

## DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO CÓRREGO SÃO PEDRO, JUIZ DE FORA-MG

Marcelo de Oliveira Latuf<sup>1</sup>

**RESUMO:** A bacia hidrográfica do córrego São Pedro, localizada no município de Juiz de Fora/MG é de importância estratégica para a cidade, pois responde atualmente por cerca de 9% do abastecimento público de água potável. Mas o que se tem notado ao longo das últimas décadas é um intenso processo de urbanização da bacia, o que vem ocasionando uma sensível degradação da qualidade das águas do córrego São Pedro, principalmente devido ao lançamento de efluentes domésticos *in natura*. O presente estudo tem por objetivo quantificar e espacializar essa degradação da qualidade das águas superficiais do córrego São Pedro, utilizando alguns parâmetros de qualidade das águas disciplinados em resoluções e/ou deliberações normativas e técnicas de geoprocessamento. Foram selecionados 12 parâmetros: Aspecto, Temperatura, Odor, Coliformes Fecais e Totais, Condutividade Elétrica, Cor, OD, DBO, pH, Turbidez e Sólidos Totais Dissolvidos. Para uma melhor representação cartográfica, a bacia do córrego São Pedro foi subdividida em 3 sub-bacias e através de um SIG, SAGA/UFRJ, foi elaborada uma base digital georreferenciada na escala de 1:50.000. Resultados demonstram que o córrego São Pedro apresenta um elevado índice de degradação da qualidade de suas águas, situação quase sempre relacionada à introdução excessiva de esgotos domésticos sem prévio tratamento, comprovado pelos baixos teores de OD e elevadas taxas de DBO e Coliformes Fecais.

**Palavras-chave:** Qualidade de água, bacia hidrográfica, análise ambiental e SIG.

---

### DIAGNOSTIC STUDY OF THE SÃO PEDRO'S CREEK WATERS, JUIZ DE FORA TOWN, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL

**ABSTRACT:** The São Pedro's creek watershed, located at Juiz de Fora town, Minas Gerais State, has a strategic importance, due to its production of 9% of the fresh water for public supply. Today it can be observed an intense process of urbanization, causing degradation of the water quality and unbalance of the aquatic ecosystem, and the untreated domestic sewage is supposed to be the main cause. The objective of this paper is to quantify and spatialize the degradation of the waters of the São Pedro creek, using some water quality parameters defined by resolutions and/or normative deliberations and geoprocessing techniques. It was selected 12 parameters: Aspect, Temperature, Smell, Total and Fecal Coliforms, Electrical Conductivity, Colour, Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD), pH, Turbidity and Total Dissolved Solids. The best cartographic representation was obtained considering the subdivision of in 3 sub-watersheds, using GIS technology (SAGA/UFRJ). To elaborate a geographic digital database for the area it was used scale 1:50,000. The results of this project show that the water quality of São Pedro creek presents very high degradation levels, related all over the time by low levels of DO and very high levels of BOD and Fecal Coliforms.

**Key-words:** Water quality, watershed, environmental analysis and GIS.

---

### INTRODUÇÃO

A água é constituinte fundamental de todas as manifestações da vida: Representa 3/4 da superfície da Terra e está presente no interior ou exterior de qualquer

---

<sup>1</sup> Geógrafo, formado pelo Depto. de Geociências da UFJF, Juiz de Fora/MG. Mestrando em Recursos Hídricos e Ambientais pelo Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. Rua Professor Aquino, 53 - Bairro São Mateus, CEP: 36016-520, Juiz de Fora/MG. Tel.: (32) 9968-0050; e-mail: latuf.geo@ig.com.br ou latuf@viciosa.ufv.br

célula, sendo que, de toda água existente em nosso Planeta, apenas 2,7% são de água doce.

A água também se caracteriza como um notável veículo de transporte e tem servido para a evacuação de detritos humanos e venenos industriais, tornando-se paradoxalmente um agente que permite a vida e transmite a morte. Ao redor das grandes cidades podem-se notar nos rios e lagos uma sensível quebra da organização biológica.

A poluição aquática e os efeitos adversos alcançaram proporções alarmantes em todo o mundo. Aves, peixes e todo o ecossistema aquático podem ser afetados pela presença de óleo, mas também por resíduos das grandes cidades e/ou instalações industriais. Indústrias, cidades e governos parecem acreditar que a capacidade de absorção das águas seja ilimitada.

As características de qualidade das águas derivam dos ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam, percolam ou ficam estocadas. Os problemas de escassez de água que ameaçam a sobrevivência dos ecossistemas estão ligados, segundo diversos pesquisadores, ao crescimento desordenado das demandas e, sobretudo, pelos processos de degradação da sua qualidade, atingindo níveis nunca imaginados.

Na avaliação da qualidade de uma água qualquer, considera-se a composição de uma amostra, cujos constituintes são referentes às características físicas, microbiológicas e químicas, a depender do objetivo a ser alcançado.

O crescente aumento do número de habitantes de uma cidade tem uma relação direta com o índice da vazão de seus mananciais de abastecimento, ou seja, quanto mais uma cidade demanda por água com qualidade e principalmente quantidade, mais estas cidades estarão exigindo de seus mananciais.

A demanda por água cresce assustadoramente em relação à oferta. Várias são as causas deste acontecimento, por exemplo: adensamentos urbanos, crescimento urbano, falta de mananciais capazes de atender a população, dentre outros.

Para que estes mananciais forneçam água em quantidade e qualidade, há que se ter a preocupação com o ordenamento do uso e ocupação do solo nas bacias de drenagem dos mesmos, para que se evite e/ou se minimize, processos que atuam na degradação das águas de uma determinada cidade ou região.

Então se torna importante a realização do monitoramento das águas de um determinado manancial para que possamos ter um referencial da qualidade do mesmo.

Neste contexto encaixa-se a bacia hidrográfica do córrego São Pedro (BHCSPP), parte importante no fornecimento de água para a cidade de Juiz de Fora, pois nesta bacia

hidrográfica, há a presença da represa de São Pedro, atuante com atuais 9% do fornecimento de água para a mesma (CESAMA, 2003). Na figura 1 podemos observar a localização da BHCSP em relação a área urbana do município de Juiz de Fora.

Devido a este fato procurou-se realizar um estudo sobre as condições das águas do córrego São Pedro, correlacionando o crescimento urbano de sua bacia hidrográfica e seus reflexos na qualidade de suas águas. Embora esta bacia seja considerada uma importante bacia hidrográfica para a cidade, é ainda escasso o corpo bibliográfico sobre o comportamento qualitativo das águas do córrego.

Aliada à importância para o abastecimento de água a BHCSP é detentora ainda de alguns belos atrativos paisagísticos, como por exemplo, a represa de São Pedro e a cachoeira localizada no bairro Vale do Ipê, esta última, um importante fator para a re-oxigenação das águas para a jusante do córrego São Pedro.

O diagnóstico das águas do córrego São Pedro foi realizado com o emprego de uma metodologia de pesquisa anteriormente já elaborada em estudos no rio Paraibuna na Área Urbana de Juiz de Fora (LATUF *et al.*, 2002).

