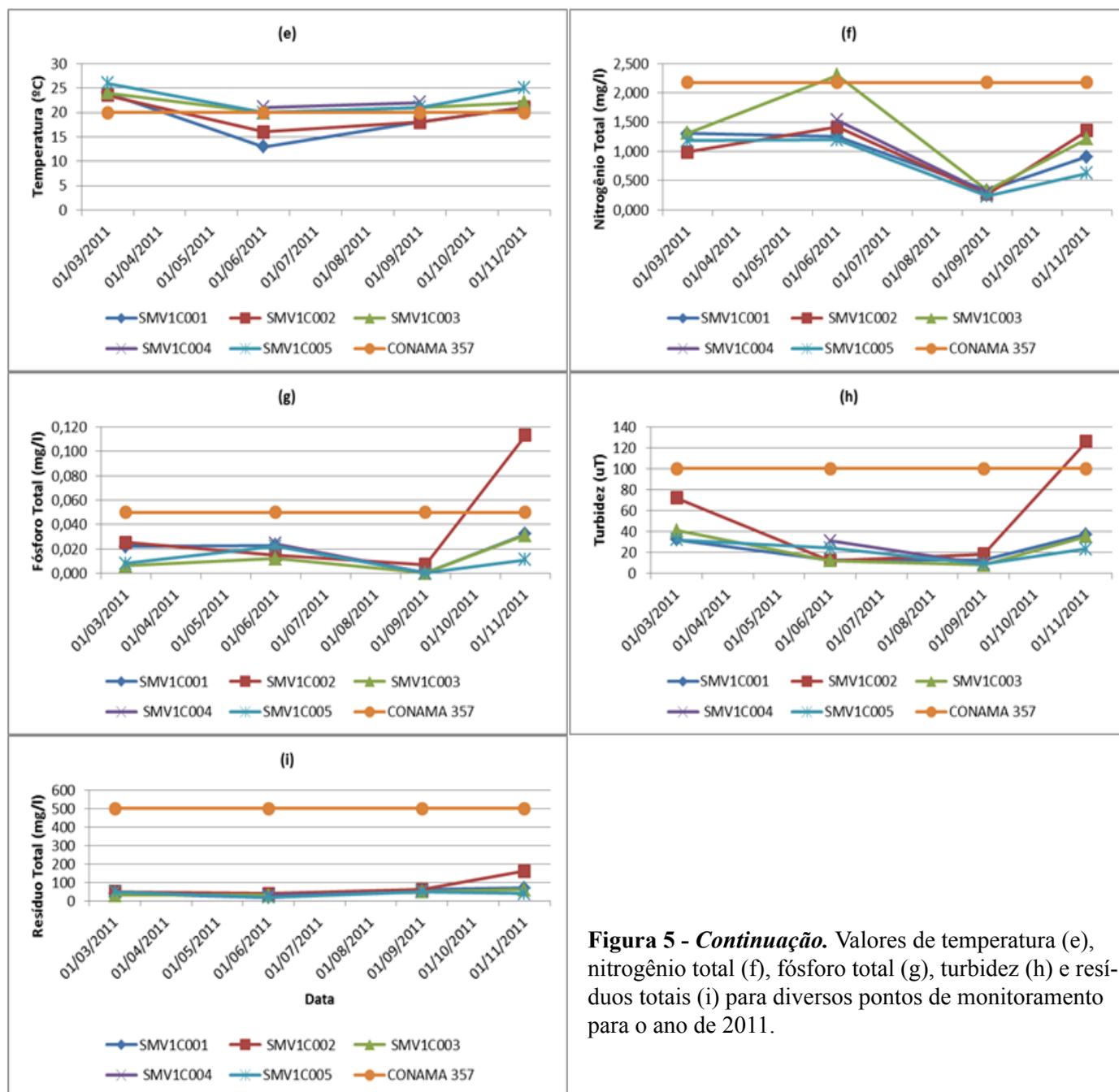
**Figura 4** Valores de OD (a), Coliformes Termotolerantes (b), pH (c), DBO (d), temperatura (e), nitrogênio total (f), para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2010. *Continua.*



**Figura 4 - Continuação.** Valores de fósforo total (g), turbidez (h) e resíduos totais (i) para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2010.



