

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS DA SUB-BACIA DA LAGOA DA  
PAMPULHA**

**Aline Ribeiro Alkmim**

**Belo Horizonte**

**2011**

**Aline Ribeiro Alkmim**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS DA SUB-BACIA DA LAGOA DA  
PAMPULHA**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em Saneamento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Controle Ambiental na Indústria

Linha de pesquisa: Avaliação e gerenciamento de impactos e riscos ambientais.

Orientador: Sílvia Maria A. C. Oliveira

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG

2011

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que nos dá o dom da vida e nos capacita em todo nosso trabalho. Agradeço a meus pais, Jair e Elivani, pelo incentivo e amor. Ao meu irmão Pedro por deixar os dias sempre mais alegres. Ao meu noivo Davi, pela presença tão especial e apoio tão importante. À orientadora Sílvia pela dedicação, sabedoria e presteza. Ao IGAM, especialmente à equipe técnica do projeto “Águas de Minas”, pelo apoio e disponibilização dos dados e informações fundamentais à realização do trabalho.

## RESUMO

A sub-bacia da lagoa da Pampulha, inserida na bacia do rio das Velhas, dentro do contexto do rio São Francisco, possui importância relevante no que diz respeito ao abastecimento hídrico e está exposta a diversos impactos derivados de uma densa e diversificada ocupação do solo ao longo desse curso de água. Observa-se grande deterioração da qualidade das águas, que apresentam elevados teores de matéria orgânica e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, fato esse justificado pela ocupação desordenada e problemas com saneamento básico. A partir de uma avaliação da qualidade das águas da sub-bacia da lagoa da Pampulha pelo indicador IQA (Índice de Qualidade das Águas) no período de 2006 a 2010 verificou-se o predomínio de ocorrências de IQAs Ruim e Muito Ruim das águas. Analisando o cálculo do indicador IQA através da variação dos valores de  $qi$  (qualidade do parâmetro  $i$  obtido através da curva média específica de qualidade), certifica-se que os parâmetros que mais influenciam os IQAs Ruim e Muito Ruim das águas são, principalmente, coliformes termotolerantes e DBO, seguidos por OD, fosfato e turbidez, os quais apresentam valores baixos de  $qi$ , provocando decréscimo no valor de IQA. Ao analisar as ocorrências de cada parâmetro relacionado ao cálculo do IQA no período estudado, percebe-se a não conformidade com a legislação de grande parte dos parâmetros avaliados, o que afirma a má qualidade dos cursos de água avaliados.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS .....</b>	<b>VII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
3.1 SUB-BACIA DA LAGOA DA PAMPULHA.....	4
3.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA) .....	6
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
5.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA - IQA.....	14
5.2 PARÂMETROS RELACIONADOS AO IQA.....	19
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Curvas de qualidade elaboradas pela NSF.....	9
Figura 4.1 - Mapa com a localização espacial dos pontos de monitoramento em estudo. ....	13
Figura 5.1 - Evolução temporal do Índice de Qualidade das Águas – IQA na sub-bacia da lagoa da Pampulha.....	14
Figura 5.2 – Box-plot dos valores de IQA nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período 2006 a 2010.....	15
Figura 5.3 - Box plot dos valores de $qi$ para cada parâmetro nas estações com mediana na faixa de IQA Muito Ruim.....	16
Figura 5.4 - Frequência de ocorrência do IQA nos corpos de água monitorados na sub-bacia da Lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.....	18
Figura 5.5 - Box-Plot dos valores de coliformes termotolerantes nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período 2006 a 2010 (escala logarítmica). .....	19
Figura 5.6 - Evolução temporal do parâmetro coliformes termotolerantes nas estação monitorada PV030 no período de 2006 a 2010 (escala logarítmica). ....	20
Figura 5.7 – Box-Plot dos valores de fósforo total nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.....	21
Figura 5.8 - Evolução temporal do parâmetro fósforo total nas estações monitoradas PV075, PV085 e PV090 no período de 2006 a 2010. ....	22
Figura 5.9 - Box-Plot dos valores de DBO nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.....	23
Figura 5.10 - Evolução temporal do parâmetro DBO nas estações monitoradas PV010, PV045 e PV075 no período de 2006 a 2010. ....	24

Figura 5.11 - Box-Plot dos valores de OD nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010. ....	25
Figura 5.12 - Evolução temporal do parâmetro OD nas estações monitoradas PV030, PV090 e PV160 no período de 2006 a 2010. ....	26
Figura 5.13 - Box-Plot dos valores de sólidos totais nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010. ....	27
Figura 5.14 - Evolução temporal do parâmetro sólidos totais nas estações monitoradas PV010, PV075 e PV045 no período de 2006 a 2010. ....	28
Figura 5.15 - Box-Plot dos valores de turbidez nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010. ....	29
Figura 5.16 - Evolução temporal do parâmetro turbidez nas estações monitoradas PV010, PV075 e PV045 no período de 2006 a 2010. ....	30
Figura 5.17 - Box-Plot dos valores de nitrato nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010. ....	31
Figura 5.18 - Evolução temporal do parâmetro nitrato na estação monitorada PV200 no período de 2006 a 2010. ....	32
Figura 5.19 - Box-Plot dos valores de pH in loco nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010. ....	32
Figura 5.20 - Evolução temporal do parâmetro pH na estação monitorada PV125 no período de 2006 a 2010. ....	33
Figura 5.21 - Box-Plot dos valores de temperatura nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010. ....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Parâmetros e respectivos pesos para cálculo de IQA .....	7
Tabela 3.2 - Níveis de Qualidade de acordo com a faixa de IQA .....	9
Tabela 4.1- Ficha descritiva dos pontos de monitoramento na sub-bacia da lagoa da Pampulha .....	12
Tabela 5.1 - Variação dos valores das medianas de $q_i$ para cada parâmetro avaliado no cálculo de IQA .....	17

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CINCO – Centro Industrial de Contagem

COPAM – Conselho Estadual de Políticas Ambientais

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IQA – Índice de Qualidade das Águas

NSF – *U. S. National Sanitation Foundation*

OD – Oxigênio Dissolvido

$q_i$  – Qualidade do parâmetro  $i$  obtido através da curva média específica de qualidade

$w_i$  – Peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1

# 1 INTRODUÇÃO

Os ambientes aquáticos são utilizados pelo homem para diversas finalidades, como fonte de alimento, energia, esportes e turismo. Por esse motivo, e por ser o principal meio de dispersão dos resíduos originados pelas atividades humanas, grande parte das cidades se formam nas margens de rios ou no entorno de lagos, sejam eles naturais ou artificiais, sendo o desenvolvimento social e econômico influenciados pela disponibilidade desse recurso.

A contaminação de cursos de água por substâncias tóxicas pode ocorrer devido a processos naturais como a lixiviação do solo, atividades de erosão de rochas e atividades vulcânicas. Além desses fatores, também existem inúmeras fontes, algumas vezes de difícil identificação, provenientes de atividades industriais, bem como de efluentes domésticos e lodo provenientes de estações de tratamento (JACKSON, 1992).

A sub-bacia da lagoa da Pampulha, inserida na bacia do rio das Velhas, dentro do contexto da bacia do rio São Francisco, possui importância relevante no que diz respeito ao abastecimento hídrico e está exposta a diversos impactos derivados de uma densa e diversificada ocupação do solo ao longo desse corpo de água. As atividades industriais, embora estejam distribuídas por toda a região, destacam-se na região de Contagem, sobressaindo os ramos industriais metalúrgico, têxtil, alimentício e químico. As águas superficiais da bacia da Pampulha são utilizadas principalmente para o abastecimento doméstico e industrial. Outros usos destacados são o de hotelaria, dessedentação de animais e recreação de contato primário.

A represa da Pampulha é o mais antigo e tradicional dos lagos da região metropolitana de Belo Horizonte. Além de sua beleza paisagística, ela é valorizada pelo famoso conjunto de edificações que representam importantes marcos na arquitetura brasileira. Na época de sua inauguração em 1938, a represa da Pampulha possuía capacidade de acumulação de 18 milhões de m<sup>3</sup> de água. Com o rompimento ocorrido na década de 50, a lagoa sofreu uma redução de sua capacidade de acumulação para 13 milhões de m<sup>3</sup> (PBH, 2011).

Nas últimas décadas, o fenômeno de assoreamento da lagoa e da eutrofização de suas águas acelerou-se chegando, em 1998, ao quadro de perda de 50% do seu volume de preservação e de 40% da área do espelho d'água (PBH, 2011). Observa-se, ainda, grande deterioração da qualidade de suas águas, que apresentam elevados teores de matéria orgânica e baixas

concentrações de oxigênio dissolvido. Ao longo desses anos, a ocupação desordenada e os escassos investimentos em saneamento básico trouxeram sérias consequências socioambientais para a sub-bacia da Pampulha.

Dada a complexidade da atual situação ambiental da sub-bacia da Pampulha, a Prefeitura de Belo Horizonte tem realizado algumas ações mitigadoras, tais como dragagem parcial, retirada de aguapés, educação ambiental, controle de vetores, monitoramento da qualidade das águas, dentre outras.

No âmbito do projeto de revitalização da bacia do rio das Velhas (META 2014) foi contemplado o programa de despoluição da bacia da Pampulha como sendo uma das ações para a copa 2014. Nesse sentido, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) vem desenvolvendo o programa de monitoramento da sub-bacia hidrográfica da lagoa da Pampulha, buscando avaliar a qualidade e usos das águas superficiais. Trata-se de uma rede dirigida de monitoramento da sub-bacia do rio das Velhas, que tem como objetivo ampliar a cobertura do monitoramento na área, fornecendo subsídios para avaliar a pertinência do estabelecimento de pontos adicionais de amostragem na rede básica, de forma a aprimorar o conhecimento da qualidade da água e dos efeitos no meio hídrico das fontes de poluição difusa.

O objetivo desse trabalho é analisar a qualidade das águas superficiais da sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010 através dos dados do IGAM. Essa avaliação será fundamentada pelo indicador ambiental IQA (Índice de Qualidade das Águas) da *U. S. National Sanitation Foundation* e os parâmetros ambientais a ele associado.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a qualidade das águas da sub-bacia da lagoa da Pampulha através do indicador IQA (Índice de Qualidade das Águas) no período dos anos de 2006 a 2010.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Classificar o IQA nos corpos de água monitorados no período e avaliar a sua evolução temporal.
- Levantar os parâmetros que mais influenciaram as ocorrências de IQA Ruim e Muito Ruim no período.
- Analisar e discutir os parâmetros que influenciam no cálculo de IQA em cada estação monitorada.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 *Sub-bacia da Lagoa da Pampulha*

A sub-bacia da lagoa da Pampulha integra a bacia do ribeirão do Onça, que deságua no rio das Velhas no município de Santa Luzia. Sua área abrange cerca de 97 km<sup>2</sup>, sendo 45% no município de Belo Horizonte e 55% em Contagem. A região possui 42,7% de sua área urbanizada, onde residem aproximadamente 330.000 habitantes. Os principais tributários da região, que correspondem por 92,8% da vazão afluyente a lagoa, e também pelo aporte de sólidos e matéria orgânica, são os córregos Ressaca, Sarandi, Água Funda e Bom Jesus, sendo os principais responsáveis pela poluição deste corpo de água (IGAM,2006). A ocupação da região é distinta nos dois municípios nos quais a bacia se encontra. Em Contagem, localizam-se indústrias e áreas urbanas concentradas, embora existam regiões com ocupação esparsa e fazendas. Em Belo Horizonte predominam os espaços urbanizados e o setor econômico de serviços.

As águas superficiais da sub-bacia da lagoa da Pampulha encontram-se bem degradadas, como foi verificado por Beato *et al.* (2003). Em seu estudo sobre impactos urbanos nas águas da sub-bacia, verificou-se áreas bastante poluídas, com valores de alguns parâmetros bem acima do permitido pela legislação. Os parâmetros irregulares encontrados foram principalmente oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ferro, manganês, fósforo, alumínio, coliformes e detergentes. Alguns outros parâmetros relacionados a efluentes industriais também foram encontrados, sendo esses cobre, zinco, enxofre, óleos e graxas e fenóis.

Beato *et al.* (2003) também fez, em seu estudo, um levantamento sobre as principais fontes de poluição dessa sub-bacia. Ele aponta a precária infraestrutura de saneamento, a disposição inadequada de resíduos sólidos (aterros) e líquidos (postos de serviço, oficinas e indústrias), além de fugas na rede de esgoto de difícil identificação, como as fontes potenciais de contaminação das águas da sub-bacia. Sobre esse assunto ainda reitera:

A elevada densidade populacional e a falta de saneamento eficiente geram lixo e efluentes que são lançados na rede de drenagem formando uma carga contaminante de distribuição ampla e linear. As atividades industriais irregulares também geram efluentes que são lançados nos cursos d'água ou resíduos que são dispostos no próprio empreendimento e lixiviados em período de chuva. Isso contamina os aquíferos subjacentes e os situados ao

longo dos vales, influenciados pelo regime do curso d'água, e por fim degrada a qualidade da água da Lagoa (BEATO *et al.*, 2003).

Dessa forma, levantou-se as principais atividades industriais da região, sendo essas indústrias de bebida, alimentares, de transformação de plástico e produtos metalúrgicos, fabricação de concreto e pré moldados, artefatos de aço, estruturas metálicas, mecânicas, químicas, lavanderias, além de diversas outras pequenas atividades não identificadas e, às vezes, de elevado potencial poluente. Essas atividades concentram-se, principalmente no Centro Industrial de Contagem (CINCO).

Nos anos de 1984 e 1985, Giani *et al.* (1988) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o ciclo sazonal de parâmetros físico-químicos da água e a distribuição horizontal de nitrogênio e fósforo no reservatório da Pampulha. Nesse estudo concluiu-se que o reservatório encontrava-se, já nessa época, em processo adiantado de eutrofização, fato esse comprovado pelos elevados valores de condutividade, pequena transparência, ausência de oxigênio dissolvido, além de elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo.