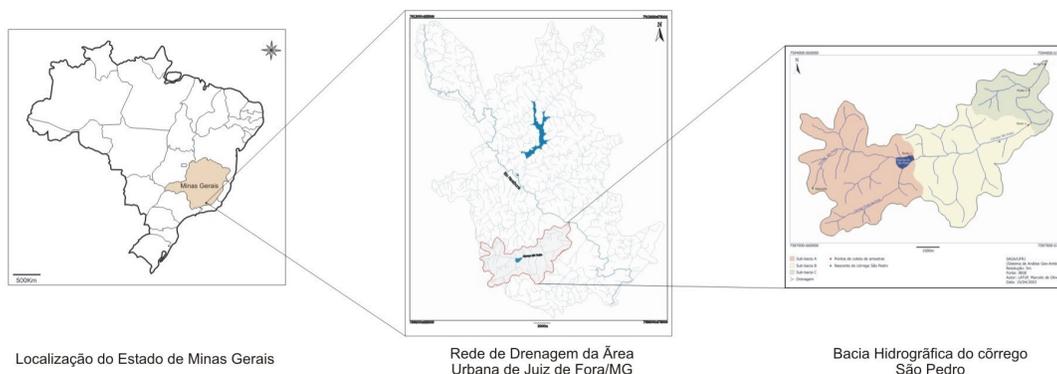
Foram avaliados alguns parâmetros indicadores da qualidade das águas: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais, pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos, turbidez dentre outros.

Os resultados encontrados nas amostras foram comparados com os índices estabelecidos em Deliberações Normativas e Resoluções de órgãos ligados ao meio. Este trabalho contou com a colaboração da CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal), onde foram feitas as análises laboratoriais das amostras.

Primeiramente foi delimitada a área da BHCSP e logo após, dividida em três diferentes sub-bacias para uma melhor espacialização dos dados.

O diagnóstico das águas do córrego São Pedro aconteceu durante três meses, sendo estes, os meses com os menores índices pluviométricos de acordo com os dados históricos da Estação Climatológica Principal de Juiz de Fora.

Além de dados qualitativos das águas, foram levantadas outras características da BHCSP como geologia, solos de alteração, densidade de drenagem, gradiente altimétrico, população residente aproximada dentre outras.



**Figura 1** - Localização da BHCSP na área urbana de Juiz de Fora-MG

Paralelamente com as coletas de informações sobre a BHCSP, foram realizados trabalhos associados a técnicas de geoprocessamento, para a espacialização dos dados levantados em campo e em laboratório, assim como os resultados obtidos.

Depois de analisados todos os resultados das amostras coletadas durante o período de monitoramento da qualidade das águas do córrego São Pedro, obtivemos um diagnóstico do comportamento das mesmas, onde se constatou um elevado grau de degradação. Esta degradação foi espacializada dando enfoque às subdivisões realizadas na BHCSP, através de técnicas de geoprocessamento, como anteriormente citado.

## JUSTIFICATIVA

Localizada entre o rio Paraibuna e as montanhas, Juiz de Fora é o principal centro urbano da Zona da Mata Mineira. Com uma população de 456.432 habitantes (IBGE, Censo Demográfico, 2000), a cidade convive com as vantagens e desvantagens decorrentes do desenvolvimento.

Possuindo uma boa estrutura no setor de serviços, a cidade oferece hoje, entre outros, uma boa rede hospitalar, com especialidades variadas e equipamentos modernos. Possui também um eficiente setor de ensino que abrange do fundamental ao universitário, contando com estabelecimentos públicos, tradicionais colégios e faculdades públicas e particulares. É necessário ressaltar que nos últimos anos Juiz de Fora vem sofrendo um intenso processo de criação de novas universidades particulares, oferecendo diversos cursos a estudantes da própria cidade, mas principalmente para estudantes vindos de toda a região.

A cidade ainda dispõe de uma moderna rede bancária que atende a grandes e pequenos investidores e uma diversificada rede comercial. Nesse sentido, Juiz de Fora atrai

enorme contingente populacional de toda região, caracterizando-se como uma cidade pólo regional.

O setor industrial da cidade, em consonância com o resto do país, passa por momentos difíceis. Inflação e juros altos acabam por prejudicar toda a cadeia produtiva destas empresas. Em Juiz de Fora, por não serem muitas as empresas de grande porte, são também escassos os tributos que chegam até aos cofres públicos.

A cidade sobrevive apoiando-se em pequenas e médias empresas, que se dedicam em grande parte ao ramo têxtil, setor terciário, prestação de serviços, metalurgia, juntamente com o setor de construção civil, sendo os maiores responsáveis pela absorção em grande quantidade da mão-de-obra da cidade.

Esforços no sentido de retomar o crescimento econômico e industrial da cidade e da Zona da Mata têm sido feitos. Uma boa experiência nesse sentido é a criação de distritos industriais que oferecem boa infra-estrutura para as empresas que queiram instalar-se e agora, mais recentemente, a criação do aeroporto regional, localizado na cidade de Goianá, o que caracteriza mais um incentivo ao desenvolvimento regional da Zona da Mata Mineira.

Juiz de Fora tem passado nas últimas décadas por um acelerado processo de expansão urbana e conseqüentemente, o crescimento de sua população. No centro da cidade é cada vez maior o número de edifícios, formando verdadeiros paredões pelas ruas e avenidas.

A grande concentração de população no centro e nos bairros próximos ao mesmo, tem levado os habitantes a escolherem outras áreas para moradia, tornando as antigas “periferias” áreas nobres. Começa a haver uma descentralização do centro urbano de Juiz de Fora, seja para serviços especializados ou até mesmo para moradia. Surgem então os grandes condomínios fechados, onde a população de alta renda pode usufruir de tranqüilidade e segurança, principalmente nos bairros da “cidade alta”, região em grande parte pertencente à BHCSP. Com a crescente expansão urbana de Juiz de Fora, a população cresceu de forma acelerada e por vezes desordenada.

Segundo dados do próprio IBGE, Juiz de Fora em 1920 possuía um total de 118.166 habitantes, sendo que desse total 66.774 habitavam a área rural e 51.392 habitavam a área urbana. Após o último censo demográfico a realidade se mostrou bem diferente, como pode ser visto na figura 2, onde podemos observar o crescimento da população na área urbana do município.

Ano	População Urbana	População Rural	População Total
1920	51.392	66.774	118.166
1970	220.383	18.127	238.510
1980	301.682	5.843	307.525
1991	380.244	5.752	385.996
1996	419.215	5.264	424.479
2000	452.643	3.789	456.432

**Figura 2** - Crescimento populacional de Juiz de Fora - Fonte: IBGE (CENSO DEMOGRÁFICO, 2000; AGUIAR, 2000)

Esse crescimento muito rápido do ponto de vista demográfico, faz com que a demanda por serviços públicos aumente até um determinado momento em que os órgãos gestores do município não mais consigam atender, sendo exemplos o fornecimento de água, coleta de lixo, saneamento básico entre outros.

Juiz de Fora vivencia freqüentemente vários problemas de ordem ambiental como, por exemplo, os constantes processos erosivos em encostas, a degradação da qualidade dos recursos hídricos (assoreamento e emissão in natura de efluentes industriais e domésticos), apropriação indevida de áreas para depósitos de resíduos sólidos e outros.

Com relação à degradação da qualidade dos recursos hídricos, podemos citar o caso do rio Paraibuna, que é tratado como receptor final dos dejetos urbanos, sejam estes domésticos e/ou industriais.

Mas esse mesmo processo de crescimento rápido e desorganizado vem caracterizando a região do bairro São Pedro e comprometendo a qualidade das águas do seu principal córrego. Neste trabalho iremos diagnosticar a qualidade das águas superficiais do córrego São Pedro, através de análises em diversos pontos selecionados na bacia.

## PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

De acordo com MOTA (1997:100) “para caracterizar uma água, são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas”.