**Figura 5** Valores de OD (a), Coliformes Termotolerantes (b), pH (c), DBO (d), para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2011. *Continua.*



**Figura 5 - Continuação.** Valores de temperatura (e), nitrogênio total (f), fósforo total (g), turbidez (h) e resíduos totais (i) para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2011.

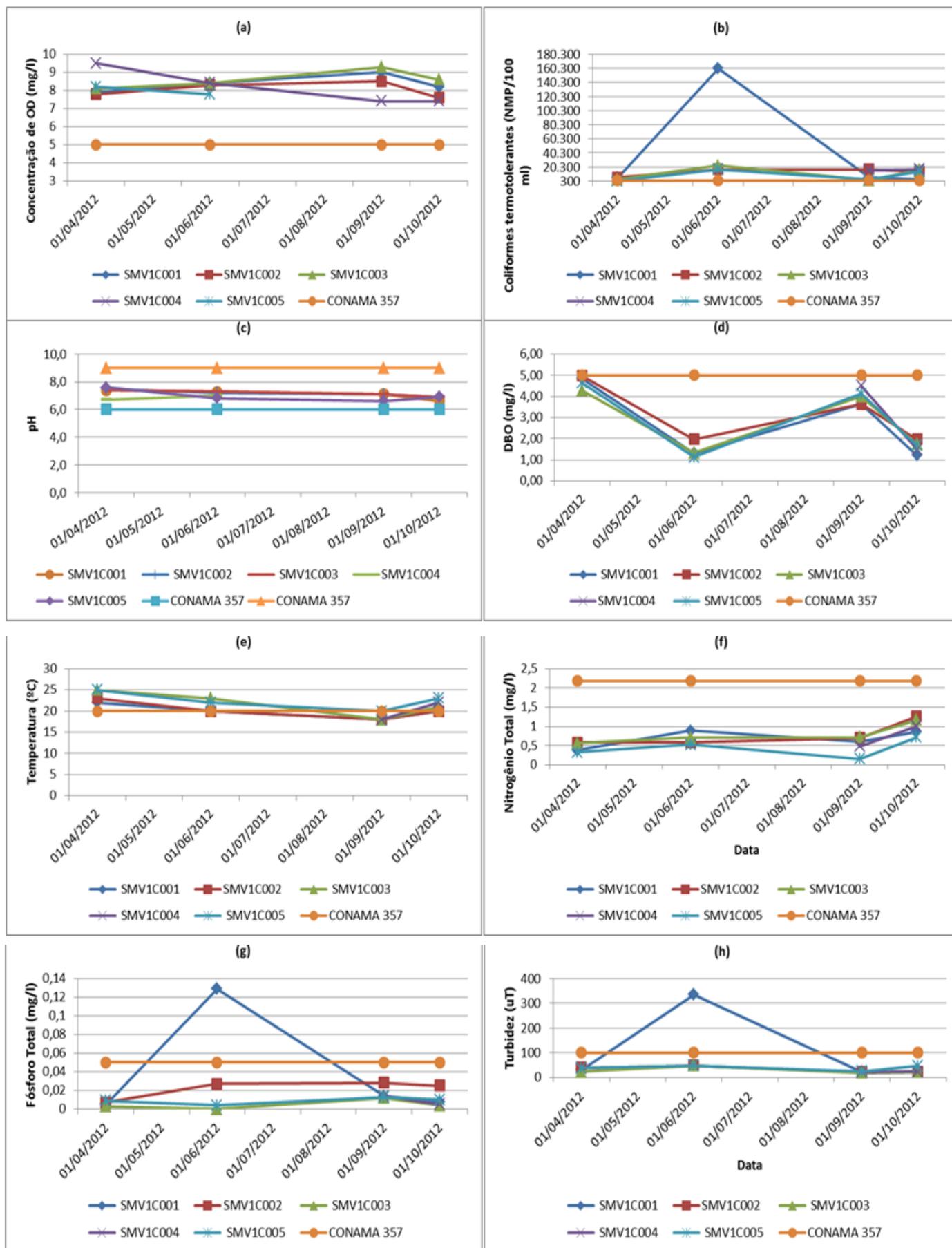
brasileiras é deteriorada, sendo esse considerado um dos grandes problemas ambientais brasileiros. Essa deterioração ocorre porque a maioria das cidades brasileiras não possui coleta e tratamento de esgotos domésticos, despejando in natura o esgoto nos rios (Tucci et al., 2001). Ainda conforme esses autores, em alguns lugares existe rede coletora, porém sem estações de tratamento, e em outros casos, as estações de tratamento existentes não operam com a eficiência desejada, pois existem ligações clandestinas e ligações de esgoto aos sistemas pluviais.