Concomitantemente, Pinto-Coelho *et al.* (1999) avaliaram os efeitos da eutrofização em comunidades planctônicas na lagoa da Pampulha. O estudo demonstrou que o aporte excessivo de nutrientes na lagoa da Pampulha leva à ruptura nas condições de equilíbrio entre espécies, alterando atributos das estruturas das comunidades, tais como a riqueza de espécies, a equitatividade e a dominância, podendo levar a exclusão de algumas espécies e elevado crescimento populacional de outras. Esses estudos demonstram não ser a problemática da poluição da lagoa da Pampulha um tema recente. Verifica-se a degradação dos corpos de água da sub-bacia ao longo dos anos.

Pinto-Coelho (2000) também realizou um estudo no qual avaliou as condições limnológicas na sub-bacia da lagoa da Pampulha. Nesse estudo, o pesquisador levantou as principais questões ambientais do reservatório, sendo essas: eutrofização, causando a depleção de oxigênio dissolvido, aumento das concentrações de nutrientes orgânicos, crescimento desordenado de plantas aquáticas (algas e macrófitas), decréscimo da transparência da água e mortandade de peixes e desaparecimento de diversas espécies pouco tolerantes ao aumento da carga orgânica e dos nutrientes; assoreamento causado pelo aporte de sólidos em suspensão através dos tributários e do escoamento superficial através de enxurradas; contaminação por

metais traço; presença de lixo doméstico; e doenças de veiculação hídrica devido principalmente ao lançamento de esgoto nas águas.

Em outro estudo realizado por Pinto-Coelho *et al.* (2005), os pesquisadores fizeram uma avaliação a longo prazo (1993-1998) focada nos efeitos do aumento da eutrofização sobre a estrutura de crustáceos zooplancônicos no reservatório da lagoa da Pampulha. Nesse estudo eles afirmam que a condição limnológica da lagoa da Pampulha é caracterizada pela entrada cada vez maior de nutrientes que causam aumento do nível trófico, ocasionando no fenômeno de eutrofização, sendo originado principalmente por águas residuárias não tratadas que fluem para esse reservatório. Esse fenômeno resulta em impacto direto sobre a dinâmica dos seres aquáticos, como o zôoplancton, causando desequilíbrios ambientais.

### **3.2 Índice de Qualidade das Águas (IQA)**

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas no corpo de água, sejam essas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO *et al.*, 2002)

O controle da qualidade da água tem como objetivo, fundamentalmente, atestar sua conformidade com normas e padrões pré-estabelecidos. Segundo Marques *et al.* (2007) uma das formas de comparabilidade e representatividade dos resultados na amostragem para o monitoramento da qualidade da água, com a possibilidade de demonstrar ou comunicar os padrões de qualidade, é a utilização de indicadores.

Geralmente um indicador de qualidade de água agrupa três categorias amplas de variáveis, sendo essas químicas, físicas e biológicas. Diversas técnicas para a elaboração de um índice de qualidade de água são utilizadas, criando-se índices específicos para os diferentes usos de água. Alguns exemplos de diferentes índices são índice de qualidade de água para abastecimento (MARQUES *et al.*, 2007), para microbacias sob uso agrícola e urbano (TOLEDO *et al.*, 2002), para proteção da vida aquática (SILVA *et al.*, 2006), entre outros.

A técnica de elaboração de IQA mais empregada é a desenvolvida pela *U. S. National Sanitation Foundation*, a qual será utilizada nesse trabalho como instrumento de avaliação da qualidade da água da sub-bacia da lagoa da Pampulha, sendo esse índice aplicado pelo IGAM

(Instituto Mineiro de Gestão das Águas) como apoio na interpretação das informações e, especialmente, como uma forma de traduzir e divulgar a condição de qualidade prevalente nos cursos d'água avaliados.

O IQA desenvolvido pela *U. S. National Sanitation Foundation* (NSF) foi estabelecido através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, quando cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo.

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso, conforme apresentado na Tabela 3.1, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração do mesmo (IGAM, 2011(a)).

**Tabela 3.1 - Parâmetros e respectivos pesos para cálculo de IQA**

Parâmetro	Peso - $w_i$
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L $\text{NO}_3^-$ )	0,10
Fosfato total (mg/L $\text{PO}_4^-$ )	0,10
Variação na temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos totais (mg/L)	0,08

Fonte: IGAM, 2011 (adaptado)

As metodologias para o cálculo do IQA consideram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. Nesse trabalho adota-se o IQA multiplicativo, por ser o mais difundido no Brasil, sendo a formulação utilizada pelo IGAM e CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) em seus cálculos. O seu cálculo é dado pela seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

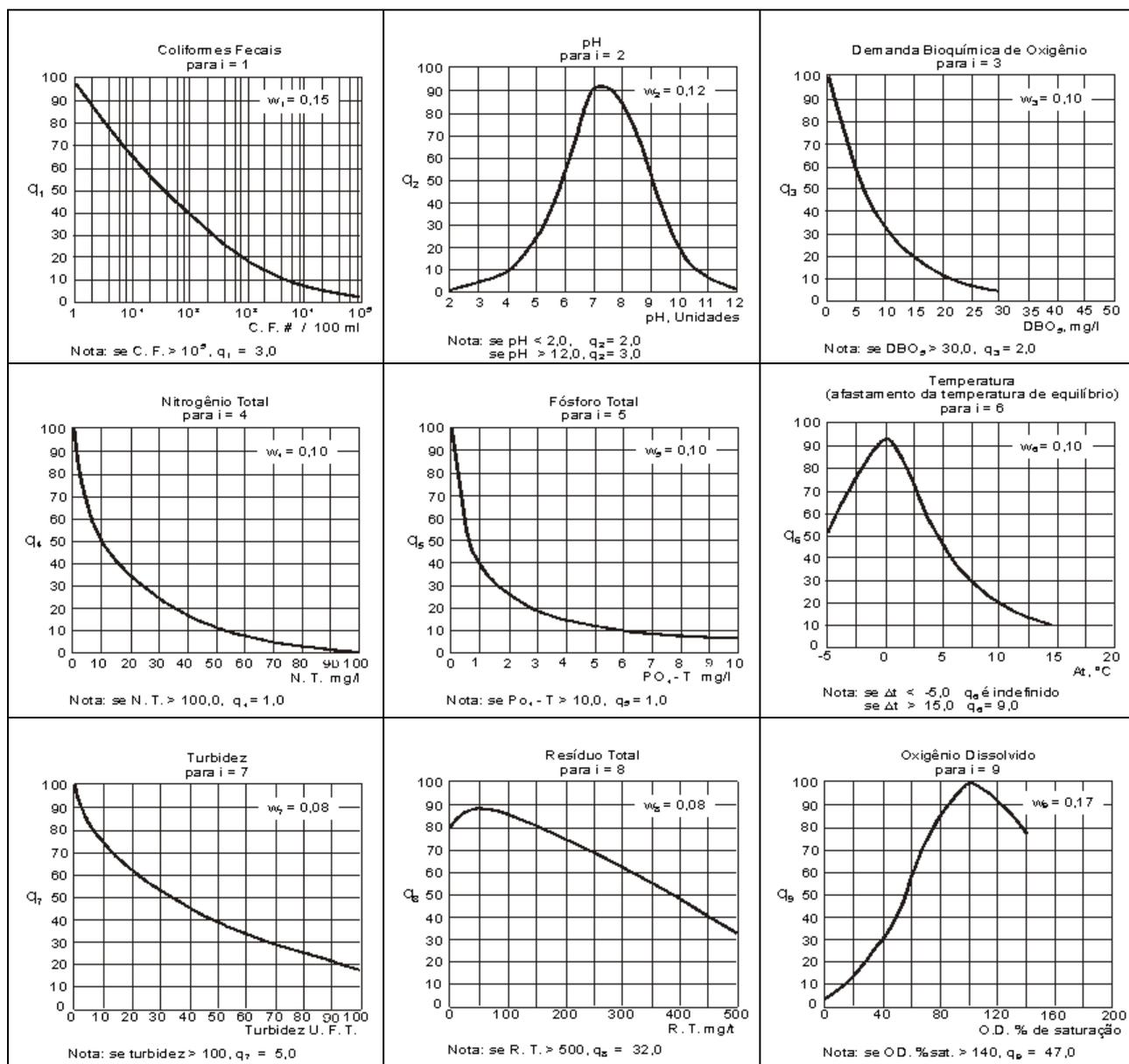
Sendo:

**IQA** = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

**q<sub>i</sub>** = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

**w<sub>i</sub>** = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

As curvas de qualidade da água para cada um dos parâmetros são apresentadas na Figura 3.1. Estas curvas foram formuladas pela NSF, com a pequena adaptação realizada pela CETESB (N total ao invés de nitrato). O IGAM utiliza o parâmetro nitrato, como a NSF. Em cada curva, o valor ideal para a qualidade da água corresponde a q=100, que pode ser entendido como a nota máxima de 100. Para alguns parâmetros, como coliformes, DBO, nitrogênio, fósforo e turbidez, a melhor qualidade da água (maior q) é obtida com as menores concentrações, uma vez que a curva é sempre descendente. Já para outros parâmetros (pH, temperatura, sólidos totais e oxigênio dissolvido), há um ponto ótimo com nota máxima, a partir do qual valores inferiores ou superiores implicam em uma diminuição da nota (VON SPERLING, 2007).



**Figura 3.1 - Curvas de qualidade elaboradas pela NSF**  
 (Fonte: CETESB, 2011 *apud* VON SPERLING, 2007)

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme Tabela 3.2:

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 \leq IQA \leq 25$

Fonte: IGAM, 2011 (adaptado)

Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgoto sanitário e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Muitas tem sido as críticas em relação ao uso do IQA da NSF. Segundo Bollman *et al.* (2000) o problema mais significativo na utilização do indicador é que o destino da água é diversificado, prevendo usos múltiplos, sendo que para cada uso podem ser elencados padrões individuais de qualidade, sendo que o uso do indicador pode fazer com que algum teor informativo seja perdido.

Simões *et al.* (2008) completam que um dos problemas do IQA é sintetizar em um único número a complexa realidade do meio ambiente, na qual inúmeras variáveis tem influências entre si, utilizando esse número para a generalização da qualidade da água em excelente, boa, média, ruim e muito ruim.

Segundo Lermontov *et al.* (2009) há uma necessidade de técnicas mais avançadas para a avaliação da importância das variáveis de qualidade da água de modo a integrar de melhor forma os parâmetros distintos envolvidos. Esses pesquisadores afirmam que a metodologia da NSF não consegue classificar e quantificar efeitos ambientais de natureza subjetiva ou mesmo fornecer uma alternativa para lidar com dados ausentes. Nesse contexto, esses autores propõem um novo índice de qualidade de água denominado Índice Difuso de Qualidade de Água, baseado em lógica difusa de inteligência artificial e ferramentas de interferências difusas. Esse método apresenta como vantagem a combinação de dados quantitativos e qualitativos, produzindo resultados que são mais semelhantes à complexidade ecológica dos corpos de água, podendo visualizar situações em uma perspectiva mais realista (por exemplo, a presença ou ausência de uma característica como odor ou cor, ou mesmo espécies de ictiofauna, parâmetros toxicológicos etc.).

De acordo com Lumb *et al.* (2011) a tendência é que com o crescimento contínuo da obtenção de dados de qualidade de água, a seleção de parâmetros para o cálculo do IQA seja baseado em técnicas mais confiáveis, tais como a análise estatística multivariada. Esse fato melhoraria a solidificação dos IQA apoiando, dessa forma, um melhor conhecimento e credibilidade da informação. De acordo com os pesquisadores, o IQA também poderia ser melhorado incorporando parâmetros biológicos (condição de organismos vivos, peixes, algas bentônicas nativas, etc) ao indicador de forma com que esse ficasse mais abrangente.

## 4 METODOLOGIA

O IGAM, juntamente com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), realiza o monitoramento das águas da sub-bacia da Pampulha, na região metropolitana de Belo Horizonte e Contagem, em coletas trimestrais, englobando um total de vinte e quatro (24) pontos de monitoramento no ano de 2010.

Levantou-se, junto ao IGAM, os dados quantitativos dos parâmetros relativos ao cálculo do Índice de Qualidade das Águas no período de 2006 à 2010, bem como dados das estações de monitoramento.

De posse dos dados, realizou-se uma análise do IQA no período estudado, avaliando-se os parâmetros relativos ao cálculo do IQA através de análises gráficas e utilização de gráficos Box-plot.

Para a caracterização da qualidade das águas, os parâmetros foram avaliados quanto à sua magnitude, de acordo com os padrões previstos na legislação estadual, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008.

Em relação aos corpos de água avaliados no presente estudo, todos os pontos amostrados pertencem bacia do rio das Velhas, sub-bacia da Pampulha, região esta enquadrada segundo os padrões de qualidade como Classe 2, conforme Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 20, datada de 24 de junho de 1997.