São muitos os parâmetros indicadores da qualidade das águas e variam seus teores para as diferentes classes de água doce. Como já citado por MOTA (1997:103) “esses teores constituem os padrões de qualidade, os quais são fixados por entidades públicas”.

No estado de São Paulo, a CETESB monitora a qualidade das águas através da análise de 33 parâmetros. Destes, a CETESB selecionou o OD, a DBO, os coliformes fecais,

a temperatura, o pH, o nitrogênio total, o fósforo total, os sólidos em suspensão e a turbidez como indicadores do “Índice de Qualidade das Águas” (CETESB, 1988:12-14).

Já no estado de Minas Gerais, os valores limites de concentração desses parâmetros, são fixados pela Deliberação Normativa COPAM n.º 010/1986.

Cabe ao pesquisador selecionar os principais parâmetros, ou melhor, os parâmetros mais representativos quanto ao objetivo do trabalho. No caso deste trabalho foram selecionados os parâmetros Cor, Aspecto, Coliformes Fecais e Totais, Condutividade, Odor, Temperatura do ar e água, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), pH e Turbidez. Na tabela 1 podemos observar os diferentes parâmetros e seu monitoramento por coleta.

**Tabela 1** - Parâmetros utilizados nas coletas

Parâmetros	1ª Coleta (08/05/03)	2ª Coleta (11/06/03)	3ª Coleta (01/07/03)
Aspecto	X	*	*
Temperatura	X	X	X
Odor	X	*	*
Coliformes fecais	X	*	X
Coliformes totais	X	*	X
Condutividade elétrica	X	X	X
Cor	X	*	*
DBO <sub>(5,20)</sub>	X	X	X
OD	X	X	X
pH	X	X	X
STD	X	X	X
Turbidez	X	*	*

\* Sem monitoramento

Na tabela 2 são expressos os teores limites para alguns parâmetros segundo a Resolução n.º 20/86 do CONAMA.

**Tabela 2** - Teores limites, segundo Resolução n.º 20/86 do CONAMA

Parâmetros	CLASSES				
	Especial	1	2	3	4
Coliformes Totais (NMP/100mL)	*	1000	5000	20000	-
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	*	200	1000	4000	-
OD (mg/L)	-	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 2,0
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	-	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 10,0	-

Adaptado de MOTA (1997:106); \* Ausente; - Não normatizado

### ***Oxigênio dissolvido***

Para MOTA (1997: 102): “O Oxigênio Dissolvido é indispensável aos organismos aeróbios; a água em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura; águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido na água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios”

O teor de OD é tão importante para o meio aquático que vários autores o identificam como sendo uns dos principais parâmetros. Como citado por Machado (2000):

“vários trabalhos ratificam a adoção do Oxigênio Dissolvido como melhor parâmetro ambiental para identificação da qualidade das águas, Wetzel (1981:112) afirma que ‘o oxigênio é o parâmetro mais importante dos lagos, exceto a própria água’. Idéia compartilhada por Toledo Júnior e Kawai (1977:05) quando afirmam que ‘entre os vários parâmetros físicos, químicos e biológicos que determinam a qualidade da água de um rio, lago ou represa, Oxigênio Dissolvido é considerado um dos mais significativos”

Segundo Carmo (2003) “o oxigênio dissolvido na água tem a mesma importância para as comunidades aquáticas que o Oxigênio presente na atmosfera tem para nós”.

“O oxigênio dissolvido tem sua importância, devido a seu uso como indicador de poluição por meios de resíduos orgânicos” Branco & Rocha (1977: 41).

Todos os organismos aquáticos aeróbios dependem diretamente do teor de OD nas águas, pois nele está interligada toda cadeia ecossistêmica de peixes, algas, crustáceos, microorganismos etc.

São vários os fatores que modificam o teor de oxigênio dissolvido no ambiente aquático: turbidez, efluentes domésticos e industriais, altitude, temperatura, atividade microbiana, dentre outros.

Na tabela 3 estão indicados os valores de oxigênio dissolvido para cada classe de água, lembrando que o córrego São Pedro está enquadrado na Classe 1, segundo o COPAM (Conselho de Política Ambiental) através da Deliberação Normativa n.º 016, de 24 de setembro de 1996.

**Tabela 3** - Valores limites de oxigênio dissolvido.

Classes de águas	Limites de Oxigênio Dissolvido segundo a Resolução CONAMA N.º 20/1986 e segundo a Deliberação Normativa COPAM N.º 010/1986
Especial	Águas da classe Especial são destinadas, ao abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção, além de assegurar a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. No que refere-se aos limites do parâmetro Oxigênio Dissolvido, para esta classe não existe padrão, pressuponha que, não pode ocorrer introdução de esgotos, assim o teor de OD, mantenha-se próximo ao da saturação.
Classe 1	As águas utilizadas para irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que desenvolvem-se rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não deve ser poluídas por excremento humano e servem para a recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho). Esta classe estipula o limite de não inferior a 6,0 (mg/L) de Oxigênio Dissolvido.
Classe 2	Exceção feita à recreação de contato primário, inclui os usos da classe 1. Esta classe estipula o limite de não inferior a 5,0 (mg/L) de Oxigênio Dissolvido.
Classe 3	Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, também para a irrigação de culturas arbóreas, cercalíferas e forrageiras, além de dessedentação de animais. Para esta classe o Oxigênio Dissolvido não poderá ser inferior a 4,0 (mg/L).
Classe 4	Águas destinadas a navegação, harmonia paisagística e usos menos exigentes. Assim esta classe estipula que o Oxigênio Dissolvido seja maior que 2,0 (mg/L).

Fonte: CARMO (2003)

### ***Demanda bioquímica de oxigênio***

A decomposição da matéria orgânica presente na água é feita por bactérias aeróbias, ou seja, quanto mais matéria orgânica houver disponível no meio aquático, mais essas bactérias irão se reproduzir, ocasionado por sua vez um decréscimo nas taxas de oxigênio dissolvido.

O lançamento de efluentes domésticos, ricos em matéria orgânica, faz com haja o enriquecimento do meio aquático, chamado de eutrofização, e isso possui influencia direta nos teores de OD e DBO.

Com o decréscimo das taxas de OD no meio aquático, todos os organismos dependentes do mesmo irão sofrer as conseqüências, sendo os mais representativos os peixes e as algas, assim como as próprias bactérias aeróbias. Segundo BRANCO & ROCHA (1977:41) “o índice necessário de oxigênio dissolvido no meio para que haja a proteção das comunidades aquáticas é de 4mg/L”.

A DBO é proporcionalmente inversa ao OD, ou seja, quanto menos oxigênio estiver presente no meio para estabilização da matéria orgânica, conseqüentemente maiores serão as taxas de DBO.

A demanda bioquímica de oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratórios observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante cinco dias, à uma temperatura de 20° C (MOTA, 1997: 102).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio molecular necessária à total estabilização de determinada quantidade de matéria orgânica sujeita à decomposição bioquímica” Branco & Rocha (1977: 93). A tabela 4 mostra-nos os valores limites de DBO segundo a Resolução N.º 20/1986 CONAMA e Deliberação Normativa COPAM N.º 010/1986.

É válido ressaltar que a denominação para o parâmetro de DBO(5,20), faz correlação à determinação em laboratório, pois observa-se o “oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20°C (MOTA, 1997:102).