Os esgotos domésticos contêm, aproximadamente, 99,9% de água, incluindo-se na fração restante sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dis-

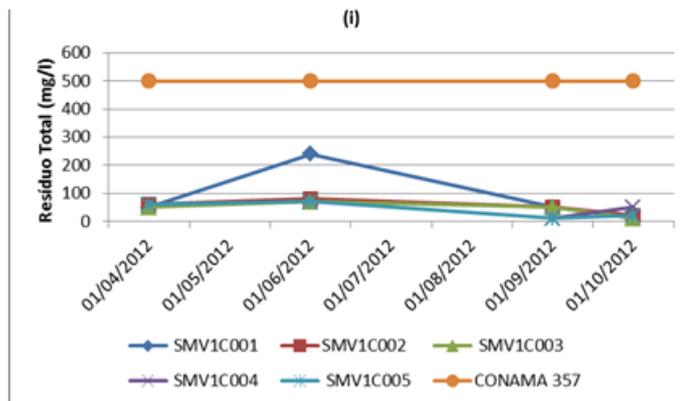
solvidos, bem como microrganismos (Von Sperling, 1996).

Em contrapartida, a análise dos dados para os meses do ano de 2012 se mantiveram dentro da faixa “ruim” e “péssimo”, havendo um aumento de concentração de coliformes, turbidez e sólidos totais para o mês de junho de 2012 no ponto de coleta SMVIC001, caracterizando queda do IQA em comparação com os demais índices (Figura 6).