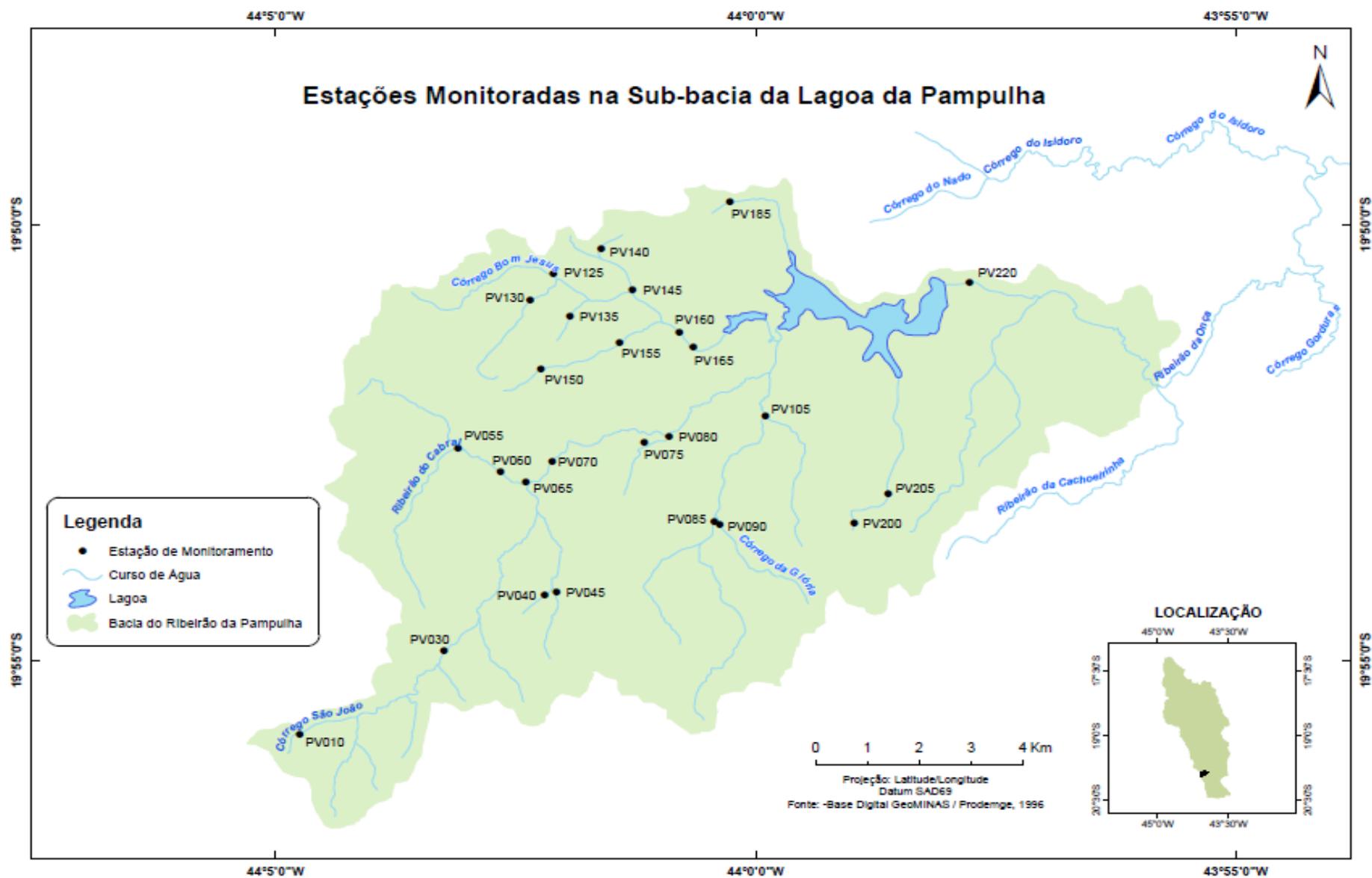
A descrição dos pontos de monitoramento, bem como a sua localização geográfica se encontram na Tabela 4.1.

O mapa com a localização espacial dos pontos de estudo pode ser visualizado na Figura 4.1.

**Tabela 4.1-** Ficha descritiva dos pontos de monitoramento na sub-bacia da lagoa da Pampulha

ESTAÇÃO	DATA DE ESTABELECIMENTO	DESCRIÇÃO	COORDENADAS	
			Latitude	Longitude
PV010	2/2/2006	Córrego do bairro Bernardo Monteiro antes da confluência com o córrego Sarandi	-19°55'46,10"	-44°04'43,90"
PV030	2/2/2006	Córrego do aterro do Perobas antes da confluência com o córrego Sarandi	-19°54'53,10"	-44°03'14,90"
PV040	3/2/2006	Córrego do bairro Oitis antes da confluência com o córrego João Gomes	-19°54'15,00"	-44°02'11,80"
PV045	3/2/2006	Córrego da Avenida 2 antes da confluência com o córrego Sarandi	-19°54'13,10"	-44°02'04,40"
PV055	2/2/2006	Córrego Tapera antes da confluência com o córrego Cabral	-19°52'34,20"	-44°03'05,90"
PV060	3/2/2006	Córrego Cabral a jusante da confluência com o córrego Tapera	-19°52'50,40"	-44°02'39,50"
PV065	3/2/2006	Córrego Cabral antes da confluência com o córrego Sarandi	-19°52'57,30"	-44°02'23,50"
PV070	30/1/2006	Córrego Sarandi a jusante do córrego Cabral no parque Linear Confisco	-19°52'43,10"	-44°02'07,00"
PV075	30/1/2006	Córrego da Luzia antes da confluência com o córrego Sarandi	-19°52'30,30"	-44°01'09,60"
PV080	6/2/2006	Córrego Gandi antes da confluência com o córrego Sarandi	-19°52'25,70"	-44°00'54,10"
PV085	8/2/2006	Córrego Flor D'Água da Vila São José, antes da confluência com o córrego Ressaca	-19°53'26,20"	-44°00'22,80"
PV090	8/2/2006	Córrego Ressaca antes da entrada do córrego Flor D'água da Vila São José	-19°53'25,30"	-44°00'16,40"
PV105	8/2/2006	Córrego da Avenida Tancredo Neves antes da confluência com o córrego Ressaca	-19°52'10,80"	-43°59'53,70"
PV125	30/1/2006	Córrego Bom Jesus a montante do córrego Banguelo	-19°50'33,90"	-44°02'06,60"
PV130	30/1/2006	Córrego Banguelo no bairro das Amendoeiras, a montante da Lagoa da Pampulha	-19°50'52,30"	-44°02'21,00"
PV135	30/1/2006	Córrego da Avenida "A" antes da confluência com o córrego Bom Jesus	-19°51'02,90"	-44°01'56,10"
PV140	31/1/2006	Córrego Xangrilá antes de sua foz no córrego da Avenida Nacional	-19°50'16,70"	-44°01'36,40"
PV145	31/1/2006	Córrego da Avenida Nacional antes da confluência com o córrego Bom Jesus	-19°50'44,80"	-44°01'17,20"
PV150	30/1/2006	Córrego Munizes a montante de sua foz no córrego Caju do Parque São Mateus	-19°51'39,30"	-44°02'14,20"
PV155	31/1/2006	Córrego do Munizes a montante de sua confluência com o córrego Bom Jesus	-19°51'21,80"	-44°01'25,20"
PV160	31/1/2006	Córrego Bom Jesus antes de sua confluência com o córrego Água Funda	-19°51'14,50"	-44°00'47,80"
PV165	31/1/2006	Córrego Bom Jesus após sua confluência com o córrego Água Funda	-19°51'24,80"	-44°00'38,90"
PV185	15/3/2006	Córrego Olhos D'Água na entrada da galeria de concreto	-19°49'44,30"	-44°00'16,40"
PV200	8/2/2006	Córrego Mergulhão na área da BHTec, próximo a UFMG	-19°53'25,30"	-43°58'58,50"
PV205	8/2/2006	Córrego Mergulhão antes da confluência com a Lagoa da Pampulha	-19°53'05,00"	-43°58'34,90"
PV220	15/3/2006	Ribeirão Pampulha a jusante da barragem	-19°50'38,70"	-43°57'47,20"

(Fonte: IGAM, 2011 (b). Adaptado)

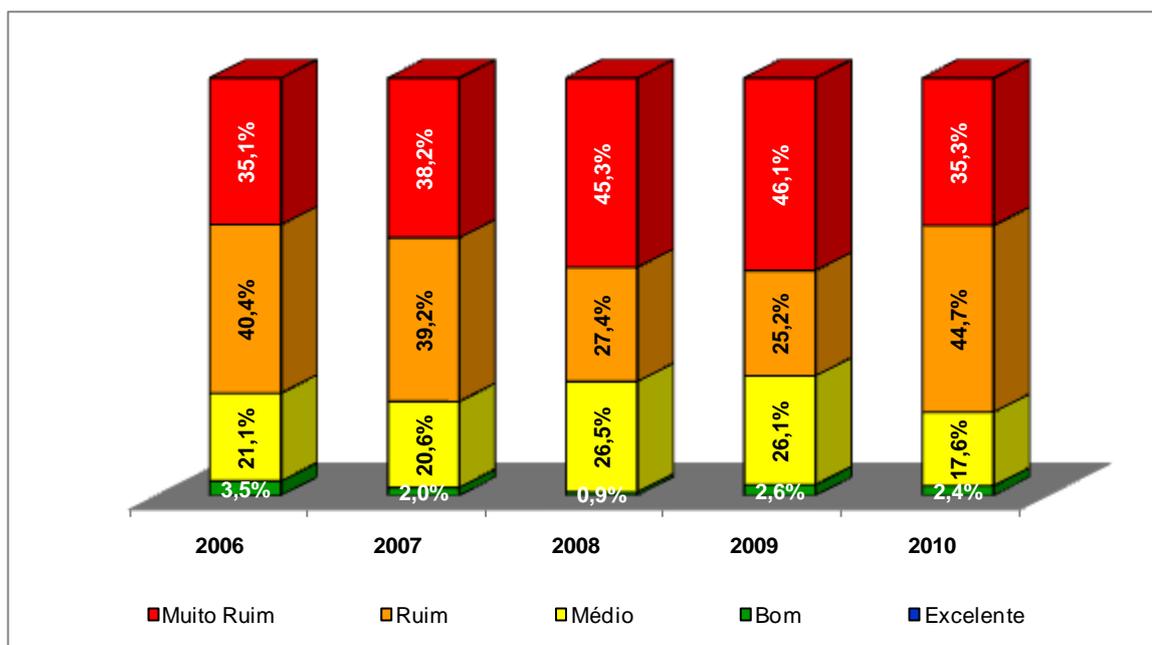


**Figura 4.1** - Mapa com a localização espacial dos pontos de monitoramento em estudo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Índice de Qualidade de Água - IQA

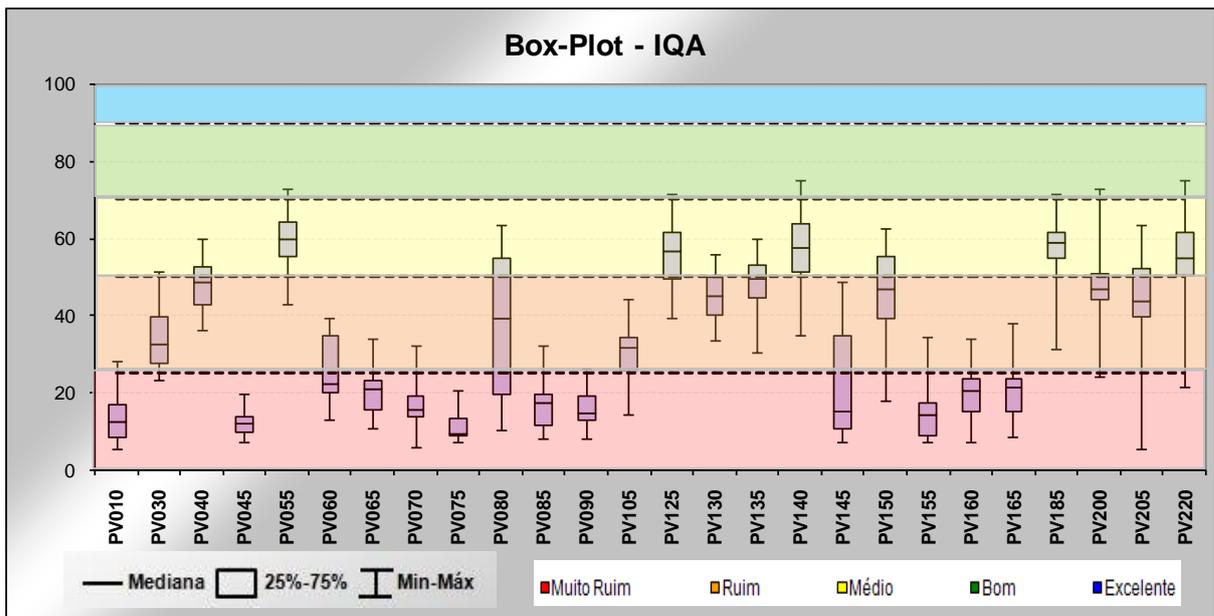
Na Figura 5.1 observa-se a evolução temporal da frequência de ocorrência do IQA na sub-bacia da lagoa da Pampulha, no período de 2006 a 2010.



**Figura 5.1** - Evolução temporal do Índice de Qualidade das Águas – IQA na sub-bacia da lagoa da Pampulha.

Pode-se verificar que houve predomínio das ocorrências de IQAs Ruim e Muito Ruim no período estudado. Os piores resultados foram constatados nos anos de 2008 e 2009 com a ocorrência de 45,3% e 46,1% respectivamente de IQA Muito Ruim. Observa-se que não houve registro de IQA Excelente ao longo do período analisado. No geral, percebe-se que não há uma grande variação nos valores de IQA ao longo do tempo estudado.

Na Figura 5.2 é apresentado as ocorrências de IQA durante o período analisado, considerando individualmente as estações de monitoramento.



**Figura 5.2** – Box-plot dos valores de IQA nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período 2006 a 2010.

Verifica-se que aproximadamente 46% das medianas estão no intervalo de IQA Muito Ruim. A estação de monitoramento que apresentou a mediana com menor valor foi a localizada no córrego Luzia, antes da confluência com o córrego Sarandi (PV075) tendo valor de mediana igual a 9,6. Observa-se que há uma grande variabilidade dos resultados de IQA na estação monitorada no córrego Gandi antes da confluência com o córrego Sarandi (PV080), com valor de 1º quartil (delimitação dos 25% menores resultados) igual a 19,7 e de 3º quartil (delimitação dos 75% menores resultados) igual a 54,9, variação essa que vai de IQA Muito Ruim a IQA Médio. A melhor situação é verificada na estação monitorada no córrego Tapera antes da confluência com o córrego Cabral com valor de mediana de IQA de 60,1 (PV055).