### ***Coliformes totais e fecais***

O grupo de bactérias coliformes divide-se em dois grupos: os coliformes fecais e totais. Os coliformes fecais são bactérias que habitam necessariamente o trato intestinal e auxiliam na digestão de diversos alimentos, sua presença no meio aquático indica obrigatoriamente, a presença de matéria fecal na água.

**Tabela 4 - Valores limites de demanda bioquímica de oxigênio.**

Classes de águas	Limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio segundo a Resolução CONAMA N.º 20/1986 e segundo a Deliberação Normativa COPAM N.º 010/1986
Especial	Águas da classe Especial são destinadas, ao abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção, além de assegurar a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. Quanto a Demanda Bioquímica de Oxigênio, não existe valor limite, pois para os usos preponderantes desta classe, não pode ocorrer introdução de esgotos, assim os níveis de DBO são irrelevantes.
Classe 1	As águas utilizadas para irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que desenvolvem-se rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não deve ser poluídas por excremento humano e servem para a recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho). Esta classe estipula o limite não deverá exceder a 3,0 (mg/L) de Demanda Bioquímica de Oxigênio.
Classe 2	Exceção feita à recreação de contato primário, inclui os usos da classe 1, assim não devera ser excedido um limite de 5,0 (mg/L) de Demanda Bioquímica de Oxigênio.
Classe 3	Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, também para a irrigação de culturas arbóreas, cercalíferas e forrageiras, além de dessedentação de animais. O limite para a Demanda Bioquímica de oxigênio é de até 10 (mg/L).
Classe 4	Quanto a Demanda Bioquímica de Oxigênio, esta classe não leva em conta valores limites, pois suas águas são destinadas a navegação, harmonia paisagística e usos menos exigentes.

Fonte: Carmo (2003)

Os coliformes fecais são um dos parâmetros de qualidade da água de grande importância, devido a dois fatores: eles indicam a possibilidade da presença de organismos patogênicos no meio aquático e também um desarranjo nos teores de oxigênio dissolvido.

Como já citado por Carmo (2003) “quando a quantidade de matéria orgânica lançada em um manancial excede a capacidade de assimilação desse, o oxigênio dissolvido na água pode alcançar valores muito baixos ou zero”.

Com o lançamento de matéria orgânica no meio hídrico, inicialmente temos a ação de bactérias aeróbias. Com o constante lançamento de efluentes domésticos, caracterizados por possuírem grande quantidade de matéria orgânica, ocorre um aumento na oferta de alimentos às bactérias aeróbias fazendo com que estas se reproduzam e conseqüentemente consumam mais OD. Isto acaba desequilibrando o ecossistema hídrico.

O fim do oxigênio dissolvido presente na água, causa não só a mortandade de peixes, mas dos demais seres que necessitam desse elemento para a respiração, como os crustáceos e moluscos. Os próprios microorganismos decompositores, em não mais existindo oxigênio disponível, morrem (aqueles que não são estritamente aeróbios) ou se tornam aeróbios facultativos (adaptados à vida anaeróbia)” (MACHADO, 2000).

Os coliformes fecais não são de modo geral, patogênicos, mas em uma população há que se ter a idéia de haver pessoas doentes e saudias. Essas pessoas doentes são potencialmente “doadoras” de organismos patogênicos ao meio aquático.

Os microorganismos patogênicos, são introduzidos na água junto com a matéria fecal de esgotos sanitários. Podem ser de vários tipos: bactérias, vírus, protozoários e vermes (MOTA, 1988:12).

A água pode transmitir doenças através do transporte de agentes patogênicos eliminados pelo homem, (MOTA, 1988:13). São exemplos de doenças de veiculação hídrica: febre tifóide, febre paratifóide, cólera, hepatite, poliomielite, esquistossomose dentre outras.

Segundo Machado (2000) “a presença de coliformes fecais na água indica, sempre, a presença de esgotos, e esta, por sua vez, significa a possibilidade da presença de patogênicos, dada a provável existência de pessoas doentes ou portadoras em meio à população que deu origem àqueles esgotos”.

Como dito anteriormente, as bactérias coliformes, são necessariamente habitantes do trato intestinal e quando estão em meio externo tendem a morrer rapidamente. De acordo com Branco & Rocha (1977:95) “os agentes destruidores são principalmente a luz, temperatura, microorganismos predadores, diluição e a sedimentação”.

A luz solar possui ação germicida através de radiações ultravioleta, além de favorecer a produção de oxigênio pelas algas, sendo assim, beneficia a estabilização da matéria orgânica pelas bactérias aeróbias. A diluição também ajuda no processo de destruição destes agentes, pois quanto maior a capacidade de diluição de um manancial, maior será a capacidade de depuração do mesmo.

Assim como os parâmetros OD e DBO, os coliformes fecais também possuem limites máximos estabelecidos segundo a classe a que foi enquadrado o manancial. No caso deste estudo o córrego São Pedro está enquadrado na Classe 1, segundo a Deliberação Normativa COPAM n.º 016, de 24 de setembro de 1996 e possui como limite o máximo de 200NMP/100mL, segundo Resolução CONAMA N.º 020/86 (vide tabela 2).

## **METODOLOGIA**

Para Machado (2000), são vários os parâmetros adotados para verificação, controle e gestão da qualidade das águas. No “Índice de Qualidade da Água”, proposto pela National Sanitation Foundation, dos Estados Unidos, por exemplo, os parâmetros adotados são o OD, coliformes fecais, pH, DBO, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez e sólidos totais (BENETTI & BIDONE, 1993:865/866).

De acordo com Branco & Rocha (1977:93) “os principais parâmetros a serem considerados, na definição do padrão de qualidade a ser adotado para as águas utilizadas para consumo público, mediante tratamento convencional, são: “DBO e OD”; “Concentração de bactérias coliformes”; “Substâncias tóxicas e material sobrenadante”; e/ou “Fenóis”, produtores de sabor e odor”.

Como citado por Machado (2000) “por esta razão, as metodologias adotadas no planejamento do uso e ocupação do solo têm utilizado como parâmetros ou a “concentração de bactérias coliformes”, indício de possibilidade de contaminação da água, ou a “Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e o Oxigênio Dissolvido (OD)”, indicadores da presença de matéria orgânica na água, resultado da disposição de esgotos domésticos”.

Neste trabalho, iremos utilizar os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, cor, turbidez, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, aspecto, odor e coliformes totais e fecais para avaliação da qualidade das águas do córrego São Pedro.