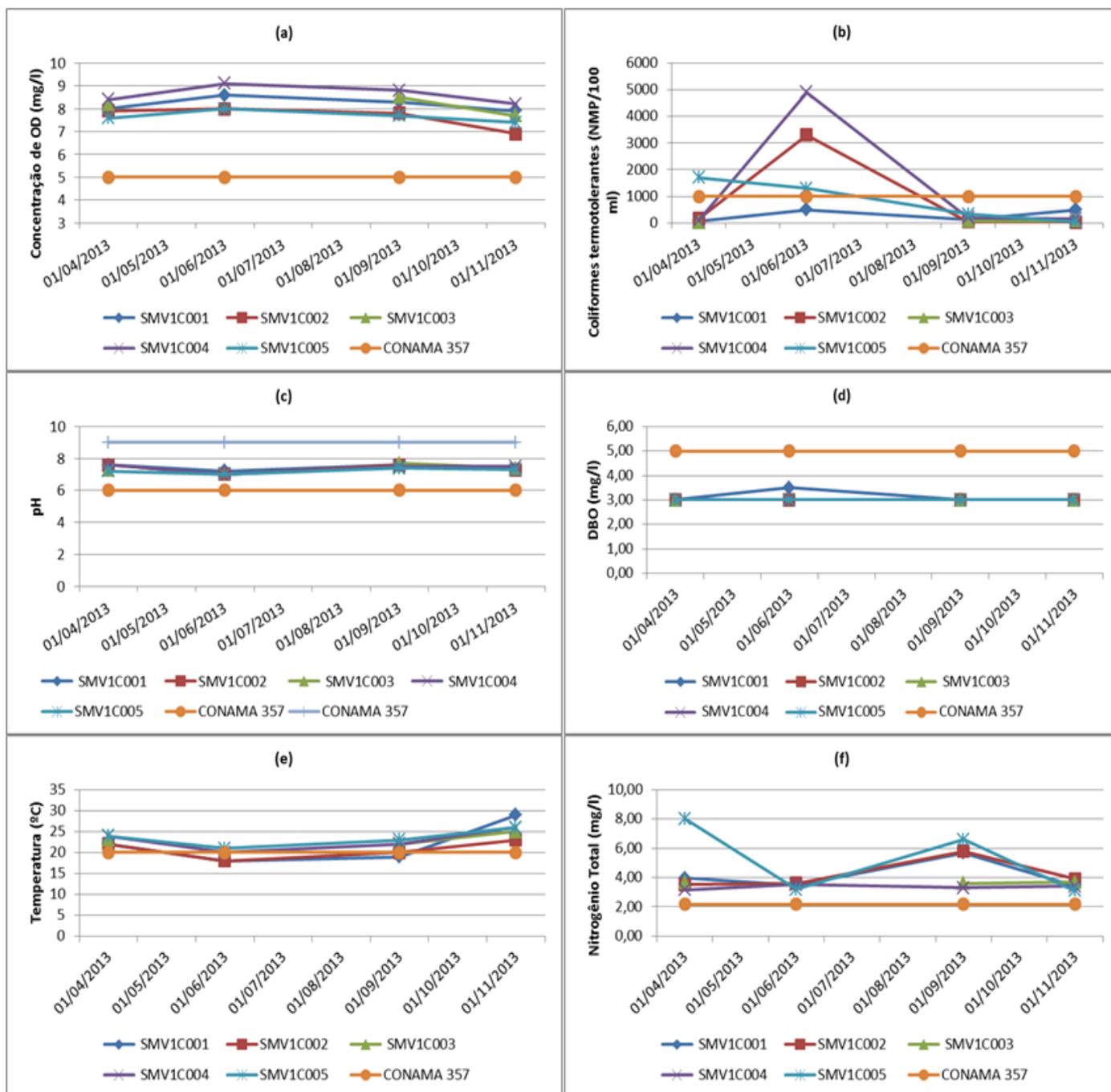
Rossato e Silva (2004) alertam que o aumento na produção de sedimentos em bacias hidrográficas está estritamente relacionado aos processos de urbanização em regiões próximas, pois ela promove a alteração da cobertura do solo através da colocação de