Para a avaliação dos parâmetros que mais influenciaram a ocorrência de IQA Muito Ruim nas estações monitoradas, calculou-se os valores de  $q_i$  para cada parâmetro nas estações que obtiveram mediana nesse intervalo. Os resultados encontram-se na Figura 5.3.

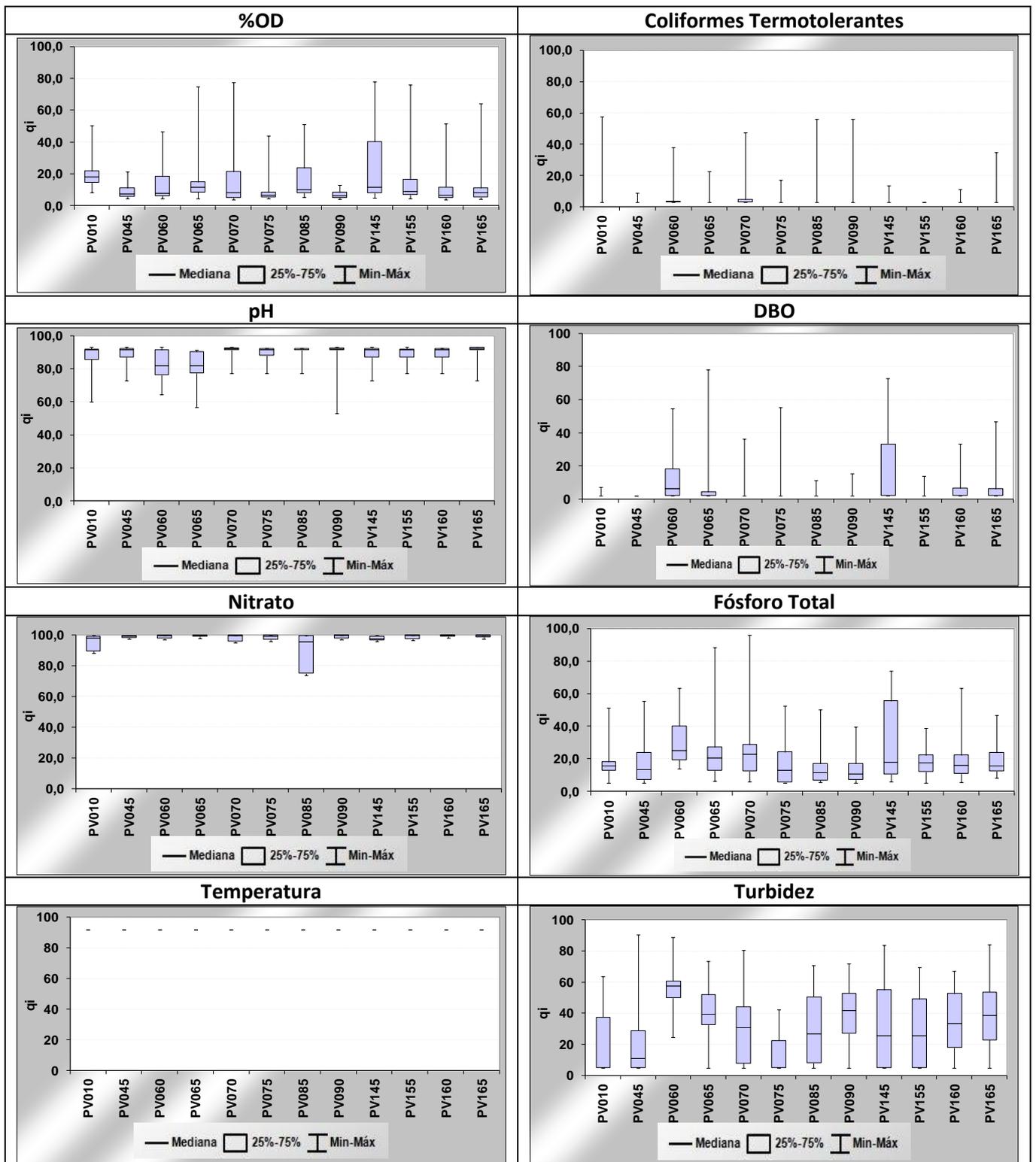
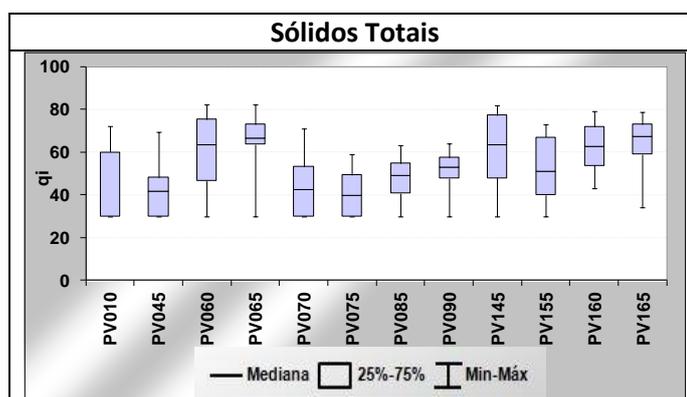


Figura 5.3 - Box plot dos valores de  $q_i$  para cada parâmetro nas estações com mediana na faixa de IQA Muito Ruim.



**Figura 5.3** - Box plot dos valores de  $q_i$  para cada parâmetro nas estações com mediana na faixa de IQA Muito Ruim. (Continuação)

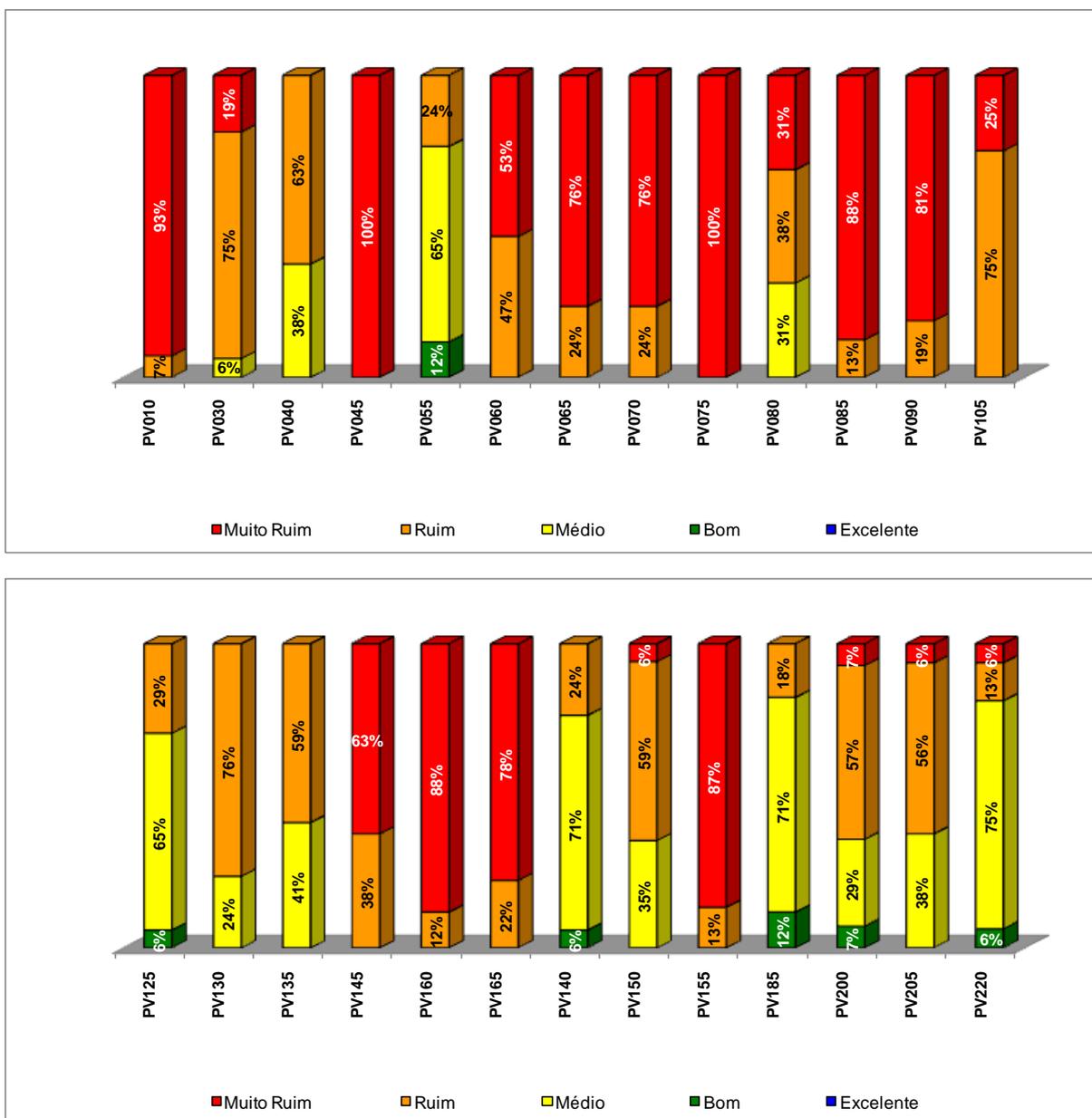
Verifica-se que os parâmetros que mais influenciaram nos resultados de IQA Muito Ruim foram, principalmente, coliformes termotolerantes e DBO, seguidos por OD, fosfato e turbidez, com valores de  $q_i$  muito baixos, o que provoca o decréscimo no valor do IQA. Esse fato indica a contaminação dos corpos de água principalmente por esgoto. Observa-se quase não haver variabilidade do parâmetro coliformes termotolerantes em nenhuma das estações. O parâmetro em que se observa maior variabilidade dos dados é o de turbidez. Percebe-se que não há variabilidade dos valores de  $q_i$  para o parâmetro temperatura, sendo esse valor igual a 92 em todas as estações analisadas.

A Tabela 5.1 demonstra a variação das medianas dos valores de  $q_i$  para cada parâmetro avaliado para o cálculo de IQA, possibilitando a confirmação dos parâmetros Coliformes Termotolerantes e DBO como os que mais influenciaram na ocorrência de IQA Muito Ruim.

**Tabela 5.1** - Variação dos valores das medianas de  $q_i$  para cada parâmetro avaliado no cálculo de IQA

Parâmetro	Valores de Medianas de $q_i$	
	Menor Valor - Estação	Maior Valor - Estação
Coliformes Termotolerantes	3,00 - Todas	3,00 - Todas
Fósforo total	10,32 - PV090	22,68 – PV070
Nitrato	97,70 - PV145	99,70 – PV160 e PV165
OD	6,20 – PV090	17,86 – PV010
pH	81,95 – PV065	92,22 – PV070 e PV165
Sólidos Totais	30,00 – PV010	67,19 – PV165
Turbidez	5,00 – PV010 e PV075	41,74 – PV090
DBO	2,00 – Todas estações exceto PV060	6,30 – PV060
Temperatura	92,00 - Todas	92,00 - Todas

Na Figura 5.4 está apresentada a frequência de IQA para cada estação monitorada.



**Figura 5.4** - Frequência de ocorrência do IQA nos corpos de água monitorados na sub-bacia da Lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

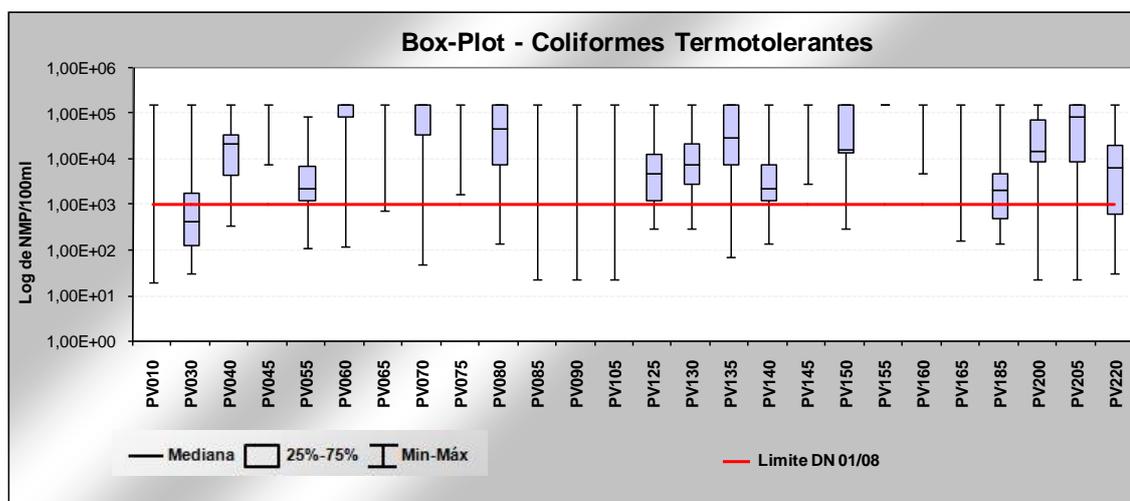
Observa-se que os piores resultados foram encontrados nas estações monitoradas no córrego da Avenida 2 antes da confluência com o córrego Sarandi (PV045) e córrego da Luzia também antes da confluência com o córrego Sarandi (PV075). Esses dois pontos apresentaram 100% de IQA Muito Ruim no período monitorado, indicando comprometimento da qualidade desses corpos de água. Verifica-se que em 10 das 26 estações monitoradas há a

prevalência de IQA Muito Ruim. Verifica-se também melhor qualidade das águas nas estações monitoradas no córrego Tapera antes da confluência com o córrego Cabral (PV055) e córrego Olhos d'Água na entrada da galeria de concreto (PV185) onde se verificam prevalência de IQA Médio, com 12% de ocorrência de IQA Bom.