### ***Pontos de coleta e amostragens***

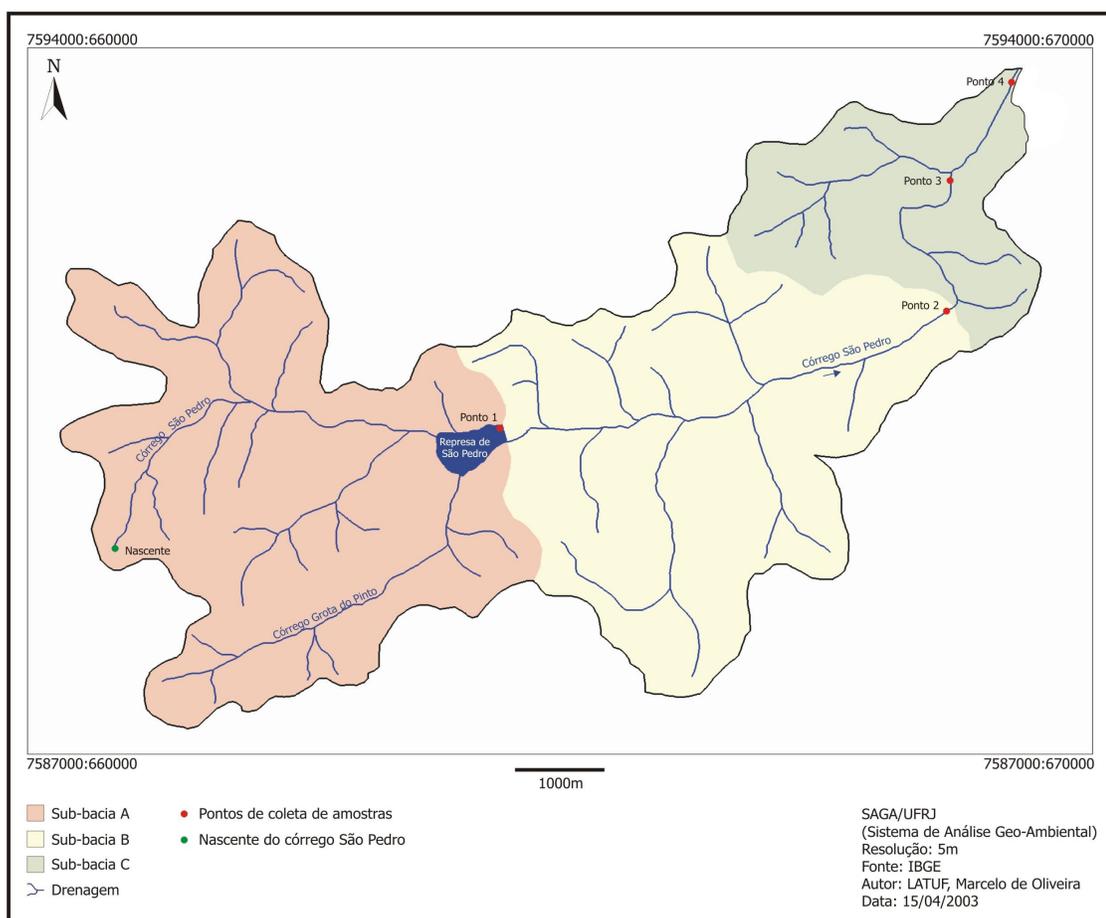
A definição dos pontos de coleta para este trabalho partiu inicialmente da separação da BHCSF em três diferentes setores, que foram chamados no caso de Sub-bacia A, Sub-bacia B e Sub-bacia C.

Levou-se em conta para esta divisão os fatores de localização e facilidade de acesso. A figura 3 representa espacialmente essas divisões e pontos de coleta.

Como indicado pela CETESB (1997) “quando as amostras forem coletadas diretamente de um corpo d’água receptor, procura-se selecionar pontos de amostragem bem representativos da amostra de água a ser examinada [...]”.

A Sub-bacia A caracteriza-se por ser coincidentemente a bacia hidrográfica da represa de São Pedro, que foi definida como o primeiro ponto de amostragem, sendo que a coleta da amostra ocorre próximo ao ponto de tomada d’água pela CESAMA, como pode ser visto na figura 4.

A Sub-bacia B inicia-se logo após a barragem da Represa de São Pedro estendendo-se até a ponte sobre o córrego São Pedro na rua José Lourenço Kelmer, próximo ao n.º 715. Até este ponto o córrego já recebeu 72,74% dos esgotos domésticos quando correlacionados à mancha urbana na BHCSF. Na figura 5 observamos o segundo ponto de coleta.



**Figura 3** – Sub-bacias hidrográficas da BHCSF



**Figura 4** - Ponto 1 de amostragem – LATUF, M. O. Asa 200. Data: 18/05/2003 - Horário: 15:52



**Figura 5** - Ponto 2 de amostragem - RESENDE, R. C. B. Asa 200. Data: 17/05/2003 - Horário: 16:58

A Sub-bacia C inicia-se logo após a ponte rua José Lourenço Kelmer, próximo ao n.º 715, indo até a confluência com o rio Paraibuna. Esta sub-bacia possui uma característica que deve ser ressaltada, a presença de uma cachoeira localizada no bairro Vale do Ipê, o que teoricamente pode vir a ser um fator positivo à re-oxigenação das águas do córrego.

Além de receber os esgotos domésticos da região da “cidade alta”, esta sub-bacia recebe também os efluentes domésticos in natura dos bairros Borboleta e Democrata. O terceiro e quarto pontos de coleta estão localizados nesta sub-bacia, respectivamente no final da cachoeira e próximo à foz (figura 6 e 7).

A plotagem dos pontos de coleta foi feita a partir da observação da carta topográfica, na escala de 1:50.000, nas pranchas de 1:2.000, da Divisão de Política Urbana da Prefeitura Municipal de Juiz de Fora e com apoio de campo com aparelho GPS. No mapa 03, anteriormente citado, podemos observar a localização dos pontos de coleta, assim como sua posição em relação às sub-bacias hidrográficas.

Vale ressaltar que as coordenadas dos pontos foram obtidas a partir de GPS (Global Position System) ou Sistema de Posicionamento Global, da marca Garmin 72. Nas tabelas 5 e 6 observamos essas localizações e as distâncias entre os pontos de coletas, respectivamente.

**Tabela 5** - Coordenadas dos pontos de coleta e altitude

Local	Altitude (m)	Localização - UTM (X / Y)
Nascente	875,0	660868 E. / 7589175 N.
Ponto 1	849,9	664651 E. / 7591074 N.
Ponto 2	839,0	668886 E. / 7592229 N.
Ponto 3	681,5	668928 E. / 7593450 N.
Ponto 4	676,9	669425 E. / 7593971 N.

**Tabela 6** - Distância entre os pontos de coleta

Intervalos	Linha reta (m)	Curso d'água (m)
Nascente ao ponto 1	3.900	5.000
Ponto 1 ao ponto 2	4.400	4.750
Ponto 2 ao ponto 3	1.300	2.000
Ponto 3 ao ponto 4	1.350	1.500
Nascente ao ponto 4	10.950	13.250

Com relação às coletas, estas foram realizadas simultaneamente em todos os pontos de amostras no horário de 09:00h. O procedimento era de estar no ponto de amostragem às 08:30h e após 15 minutos medir a temperatura do ar. De 08:45 a 09:00h posicionava-se o termômetro na água para que houvesse a medição da temperatura da

água. Vale ressaltar que termômetro é o mesmo para a aferição da temperatura do ar e da água. Na tabela 7 encontram-se as temperaturas das amostras.