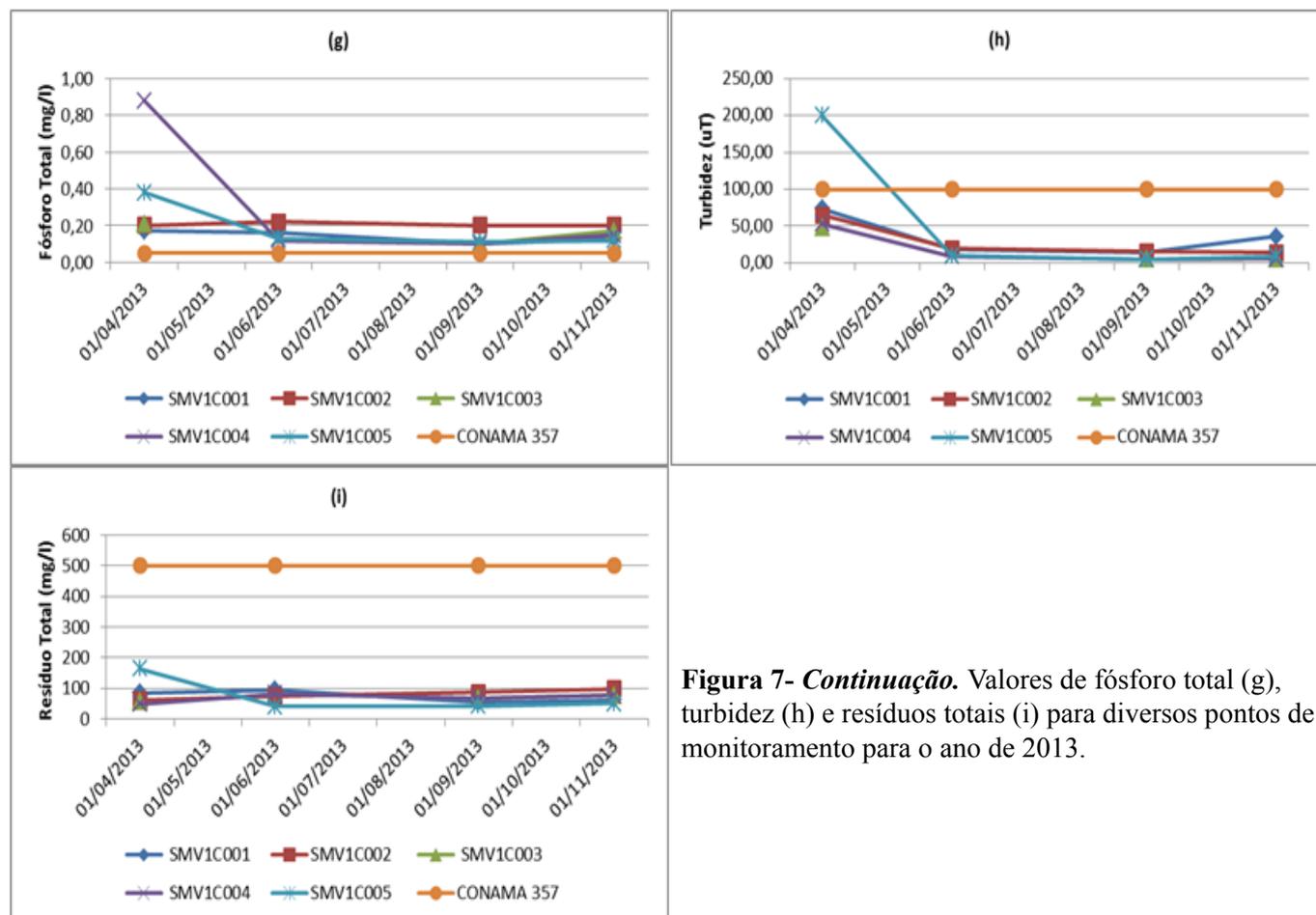
**Figura 6** Valores de OD (a), Coliformes Termotolerantes (b), pH (c), DBO (d), temperatura (e), nitrogênio total (f), fósforo total (g) e turbidez (h) para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2012. *Continua.*



**Figura 6 - Continuação.** Valores de resíduos totais (i) para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2012.



**Figura 7** Valores de OD (a), Coliformes Termotolerantes (b), pH (c), DBO (d), temperatura (e) e nitrogênio total (f) para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2013. *Continua.*



**Figura 7- Continuação.** Valores de fósforo total (g), turbidez (h) e resíduos totais (i) para diversos pontos de monitoramento para o ano de 2013.

pavimentos impermeáveis e a implantação de dutos subterrâneos de escoamento pluvial.

Já os dados para os meses do ano de 2013, todos os IQAs calculados mantiveram-se dentro da faixa “ruim” e “razoável”, sendo que, de acordo com a Figura 7, para o mês de abril de 2013, no ponto de coleta SMV1C004, ocorreu uma queda brusca de IQA pela alta turbidez. Barros et al. (2012), ao avaliar o IQA para a bacia metropolitana no município de Pacatuba, CE, obteve valores entre 81 a 86, sendo assim classificada como ótima. Jerônimo e Souza (2013) desenvolveram estudo na lagoa Extremoz/RN acerca do IQA e concluíram que, mesmo com o aumento da industrialização na região, a qualidade da água foi considerada entre boa e ótima.