## 5.2 Parâmetros relacionados ao IQA

A seguir serão discutidos os parâmetros pertinentes ao cálculo do IQA para cada um dos pontos de monitoramento, sendo esses coliformes termotolerantes, fósforo total, turbidez, sólidos totais, nitrato, pH, DBO e OD. Todos os parâmetros foram avaliados quanto ao seu atendimento aos padrões previstos na legislação estadual, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/2008.

Na Figura 5.5 encontram-se os resultados de coliformes termotolerantes para todas as estações de monitoramento e para todo o período analisado.

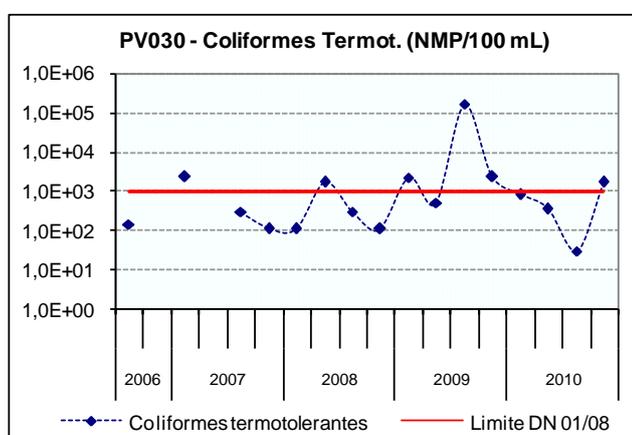


**Figura 5.5** - Box-Plot dos valores de coliformes termotolerantes nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período 2006 a 2010 (escala logarítmica).

As bactérias do grupo coliformes são uns dos principais indicadores de contaminações fecais originadas do trato intestinal do homem e de outros animais. Os resultados encontrados para esse parâmetro indicaram que as águas na grande maioria das estações avaliadas apresentam condições sanitárias ruins, uma vez que as medianas das contagens de coliformes termotolerantes foram superiores ao limite preconizado na legislação que é de 1000 NMP/100

mL em 96% das estações monitoradas. Esses resultados refletem o grande impacto dos lançamentos de esgotos domésticos sem tratamento nos tributários da sub-bacia da Pampulha, tanto dos bairros do município de Belo Horizonte quanto de Contagem.

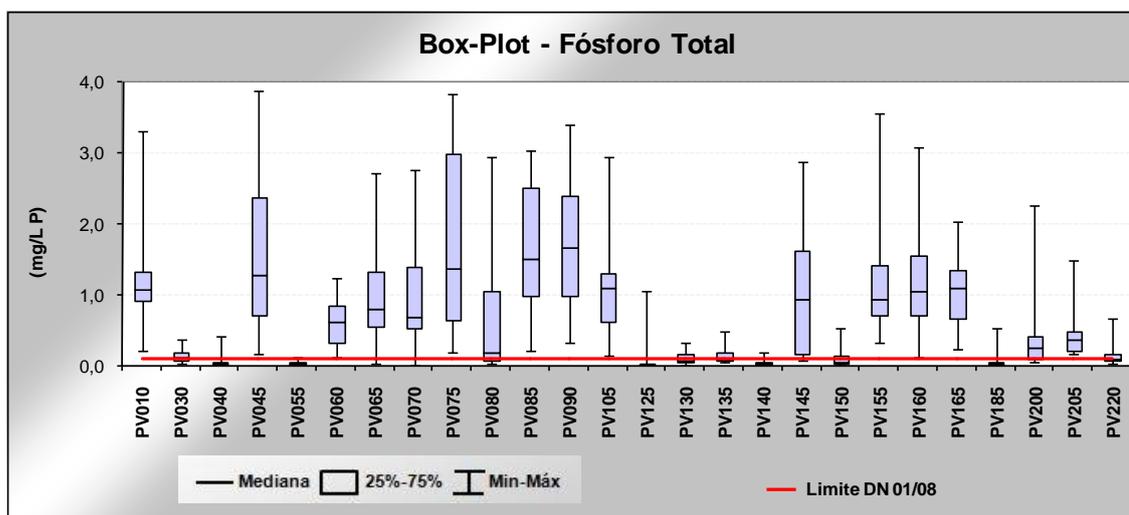
Observa-se um melhor resultado do parâmetro na estação monitorada no córrego do aterro Perobas antes da confluência com o córrego Sarandi (PV030), sendo essa estação a única que obteve o valor de mediana abaixo do limite estabelecido na legislação, com um valor de mediana de 425 NMP/100mL. Na Figura 5.6 relata-se a evolução temporal de coliformes termotolerantes para esse ponto de monitoramento.



**Figura 5.6** - Evolução temporal do parâmetro coliformes termotolerantes nas estação monitorada PV030 no período de 2006 a 2010 (escala logarítmica).

Observa-se que a maioria dos resultados nessa estação (aproximadamente 62%) estão abaixo do limite preconizado na legislação para esse parâmetro. O maior valor foi encontrado no terceiro trimestre de 2009 com um valor de 16000 NMP/100mL.

Os resultados para o parâmetro fósforo total são apresentados na Figura 5.7.

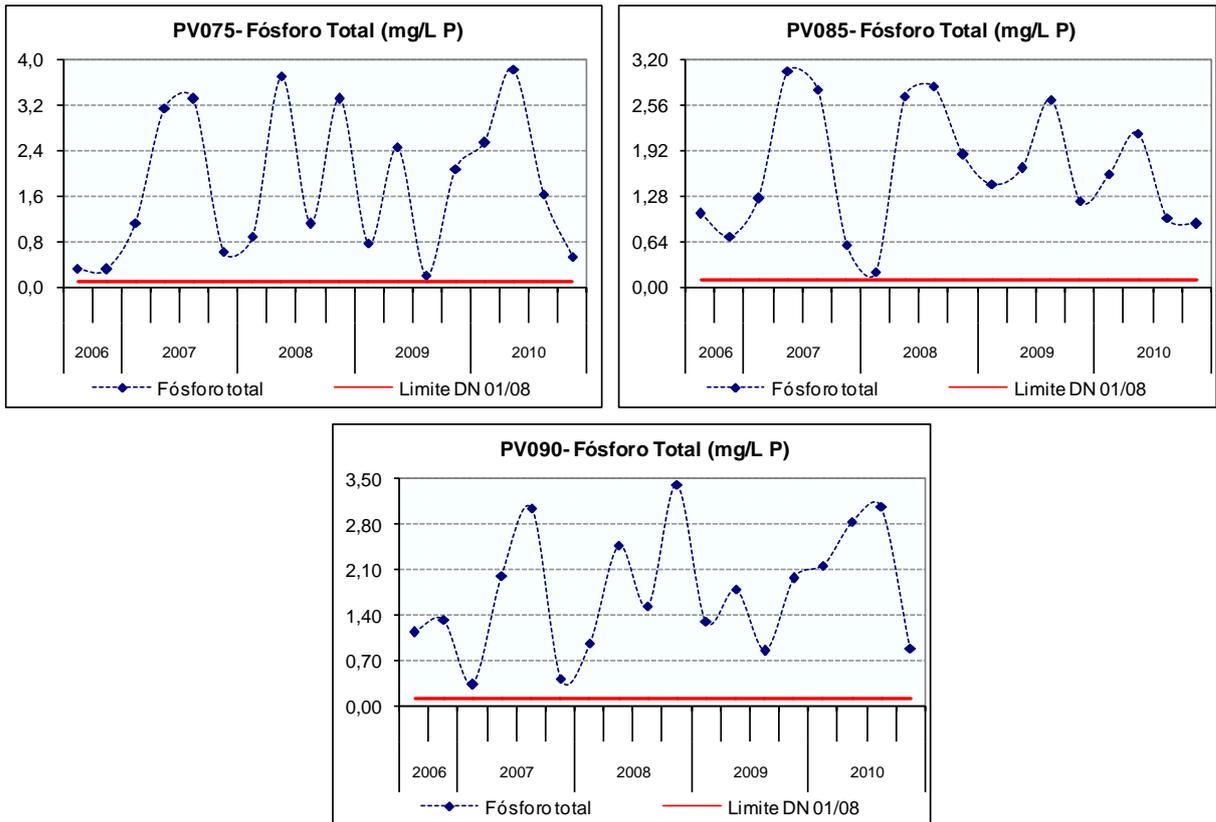


**Figura 5.7** – Box-Plot dos valores de fósforo total nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

O fósforo aparece nos cursos de água devido, principalmente, à descarga de esgoto sanitário. Nesse, os detergentes fosfatados, empregados em larga escala domesticamente, constituem a principal fonte de fósforo, além da própria matéria fecal, que é rica nesse parâmetro.

Observa-se que 69% das estações de amostragem apresentaram valores de mediana acima do valor limite estabelecido pela legislação que é de 0,1 mg/L. Esses resultados refletem o grande impacto dos lançamentos de esgoto doméstico sem tratamento nos tributários da sub-bacia da Pampulha, provenientes dos municípios de Belo Horizonte e Contagem. O aporte de fósforo total para a lagoa da Pampulha é um fator preocupante, uma vez que esse fato contribui com melhores condições para o crescimento da comunidade algal, responsável pelo processo de eutrofização das águas.

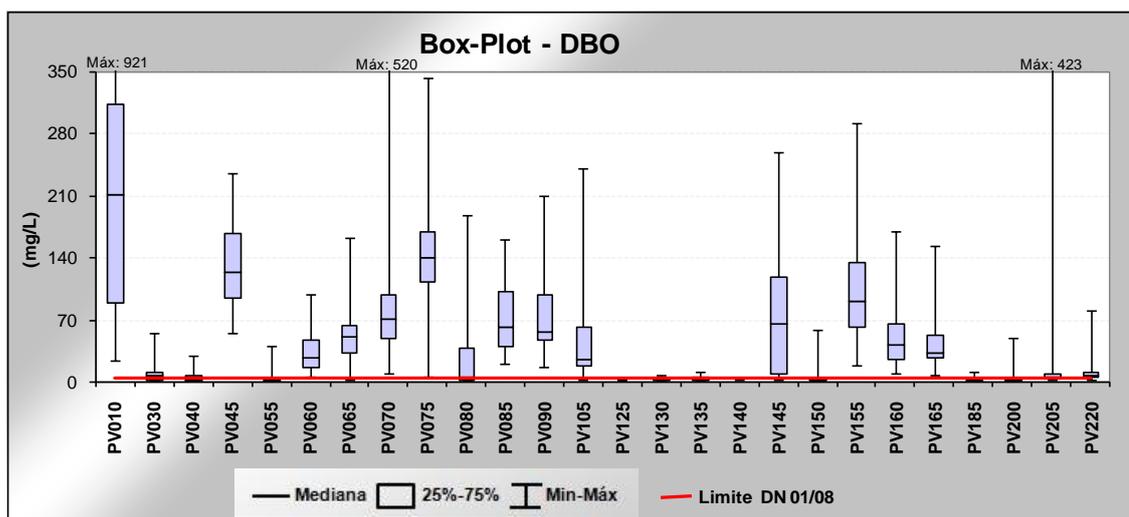
As estações que apresentaram maior mediana para esse parâmetro foram as localizadas no córrego Ressaca antes da entrada do córrego Flor d'água da Vila São José (PV 090), no córrego Flor d'Água da Vila São José, antes da confluência com o córrego Ressaca (PV085) e no córrego da Luzia antes da confluência com o córrego Sarandi (PV075), com valores de 1,67 mg/L, 1,52 mg/L e 1,38 mg/L respectivamente. Na Figura 5.8 é demonstrada a evolução temporal desse parâmetro nas estações supracitadas.



**Figura 5.8** - Evolução temporal do parâmetro fósforo total nas estações monitoradas PV075, PV085 e PV090 no período de 2006 a 2010.

Observa-se que houve desconformidade com os limites legais durante todo o período monitorado, destacando-se os maiores valores nos períodos secos (2ª e 3ª campanhas do monitoramento anual), com exceção da estação localizada no córrego Ressaca antes da entrada do córrego Flor D'água da Vila São José (PV 090) onde o maior valor foi observado na quarta campanha de 2008.