**Tabela 7** - Temperaturas do ar e água

Pontos de coleta	Temperatura (°C)							
	1ª coleta		2ª coleta		3ª coleta		Média	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
Ponto 1	-	21,2 *	-	20,1*	-	19,2 *	-	20,1
Ponto 2	14	18	18	19	16,5	17	16,1	18
Ponto 3	13	15	19	19	15,5	16	15,8	16,6
Ponto 4	15	16,5	18,5	18,5	16,5	16,5	16,6	17,1
Média por coleta	14	17,6	18,5	19,1	16,1	17,1		

\* Temperatura aferida próximo às 11:00

A temperatura influencia diretamente nos parâmetros de qualidade de água, pois de acordo com Branco & Rocha (1977):

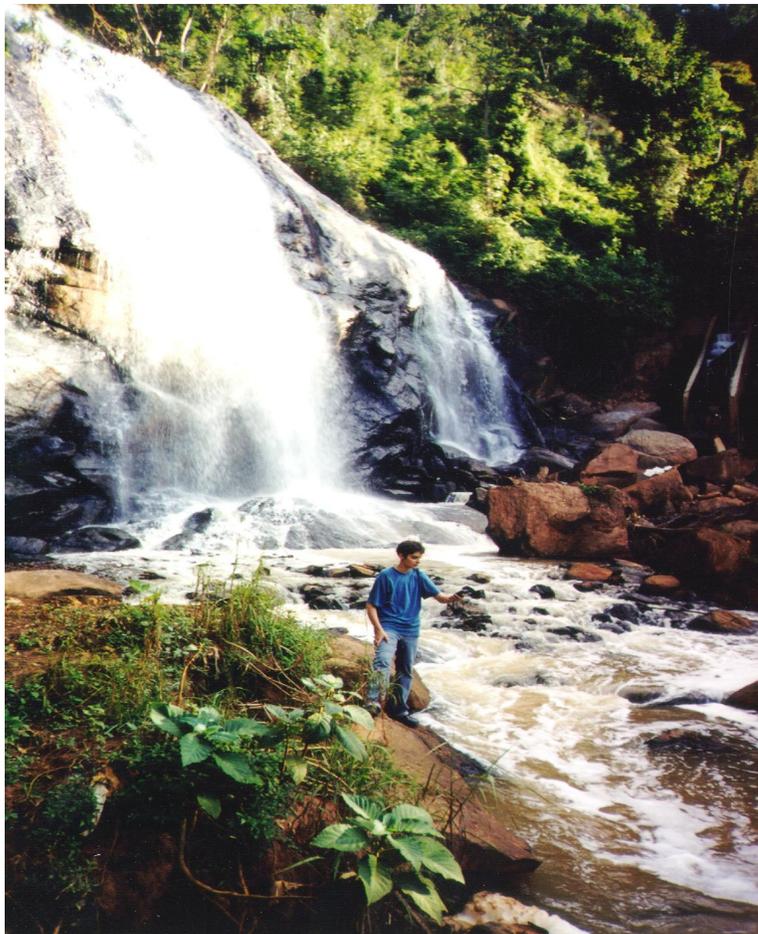
“a temperatura é um importante fator ecológico, tanto pela influência direta que pode exercer sobre os vários tipos de organismos, como pela relação existente entre ele e o teor de gases dissolvidos”. Já Mota (1997:98) diz que “quanto maior a temperatura, menor o teor de oxigênio dissolvido”.

Aferidas as temperaturas do ar e da água, parte-se para a coleta propriamente dita. Segundo Machado (2000) “os procedimentos de coleta das amostras deverão seguir as normas bioquímicas específicas, ou seja, à sombra, no período da manhã, a 10 centímetros de profundidade, contra a correnteza e com ausência de ar no frasco de coleta”.

Após realizada a coleta das amostras, as mesmas seguem para os laboratórios da CESAMA; um grupo vai em direção a ETA (Estação de Tratamento de Água) e outro a ETE (Estação de Tratamento de Esgotos), onde serão analisadas.

As amostras devem chegar aos laboratórios em menos de 2 horas após feita a coleta do material (figura 8), pois caso haja o extrapolamento do prazo, os resultados poderão ser mascarados.

É importante frisar que ocorreram três coletas de amostras de água do córrego São Pedro para este trabalho, nos dias 08/05/2003, 11/06/2003 e 01/07/2003, coincidentemente meses onde a precipitação vem decrescendo.



**Figura 6** - Ponto 3 de amostragem - RESENDE, R. C. B. Asa 200.  
Data: 17/05/2003 - Horário: 15:22



**Figura 7** - Ponto 4 de amostragem - LATUF, M. O. Asa 200. Data: 17/05/2003 - Horário: 14:08



**Figura 8** - Amostras no Laboratório da CESAMA (ETE) - LATUF, M. O. Asa 100. Data: 11/06/2003 - Horário: 10:07

### ***Enquadramento das águas***

Segundo Carmo (2003) em 1993, a Câmara de Bacias Hidrográficas (CBH) do Conselho Estadual de Políticas Ambientais (COPAM), determinou à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), que desenvolvesse estudos objetivando o enquadramento dos cursos d'água estaduais.

A Deliberação Normativa COPAM n.º 016, de 24 de setembro de 1996, enquadra a bacia hidrográfica do córrego São Pedro na Classe 1.

Ainda de acordo com Carmo (2003) “o enquadramento dos cursos d'água visa estabelecer classes para cada tipo de uso preponderante da água”. “Para cada tipo de uso da água, são exigidos limites máximos de impurezas que a mesma pode conter. Estes limites, quando estabelecidos por organismos oficiais, são chamados de padrões de qualidade” Mota (1988:15).

“Um modo de definir critérios ou condições a serem atendidos pelos mananciais, é estabelecer uma classificação para as águas, em função dos seus usos. Os mananciais são enquadrados em classes, definido-se para cada uma, os usos a que se destina e os requisitos a serem observados” Mota (1997:105).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, através da Resolução n.º 20, de 18 de junho de 1986, classificou as águas nacionalmente, já no Estado de Minas Gerais a classificação foi estabelecida pela Deliberação Normativa 010/86 do Conselho Estadual de Políticas Ambientais (COPAM), como podemos observar na tabela 8.

### **Quantificação e espacialização da expansão urbana na BHCSF**

A BHCSF foi também alvo da expansão urbana no município de Juiz de Fora. Para representação desta evolução do crescimento urbano, foi elaborado um mapa da evolução da mancha urbana na BHCSF (figura 9), através da digitalização da área da mancha urbana na carta topográfica do IBGE (1981 e 1983), assim como a digitalização em ortofotomosaicos (Cesama, 2000).

Assim, com a geocodificação da evolução da mancha urbana torna-se viável a verificação espaço-temporal através da manipulação dos dados em Sistemas de Informações Geográficas. No caso deste trabalho foi utilizado o SAGA/UFRJ, Sistema de Análise Geo-Ambiental e a partir de um de seus módulos, Assinatura Ambiental, foi possível estimar a área ocupada em cada período analisado.

**Tabela 8 - Classificação das águas segundo os usos.**

Classes de águas	Usos
Especial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento doméstico, sem ou com simples desinfecção</li> <li>• Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas</li> </ul>
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado</li> <li>• Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)</li> <li>• Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.</li> <li>• Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.</li> </ul>
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento doméstico, após tratamento convencional</li> <li>• Proteção das comunidades aquáticas</li> <li>• Recreação de contato primário</li> <li>• Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas</li> <li>• Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.</li> </ul>
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento doméstico, após tratamento convencional</li> <li>• Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras</li> <li>• Dessedentação de animais</li> </ul>
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Navegação</li> <li>• Harmonia paisagística</li> <li>• Usos menos exigentes</li> </ul>