## Considerações Finais

A partir dos objetivos propostos nesta pesquisa, pode-se concluir que os valores do IQA calculados entre os anos de 2009 e 2013 variaram de 19 a 61, tendo na maior parte das vezes a qualidade da água considerada ruim e regular, sendo apenas uma vez

o IQA categorizado em bom. Conclui-se, ainda, que o valor do IQA não variou ao longo dos anos. Além disso, a única forma dos IQAs terem apresentado valores inadequados deveu-se aos coliformes termotolerantes, que estavam fora do padrão estabelecido pelo CONAMA 357, uma vez que apresentam maior peso no cálculo do IQA depois do oxigênio dissolvido.

O principal fator que afeta no aumento dos coliformes termotolerantes é o lançamento de esgoto in natura no rio Santa Maria da Vitória. Além disso, o esgoto contribui também na elevação das concentrações de nitrogênio e fósforo. Nesse sentido, ao longo da bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória se devem adotar ações direcionadas ao tratamento do esgoto doméstico, como estações de tratamento de esgoto (ETE) que tenham eficiência adequada. Adicionalmente, a criação de animais nas margens do referido rio também pode ter contribuído para a depleção da qualidade da água, e, conseqüentemente, a diminuição do IQA.

Quanto à turbidez, observou-se que a mesma apresentou valores elevados em alguns pontos, sobretudo na época chuvosa. Nesse sentido é que se recomenda a utilização de práticas que visem à proteção do solo.

Diante desse cenário, devem-se adotar es-

estratégias de gestão e medidas mitigadoras urgentes ao longo da bacia do rio Santa Maria da Vitória a fim de melhorar o IQA, visto que a referida bacia é importante devido a sua intensa atividade agrícola/avícola, além de ser um dos principais mananciais de abastecimento da região da Grande Vitória.

## Referências

Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: resultados por estado/** Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília: ANA: Engecorps/ Cobrape, 2010.

Barros, JC, Barreto, FMS, Lima, MV (2012). Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião para determinação futura do Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP). In VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas.

Braga, B, Hespanhol, I, Conejo, JGL, Mierzwa, JC, de Barros, ML, Spencer, M, Porto, M, Nucci, N, Juliano, N, Eiger, S (2005). **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

Brasil (2005). Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 de março de 2005, 58-63.

Buss, DF, Baptista, D, Nessimian, JL (2003). Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water. **Cad. Saúde Pública**, 19(2): 465-473.

Caiado, MAC, Mendonça, ASF, Luppi, SM, Teixeira, EC (1999). Desenvolvimento Regional e Qualidade das Águas da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XIII. In Anais XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte.

Callisto, M, Ferreira, W, Moreno, P, Goulart, M, Petrucio, M (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 14(1): 91-98.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São

Paulo (2015). **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014**, São Paulo: CETESB. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.

CETESB - Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. 2008. **Índice de Qualidade das águas**. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 18 de outubro de 2014.

Chisté AMD, Có VLO (2003). Percepção ambiental de uma comunidade pomerana em relação ao uso de agrotóxico. **Natureza on line** 1(1): 7-11.

Correa Junior, Y (2003). **Estudo de variação de parâmetros de qualidade de água em pontos da região do estuário do rio Santa Maria da Vitória**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade de Espírito Santo, Vitória – ES.

CSMJ. Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu (1997). Diagnóstico e Plano Diretor das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu. Volume I – **Ecossistemas Aquáticos Interiores e Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro, Habtec Engenharia Sanitária e Ambiental.

Cunha, DGF, Calijuri, MC (2010). Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do Rio Pariqueira-Açu (SP). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, 15(4): 337-346.

Ferreira, RM, Barros, NO, Duque-Estrada, CH, Roland, F (2005). Caminhos do Fósforo em Ecossistemas Aquáticos Continentais. In: Roland, F, Cesar, D, Marinho, M. **Lições de Limnologia**. São Carlos - SP, Rima.