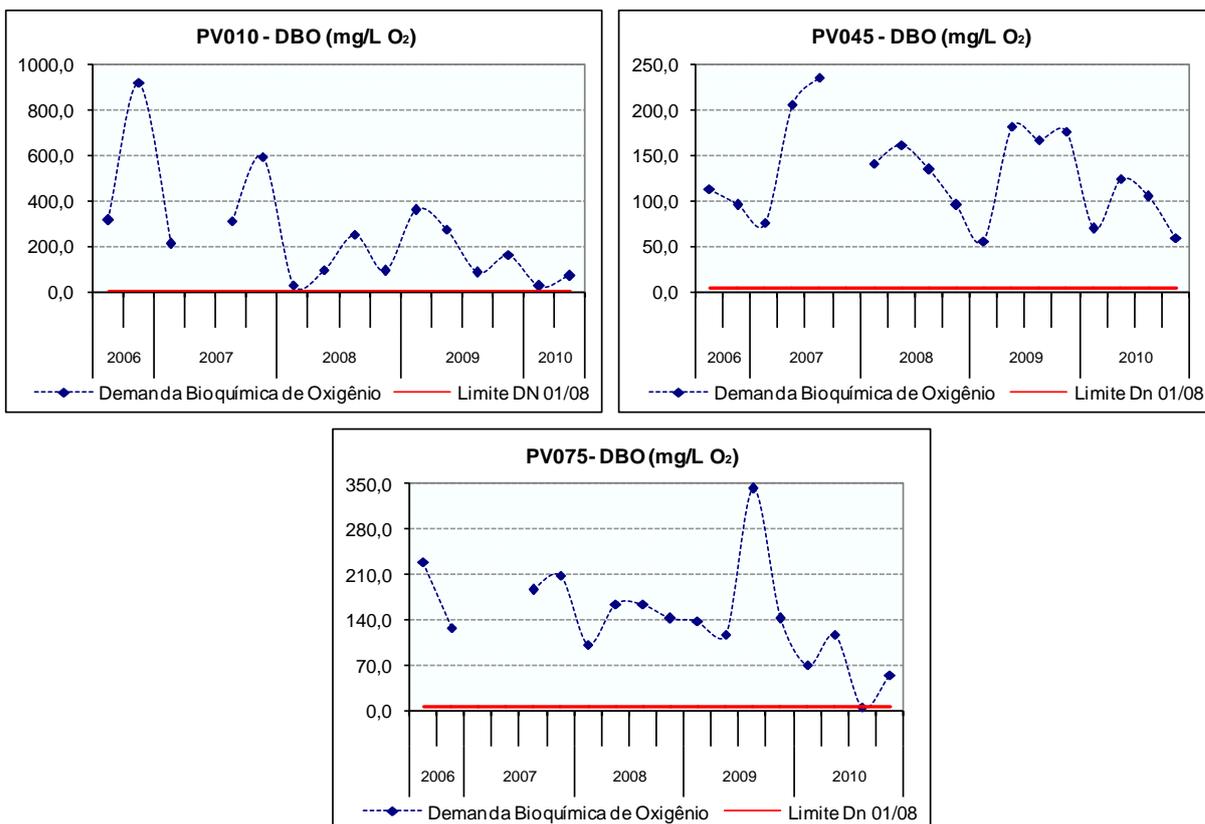
A Figura 5.9 apresenta os resultados do monitoramento do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO).



**Figura 5.9** - Box-Plot dos valores de DBO nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

Os resultados de DBO indicaram que a maioria dos corpos de água monitorados (65%) apresentam valores de mediana acima do limite legal de 5 mg/L, demonstrando a elevada quantidade de matéria orgânica presente na maioria dos trechos estudados. Destaque para as estações localizadas no córrego do bairro Bernardo Monteiro antes da confluência com o córrego Sarandi (PV010), no córrego da Avenida 2 antes da confluência com o córrego Sarandi (PV045) e córrego da Luzia antes da confluência com o córrego Sarandi (PV075), as quais obtiveram as maiores medianas com valores de 211 mg/L O<sub>2</sub>, 125 mg/L O<sub>2</sub> e 140 mg/L O<sub>2</sub> respectivamente. Na estação PV010 também se observa a maior variabilidade de resultados que vão de 25 a 921 mg/L O<sub>2</sub>.

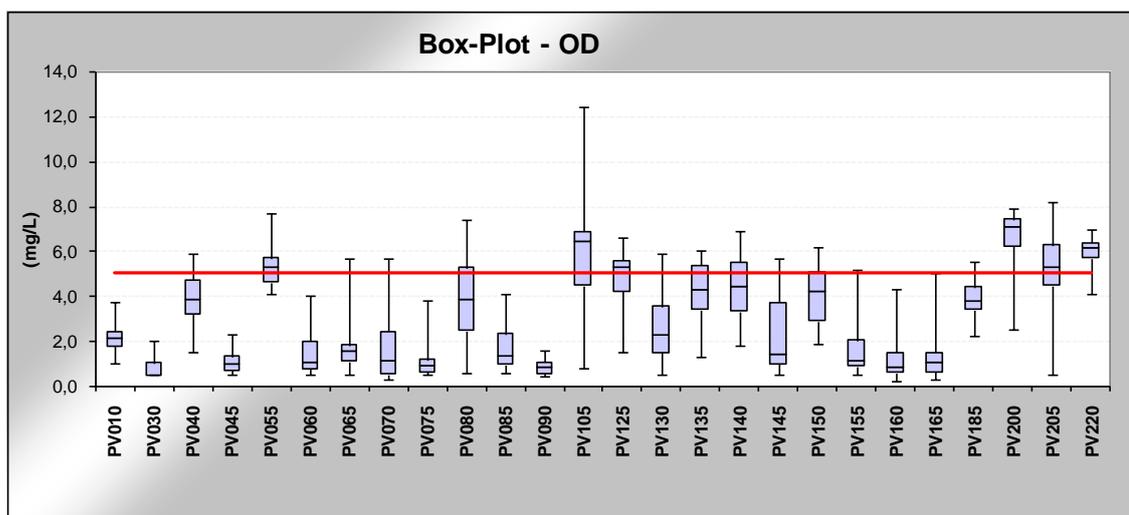
A Figura 5.10 apresenta a evolução temporal das estações destacadas acima para o parâmetro DBO.



**Figura 5.10** - Evolução temporal do parâmetro DBO nas estações monitoradas PV010, PV045 e PV075 no período de 2006 a 2010.

Observa-se que em todo o período monitorado os valores para DBO estão acima do limite estabelecido pela legislação. Esses resultados podem estar associados a algumas tipologias industriais que lançam seus efluentes nos corpos de água como indústrias têxteis, de laticínios, curtumes, matadouros, fábricas de papel, de alimentos e bebidas, além do próprio lançamento de esgoto sem tratamento nos corpos de água, o que desencadeia uma alta necessidade de oxigênio para degradar a matéria orgânica. Ressalta-se que, apesar do quadro crítico, parece haver uma tendência de diminuição do valor de ocorrência desse parâmetro ao longo do tempo de monitoramento.

As ocorrências do parâmetro oxigênio dissolvido (OD) são avaliadas pela Figura 5.11.

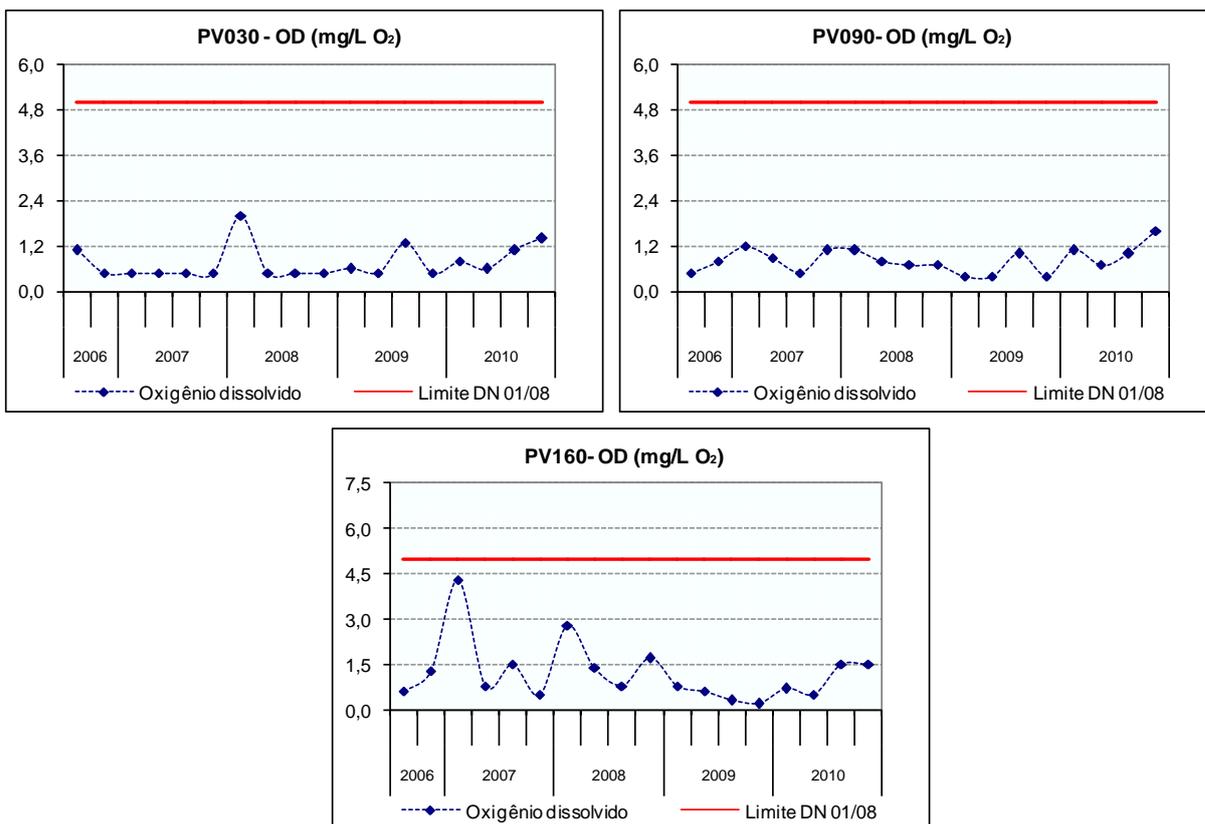


**Figura 5.11** - Box-Plot dos valores de OD nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

Os resultados de concentração de oxigênio dissolvido indicaram que, de maneira geral, os trechos estudados apresentam baixos níveis de oxigenação, uma vez que 77% das estações de monitoramento apresentaram valores de mediana em desconformidade com o limite estabelecido na legislação de, no mínimo, 5 mg/L de O<sub>2</sub>. Ressalta-se que, das 26 estações monitoradas, nove apresentaram, ao longo de toda a série histórica do monitoramento, resultados de OD em desconformidade com a legislação. Os piores resultados para esse parâmetro foram encontrados nas estações monitoradas no córrego do aterro do Perobas antes da confluência com o córrego Sarandi (PV030) com um valor de mediana de 0,5 mg/L de O<sub>2</sub> e nos córregos Ressaca antes da entrada do córrego Flor D'água da Vila São José (PV090) e Bom Jesus antes de sua confluência com o córrego Água Funda (PV160), ambos com valor de mediana de 0,8 mg/L de O<sub>2</sub>.

Esses resultados indicam o elevado consumo de oxigênio dissolvido resultante da decomposição da matéria orgânica advinda de despejos domésticos e industriais provenientes dos municípios de Belo Horizonte e Contagem nesses corpos de água. Essa depleção do oxigênio é um fator preocupante, uma vez que esse fato pode conferir condição anaeróbia ao ecossistema aquático.

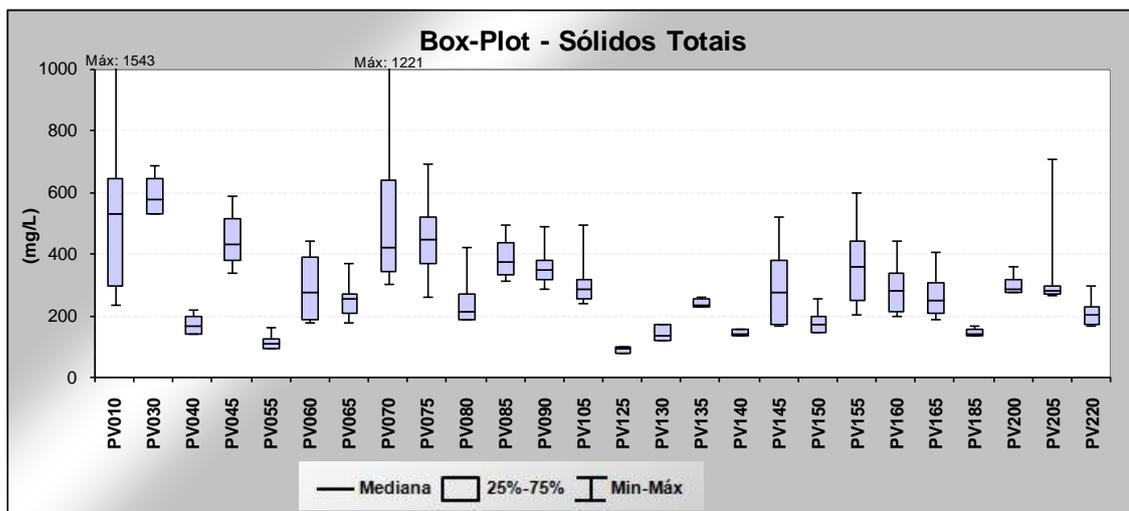
Na Figura 5.12 é apresentada a evolução temporal desse parâmetro nas estações que obtiveram as menores medianas para o parâmetro.



**Figura 5.12** - Evolução temporal do parâmetro OD nas estações monitoradas PV030, PV090 e PV160 no período de 2006 a 2010.

Pode-se observar que a maioria dos resultados obtidos nessas estações estão abaixo de 1,0 mg/L de O<sub>2</sub>, valor esse cinco vezes menor que o limite estabelecido pela legislação. Esse fato demonstra o estado de degradação desses corpos de água, principalmente ao que se refere ao ecossistema aquático.