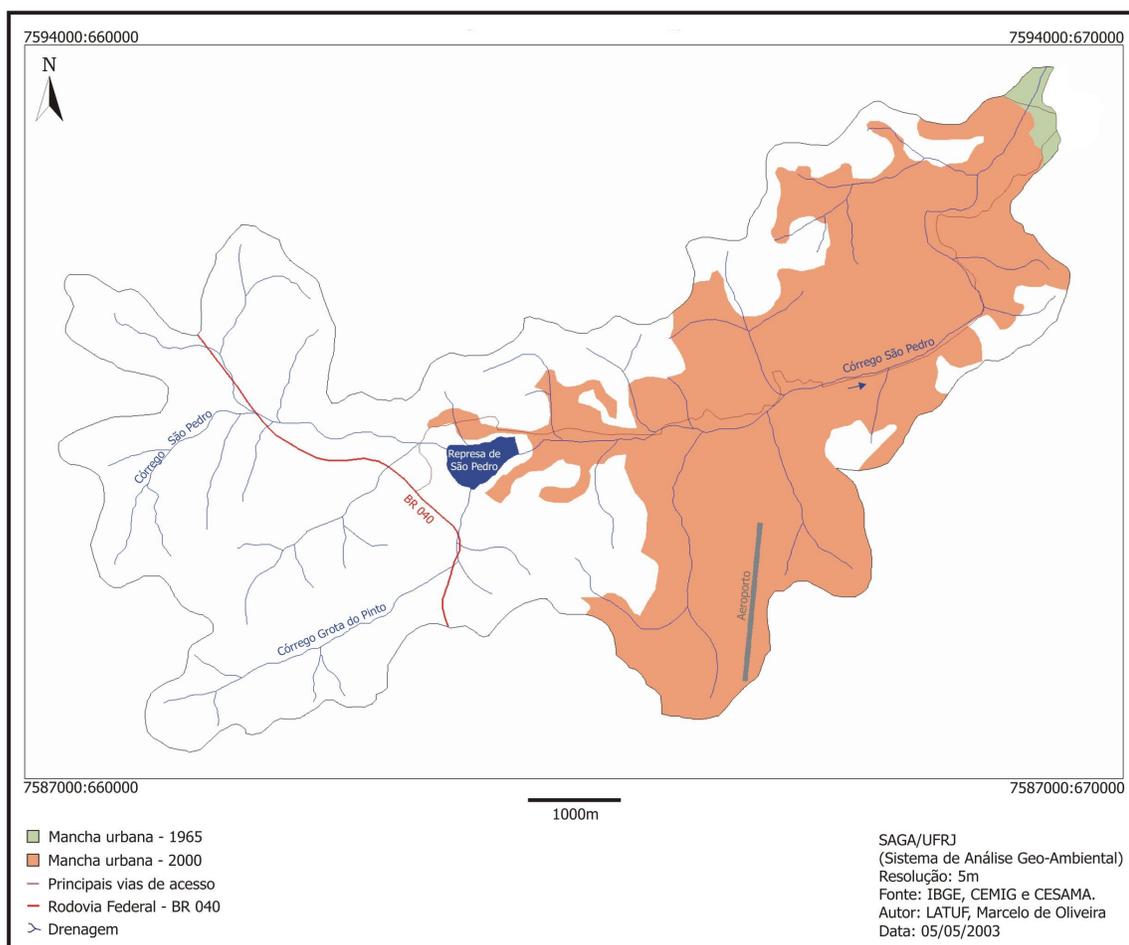
Fonte: Carmo (2003)

Na tabela 9 podemos observar a evolução da mancha urbana das sub-bacias hidrográficas do córrego São Pedro.

**Tabela 9** - Área das sub-bacias x expansão da mancha urbana

Sub-bacias	Área Total (ha)	Área ocupada (ha)		% da ocupação/2000
		1981 e 1983	2000	
A	1.226,63	*	15,92	1,29
B	1.162,12	*	848,55	73,01
C	450,43	16,02	323,93	71,91
A - C	2.839,18	16,02	1.188,40	41,85

\* Sem ocupação pela mancha urbana



**Figura 9** - Expansão da mancha urbana na BHCSP

Observa-se na tabela anterior que as sub-bacias que obtiveram os maiores crescimentos foram B, C e A, respectivamente. Os dados demonstram que a mancha

urbana ocupou em 2000, 41,85% da BHCSP e que apenas 1,29% foram ocupados na Sub-bacia A, valendo ressaltar que a área compreendida pela mesma é coincidentemente igual à bacia hidrográfica da represa de São Pedro, importante manancial de abastecimento de água para a cidade de Juiz de Fora.

Com relação às Sub-bacias B e C é interessante salientar que em menos de 30 anos, a ocupação pela mancha urbana atingiu índices acima de 70%, o que representa o rápido crescimento urbano que a cidade de Juiz de Fora sofreu nas últimas décadas.

O próximo passo foi relacionar quais são as regiões urbanas pertencentes à BHCSP para a estimativa do contingente populacional da bacia. Com a determinação do número de habitantes na bacia, pode-se calcular a quantidade necessária de OD para a estabilização da matéria orgânica.

Este dado é importante, pois segundo BRANCO & ROCHA (1977:94) “sabe-se que a contribuição per capita de DBO em uma população é da ordem de 54g de DBO por habitante por dia”.

A partir de então foi verificado através do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PJF, 1996), as regiões urbanas pertencentes à BHCSP. Segundo o mesmo, a bacia é caracterizada pela sigla BD45 e possui uma série de regiões urbanas que estão listadas na tabela 10.

Mas, infelizmente a BHCSP não se enquadra totalmente nas diversas regiões urbanas ali dispostas, dividindo sua área com outras bacias hidrográficas, que não fazem parte deste trabalho. São os casos das regiões urbanas de Mariano Procópio, Santa Catarina, Morro do Imperador, Jardim Glória, Fábrica, Novo Horizonte e Aeroporto.

Buscou-se então o auxílio do IBGE, para a observação da população por setores censitários, mas por falta de recursos não obtivemos sucesso na estimativa populacional, pois o órgão não possui um mapeamento sistematizado dos setores em cotas altimétricas, impossibilitando a perfeita correlação entre a área da BHCSP e os limites das regiões urbanas.

Então como última forma, dividimos a população total das regiões urbanas não pertencentes totalmente a BHCSP pelo número de bacias pertencentes. Peguemos como exemplo a região urbana do Mariano Procópio, com população total de 2.169 e pertencente a três diferentes bacias hidrográficas.

Aplicando estes dados na fórmula,

$$\text{Pop. BHCSP} = \frac{\text{Pop. T. RU}}{\text{N.º de BH}} = \frac{2.169}{3} = 723$$

onde,

*Pop. BHCSP - População da região urbana Mariano Procópio na bacia hidrográfica do córrego São Pedro*

*Pop. T. RU - População total da região urbana*

*N.º de BH - Números de bacias hidrográficas*

Obtém-se o valor de 723 habitantes que residem na região urbana do Mariano Procópio e são contribuintes para a BHCSP e/ou BD45. Vale ressaltar que este é um número aproximado, visto que não obtivemos estes dados através de fontes bibliográficas atuais. Na tabela 10 observa-se o restante dos dados populacionais para a BHCSP.

**Tabela 10 - População contribuinte para a BHCSP**

Regiões Urbanas	Bacia Hidrográfica	População total	População na BHCSP (BD45)
Mariano Procópio*	BD43/44/45	2.169	723
Santa Catarina*	BD45/46	1.801	900
Vale do Ipê	BD45	1.557	1.557
Borboleta	BD45	5.164	5.164
Morro do Imperador*	BD45/47/48	748	249
Jardim Glória*	BD45/47	3.233	1616
Fábrica*	BD43/44/45	4.405	1468
Nossa Senhora de Fátima	BD45	4.637	4.637
São Pedro	BD45	10.581	10.581
Cruzeiro de Santo Antônio	BD45	645	645
Nova Califórnia	BD45	186	186
Novo Horizonte*	BD45/59	1.631	815
Aeroporto*	BD45/59	1.149	574
Total	-	37.906	29.115

Fonte: IBGE. Censo Demográfico, 2000. \*Regiões urbanas pertencentes a mais de uma bacia hidrográfica.