Froehner, S, Martins, RF (2008). Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba. **Química Nova**, 31(8), 2020-2026.

Galloway, JN, Aber, JD, Erisman, JW, Seitzinger, SP., Howarth, RW, Cowling, EB, Cosby, BJ (2003). The nitrogen cascade. **Bioscience**, 53(4): 341-356.

Harmancioglu, NB, Ozkul, SD, Alpaslan, MN (1998). Water quality monitoring and network design. In **Environmental data management**. Springer Netherlands, 61-106.

Horne, AJ, Goldman, CR (1994). **Limnology** (2nd ed., p. 60). New York: McGraw-Hill.

- INCAPER (2011). Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011-2013. Santa Maria de Jetibá. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/?a=proater/municipios>>. Acesso em: 18 jul. 2014.
- IPEMA (Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica) (2005). **Conservação da Mata Atlântica no Espírito Santo: cobertura florestal e unidades de conservação**. Vitória: IPEMA, Conservação Internacional. 142p.
- Jerônimo, CEM, Souza, FRS (2013). Determinação do índice da Qualidade da Água da Lagoa Extremoz-RN: Série Temporal e Correlação a Índices Pluviométrico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 10(10), 2219-2232.
- Libânio, M (2010). **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. Edição-Campinas: Átomo.
- Menegol, S, Mucelin, CA, Juchen, CR (2007). Avaliações de características físico-químicas do leite do Rio Alegria. SANARE: **Revista Técnica da Sanepar**. Disponível em: << <http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v18/menu.htm>>>. Acesso em 13/01/2015.
- Oliveira MS, Reis JAT, Mendonça ASF (2011). Análise probabilística de incompatibilidade entre parâmetros de qualidade da água e padrões de enquadramento – estudo de caso no rio Santa Maria da Vitória (ES). In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- Paixão, GP, Paixão, MVS, Venzel, SM, Paixão, PP (2015). Qualidade das águas do rio Santa Maria do Doce. **Natureza on line** 13(3): 117-122.
- Pezzopane, JEM, Castro, FS, Pezzopane, JRM, Cecílio, RA (2012). **Agrometeorologia**: aplicações para o Espírito Santo. Alegre, ES: CAUFES.
- Raposo, AA, Barros, LFP, Magalhães Júnior, AP (2009). O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do Rio Maracujá –Quadrilátero. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa. Trabalho completo. Disponível em: <<http://www.geo.ufv.br/simposio>>. Acesso em 07 fevereiro 2011.
- Ribeiro. WC (2008). **Geografia política da água**. São Paulo, 1ª edição. Editora Annablume.
- Rossato, MS, Silva, DLM (2004). A reconstrução da paisagem metropolitana de Porto Alegre: o tempo do homem e a degradação ambiental da cidade. In: VERDUM, R, BASSO, L, SUERTEGARAY, D. (Orgs.) Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação. Porto Alegre. Ed. da UFRGS.
- Saldanha, JCS (2007). **Análise da influência do rio Santa Maria da Vitória na baía de Vitória, através da modelagem computacional: uma contribuição ao processo de enquadramento**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, ES.
- Terra VR, Pratte-Santos R, Aliprandi RB, Barcelos F, Azevedo Jr RR, Barbiéri R (2008). Avaliação microbiológica das águas superficiais do rio Jucu Braço Sul, ES, Brasil. **Natureza on line** 6(1): 48-52.
- Tortora, GJ, Funke, RB, Casel, C (2002). **Microbiologia**. ARTMED Editora, 6ª Ed.
- Tucci, CE, Hespanhol, I, Cordeiro Netto, ODM (2001). **Gestão da água no Brasil**. Brasília: Unesco.
- Tundisi, JG (2005). **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Paulo, Rima, 2ª edição.
- Von Sperling, M. (1996). **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** (Vol. 1). Editora UFMG.
- Withers, PJA, Jarvie, HP (2008). Delivery and cycling of phosphorus in rivers: a review. **Science of the total environment**, 400(1): 379-395.