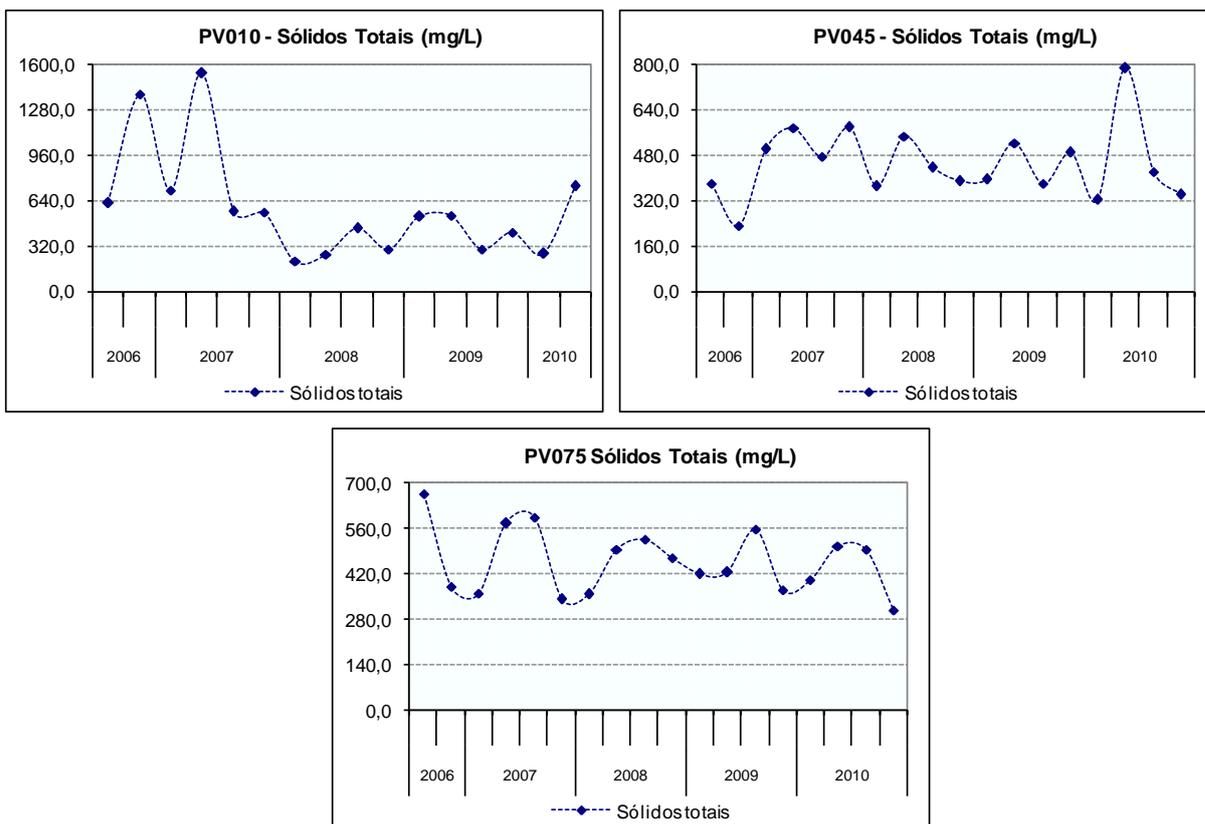
A Figura 5.13 apresenta as ocorrências do parâmetro sólidos totais nos pontos monitorados.



**Figura 5.13** - Box-Plot dos valores de sólidos totais nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

Em relação aos sólidos contidos nos tributários da lagoa da Pampulha, observam-se maiores medianas nas estações monitoradas localizadas no córrego do bairro Bernardo Monteiro (PV010), córrego da Luzia (PV075) e córrego da avenida 2 (PV045), todos localizados antes da confluência com o córrego Sarandi. Observa-se que as maiores variabilidades acontecem nas estações PV010 e PV070, com ocorrência de valores muito acima das medianas das outras estações (1543 mg/L e 1221 mg/L respectivamente). Altos valores de sólidos totais podem acarretar em assoreamento do curso de água.

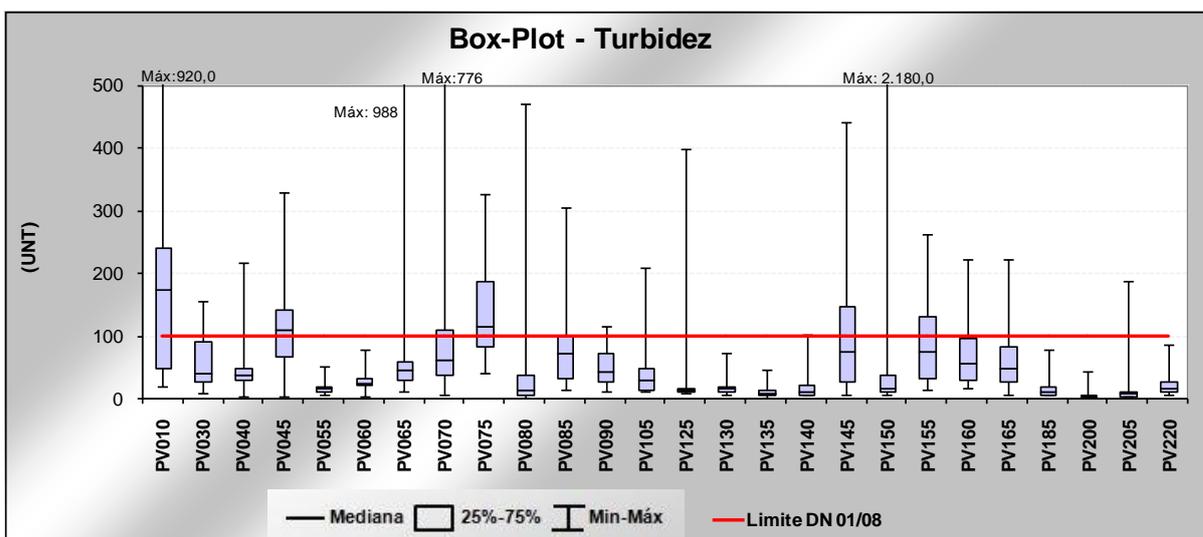
Na Figura 5.14 encontra-se a evolução temporal desse parâmetro para os pontos que obtiveram maiores valores de medianas.



**Figura 5.14** - Evolução temporal do parâmetro sólidos totais nas estações monitoradas PV010, PV075 e PV045 no período de 2006 a 2010.

Observa-se que os maiores valores do parâmetro são observados no período seco (segundo e terceiro trimestres). Verifica-se nessas estações a presença de lixo, entulho e derramamento de esgoto, o que ocasiona o aumento de sólidos na água.

As ocorrências de turbidez se encontram na Figura 5.15.

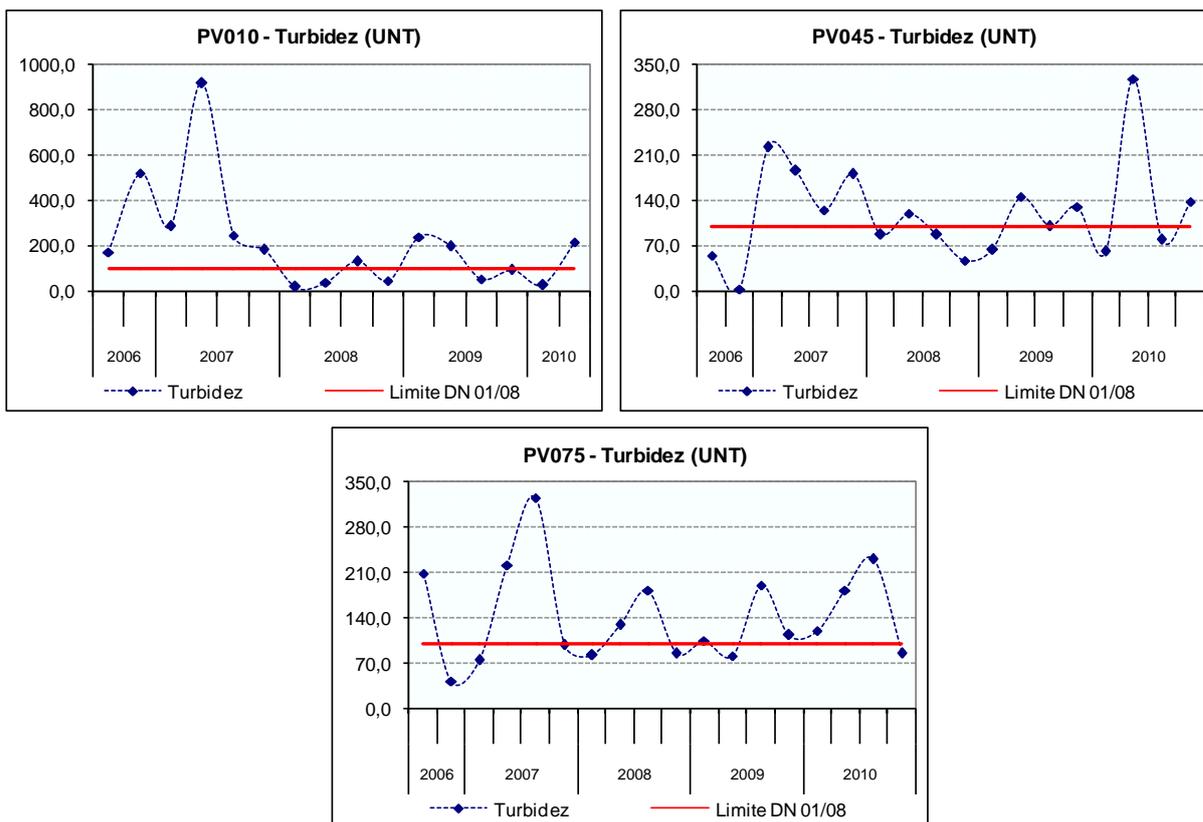


**Figura 5.15** - Box-Plot dos valores de turbidez nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes, influenciando dessa forma as comunidades biológicas aquáticas.

Verifica-se que a maioria dos resultados das medianas (aproximadamente 88%) esteve abaixo do limite da legislação, de 100 UNT. Verifica-se maior variabilidade desse parâmetro na estação localizada no córrego do bairro Bernardo Monteiro antes da confluência com o córrego Sarandi (PV010) com primeiro quartil com valor de 49,9 UNT e terceiro quartil com valor de 241,5 UNT, com um valor máximo de 920,0 UNT. A estação que apresentou o maior valor para esse parâmetro foi a localizada no córrego Munizes a montante de sua foz no córrego Caju do parque São Mateus (PV150), com valor de 2180 UNT.

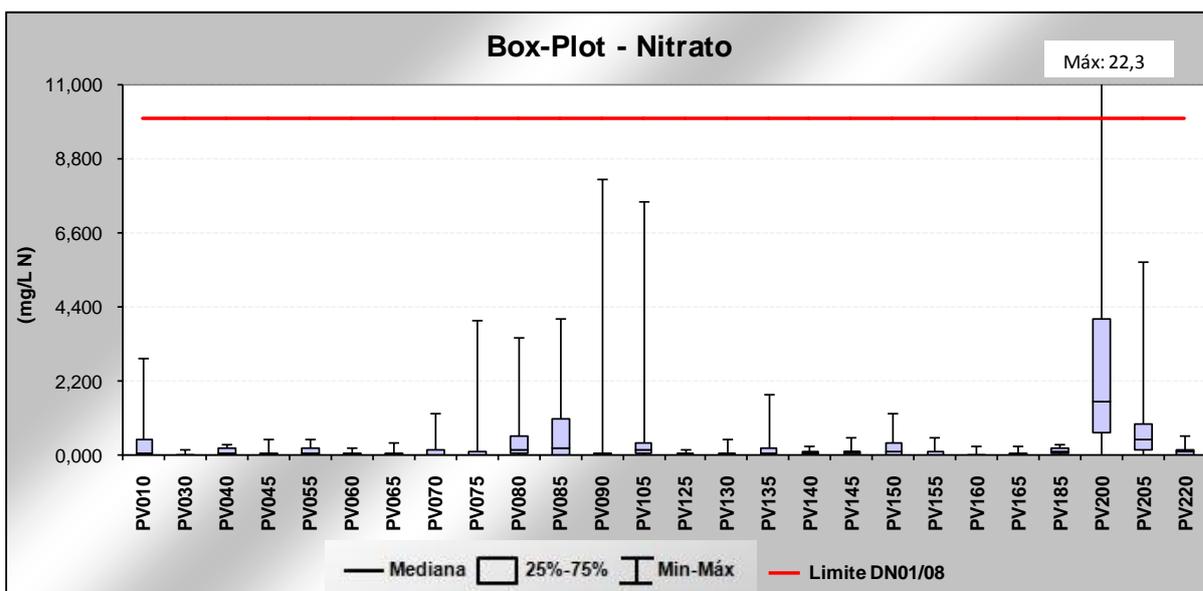
Na figura 5.16 encontra-se a evolução temporal desse parâmetro nas estações que obtiveram medianas acima do limite da legislação.



**Figura 5.16** - Evolução temporal do parâmetro turbidez nas estações monitoradas PV010, PV075 e PV045 no período de 2006 a 2010.

Verifica-se a semelhança das ocorrências desse parâmetro com relação a ocorrência de sólidos totais, demonstrando a associação desses dois parâmetros. As ocorrências desse parâmetro também estão associadas à lixos, entulhos e esgoto lançados nos cursos de água.

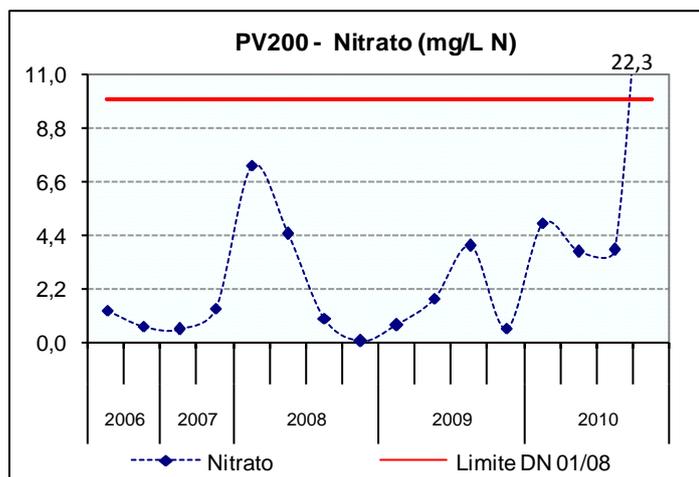
Na Figura 5.17 encontram-se os resultados do parâmetro nitrato nas estações monitoradas.



**Figura 5.17** - Box-Plot dos valores de nitrato nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

O nitrato é a fração mais oxidada do nitrogênio, sendo um dos principais nutrientes dos produtores primários. É resultante da oxidação bacteriana do amônio, tendo o nitrito como intermediário (BAUMGARTEN & POZZA, 2001). Os resultados de nitrato, além de mostrarem baixas concentrações em todos os pontos monitorados, foram muito inferiores a determinação da DN/COPAM 01/08, que estabelece que em águas de classe 1 ou 2 a sua concentração máxima não ultrapasse 10 mg/L. Houve apenas uma exceção, a estação localizada no córrego Mergulhão na área BHTec, próximo a UFMG (PV200), onde foi verificado um valor máximo de 22,23 mg/L.

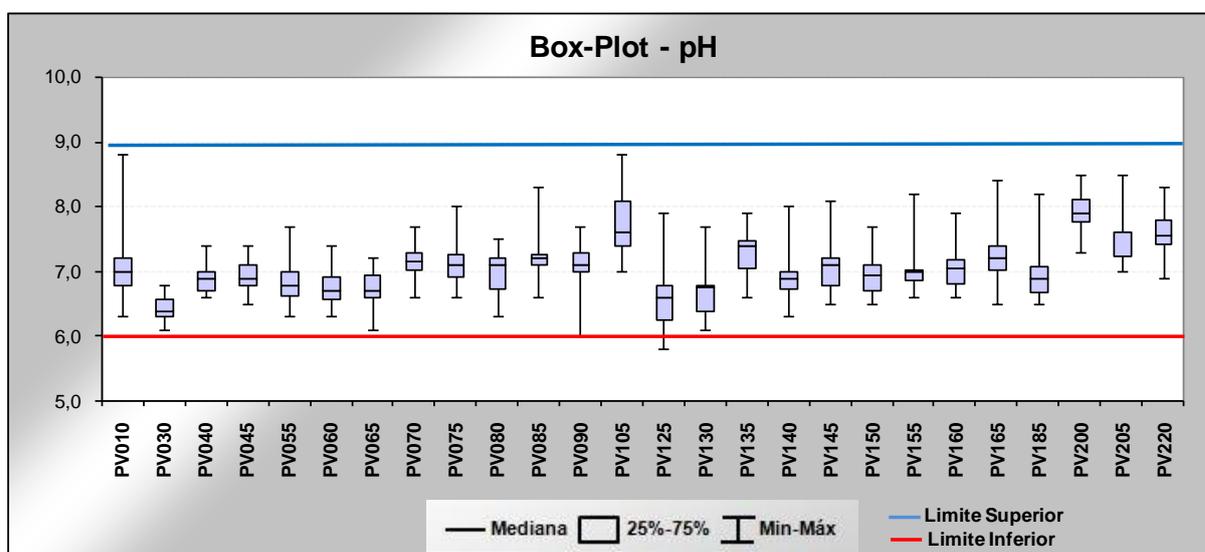
Verifica-se que todas as estações apresentaram valores de mediana inferiores a 1mg/L, com exceção da estação PV200 com valor de mediana de 1,59 mg/L. Nessa estação também houve maior variabilidade dos resultados com primeiro quartil igual a 0,69 mg/L e terceiro quartil, 4,09 mg/L. A evolução temporal dessa estação está demonstrada na Figura 5.18.



**Figura 5.18** - Evolução temporal do parâmetro nitrato na estação monitorada PV200 no período de 2006 a 2010.

Observa-se que todos os valores de nitrato estão em conformidade com a legislação, com exceção do quarto trimestre de 2010, onde houve um valor muito acima das outras coletas. Esse fato pode ser devido a algum erro de análise, de leitura ou mesmo algum erro de digitação do valor, uma vez que esse se mostra muito diferente da série histórica analisada.

As ocorrências do parâmetro pH *in loco* estão demonstradas na Figura 5.19.

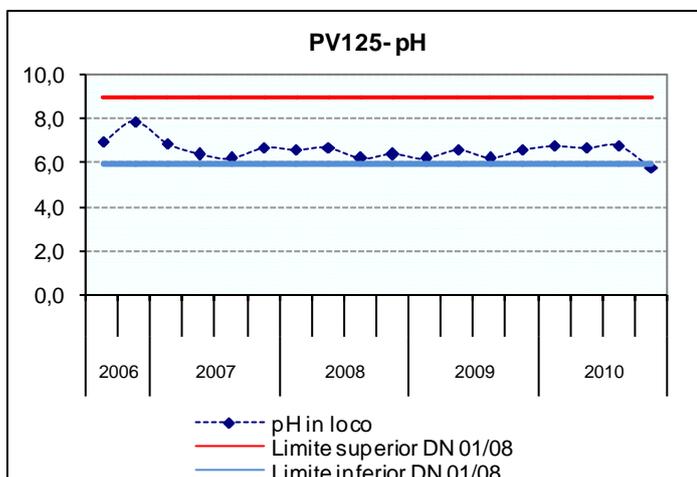


**Figura 5.19** - Box-Plot dos valores de pH *in loco* nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

A legislação estabelece que o pH deve apresentar resultados superiores a 6 e inferiores a 9 em águas de Classe 2, o que só não foi observado na estação monitorada no córrego Bom Jesus a montante do córrego Banguelo (PV125), onde houve um valor mínimo de pH igual a 5,8. Nas demais estações os valores de pH estiveram de acordo com os limites estabelecidos, sendo

que a maioria dos valores das medianas de pH (58%) se encontraram no intervalo de 7,0 e 8,0 indicando, de maneira geral, águas neutras com tendência à leve alcalinidade.

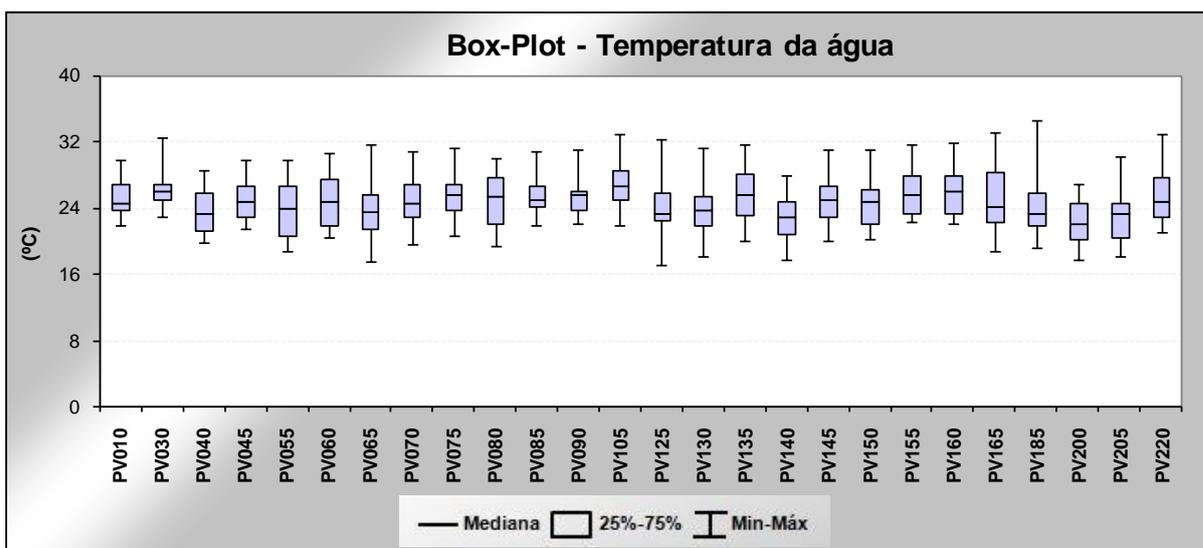
Na Figura 5.20 está demonstrada a evolução temporal do parâmetro pH para a estação de monitoramento PV125, onde houve desconformidade do parâmetro.



**Figura 5.20** - Evolução temporal do parâmetro pH na estação monitorada PV125 no período de 2006 a 2010.

Observa-se que em todo o período de monitoramento os valores de pH estiveram em conformidade com a legislação, com exceção do quarto trimestre de 2010, no qual houve uma ocorrência de pH igual a 5,8.

Na Figura 5.21 encontram-se as ocorrências do parâmetro de temperatura nas estações monitoradas.



**Figura 5.21** - Box-Plot dos valores de temperatura nos corpos de água monitorados na sub-bacia da lagoa da Pampulha no período de 2006 a 2010.

A temperatura da água é um fator que influencia a grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água, assim como outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos. Uma elevada temperatura faz diminuir a solubilidade dos gases como, por exemplo, do oxigênio dissolvido, além de aumentar a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis. A temperatura também pode influenciar nos organismos que possuem tolerância térmica superior e inferior, além de alguns possuírem uma temperatura ótima para seu desenvolvimento.

Verifica-se que não há grande variabilidade desse parâmetro na região estudada, variando de 17,8 °C nas estações monitoradas no córrego Xangrilá (PV140) e no córrego mergulhão na área BHTec (PV200) a 34,5°C na estação monitorada no córrego Olhos D'Água (PV185).

## 6 CONCLUSÕES

A avaliação da qualidade das águas da sub-bacia da lagoa da Pampulha através do indicador IQA (Índice de Qualidade das Águas) no período dos anos de 2006 a 2010 mostra predomínio de IQAs Ruim e Muito Ruim das águas. Esse fato demonstra uma condição de grande degradabilidade dos corpos de água.

Através da análise do cálculo do IQA, verificado pelas variações dos valores de  $qi$  (qualidade do parâmetro  $i$  obtido através da curva média específica de qualidade), verifica-se que os parâmetros que tem maior influência sobre o resultado de IQAs Ruim e Muito Ruim são coliformes termotolerantes e DBO, seguidos por OD, fosfato e turbidez. Essa constatação indica a contaminação das águas principalmente por esgoto.

Os resultados das avaliações individuais das ocorrências dos parâmetros de maior influência sobre a qualidade ruim dos corpos de água indicam valores muito acima dos limites preconizados na legislação estadual o que afirma a má qualidade dos corpos de água avaliados.

Esses resultados supracitados indicam que as águas da sub-bacia da lagoa da Pampulha, na grande maioria das estações avaliadas, apresentam condições sanitárias ruins, o que reflete o grande impacto do lançamento de esgoto doméstico sem tratamento nos tributários da sub-bacia da lagoa da Pampulha.

## 7 REFERÊNCIAS

BAUMGARTEN, M.G.Z.; POZZA, S.A. *Qualidade das águas. Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental*. Editora da FURG, Rio Grande, 166p, 2001.

BEATO, D. A. C.; MEDEIROS, M. J.; DREWS, M. G. P.; DUTRA, G. M. Impactos Urbanos em águas subterrâneas – Bacia da lagoa da Pampulha, Belo Horizonte – MG. *Revista Águas Subterrâneas*, nº 17. Belo Horizonte, 2003.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. *Águas Superficiais*. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 20/11/2011.

GIANI, A.; PINTO-COELHO, R.M.; OLIVEIRA, S.J.M.; PELLI, A. Ciclo sazonal de parâmetros físicos e químicos da água e distribuição de nitrogênio e fósforo no reservatório da Pampulha (Belo Horizonte, MG, Brasil). *Ciência e Cultura*, v.40, n.1, p.69-77, 1988.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Relatório de Implantação da rede dirigida de monitoramento das Águas Superficiais da Sub-bacia da Lagoa da Pampulha na Região Metropolitana de Contagem e Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 2006.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Indicadores da Qualidade da Água*. Projeto Águas de Minas. Disponível em <<http://aguas.igam.mg.gov.br>> . Acesso em 22/10/2011. (a)

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. *Relatório Trimestral da sub-bacia da lagoa da Pampulha- 1º trimestre 2011*. Disponível em <<http://www.igam.mg.gov.br>> . Acesso em 20/10/2011. (b)

JACKSON, J., Heavy metals and other inorganic toxic substances. In: S. Matsui (ed), *Toxic Substances Management in Lakes and Reservoirs, Guidelines of Lake Management*, International Lake Environment Committee, Foundation & United Nations Environment Programme, 1992, p. 65-80.

LERMONTOV, A.; YOKOYAMA, L.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M. A. S. River Quality Analysis using Fuzzy Water Quality Index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. *Ecological Indicators*, 9, 1188-1197, 2009.

LUMB, A.; SHARMA T. C.; BIBEAULT, J. A Review of Genesis and evolution of Water Quality Index (WQI) and Some Future Directions. *Water Qual. Expo Health*, 3, 11-24, 2011.

MARQUES, M.N.; DAUDE, L.F.; SOUZA, R.M.G.L., CONTRIM, M.E.; PIRES, M.A.F. Avaliação de um índice dinâmico de qualidade de água para abastecimento. Um estudo de caso. *Exacta*, 5. (1), pp. 5-8, 2007.

PINTO-COELHO, R. M.; COELHO, M. M.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; CORNELISSEN, T. G.. Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade planctônica na lagoa da Pampulha. In: HENRY, R. ed. *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, FUNDBIO/FAPESP. p. 553-572, 1999.

PINTO- COELHO, R. M. *Projeto Pampulha: 15 anos de estudos limnológicos no reservatório, em seus tributários e microbacias. A degradação da represa com bibliografia comentada*. Depto. Biologia Geral, ICB, UFMG, 2000. Disponível em <<http://ecologia.icb.ufmg.br>>. Acesso em 21/10/2011.

PINTO-COELHO, R. M.; BEZERRA-NETO, J. F.; MORAIS-JR., C. A. Effects of Eutrophication on Size and Biomass of Crustacean Zooplankton in a Tropical Reservoir. *Braz. J. Biol.*, 65(2): 325-338, 2005.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE – PBH. *Bacia da Pampulha: Em busca da recuperação ambiental*. Disponível em <<http://portalpbh.pbh.gov.br>>. Acesso em 20/10/2011.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. *Quim. Nova*, Vol. 29, No. 4, 689-694, 2006.

SIMÕES, F. S.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M. C.; GIMENEZ, S. M. N.; YABE, M. J. F. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*, 8, 476-484, 2008.

TOLEDO, L. G., NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em Microbacia Sob Uso Agrícola e Urbano. *Scientia Agrícola*, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.

VON SPERLING, M. . Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 7. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2007. v. 1. 588 p.