### **Representação de Dados Cartográficos**

A representação cartográfica deste trabalho consistiu no emprego de técnicas de Geoprocessamento, com base na metodologia de Análise Ambiental por Geoprocessamento (Xavier-da-Silva, 1992).

A primeira etapa consistiu na captura via scanner de “mapas bases” dentre os quais fazem parte a Carta topográfica de Juiz de Fora e Matias Barbosa, na escala de 1:50.000 (1981 e 1983), dados da PJF (1996), na escala de 1:100.000 e utilização de ortofotomosaico digital da CESAMA, na escala de 1:20.000, 2000.

Após a aquisição desta base, a mesma passou por tratamento cartográfico no Laboratório de Geoprocessamento Aplicado (LGA/UFJF), logo após trabalhos para a vetorização das diversas entidades ambientais, como por exemplo, delimitação da área da bacia hidrográfica, dados altimétricos, expansão da mancha urbana (figura 9), localização da bacia hidrográfica (figura 1) e sub-bacias hidrográficas (figura 3).

“Estas estruturas de dados são os modelos e podem assumir diversas formas e níveis de complexidade. São exemplos os diagramas, mapas, equações matemáticas e também as bases de dados georreferenciadas. Este último tipo de modelo é de particular importância para a análise ambiental e o geoprocessamento, constituindo os modelos digitais do ambiente” (Xavier-da-Silva, 1982).

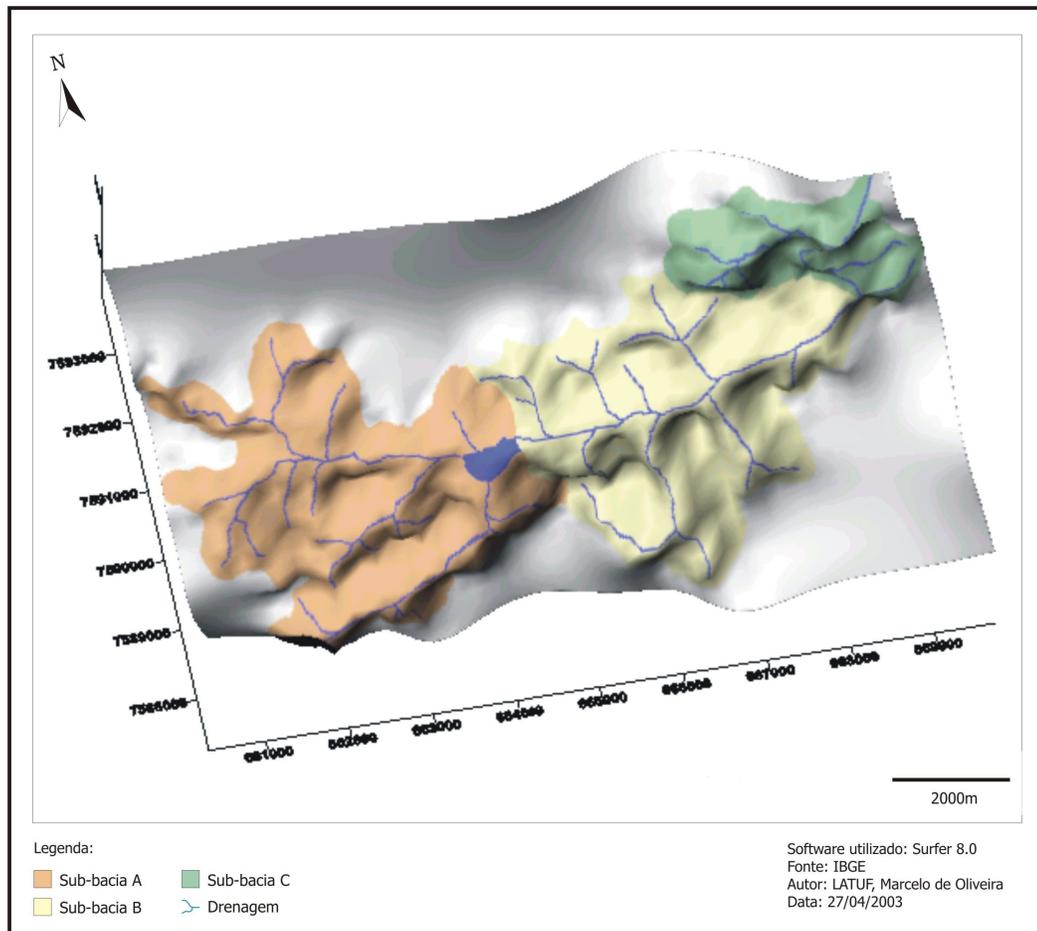
Foram usados nesta etapa os programas CorelDraw© 9 e AutoCAD© 2000 (softwares gráfico e vetorial). Após esta fase de tratamento de imagens foi dado início a etapa de trabalhos nos módulos Montagem e Traçador Vetorial, que fazem parte do Sistema Geográfico de Informação, SAGA/UFRJ, desenvolvido por Xavier-da-Silva (1992), no Laboratório de Geoprocessamento (LAGEOP/UFRJ).

Além da base de dados geográfica anteriormente citada, foram utilizados alguns cartogramas digitais na escala de 1:100.000, do estudo de riscos a escorregamentos na área urbana da cidade de Juiz de Fora, realizado por LATUF (2001 et. al.).

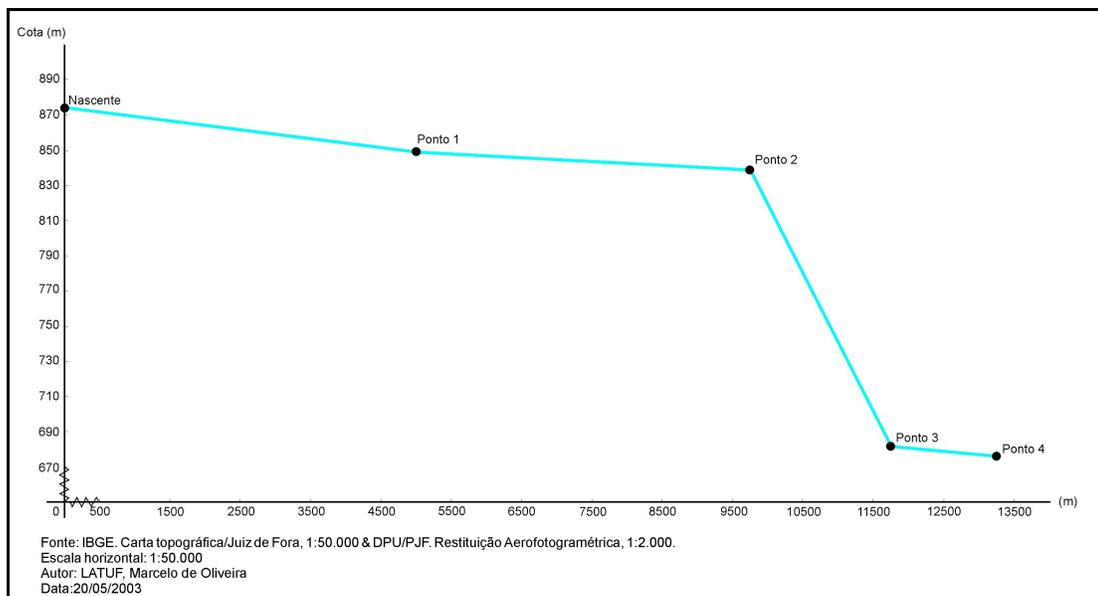
Além dos cartogramas convencionais, foi realizado através da vetorização das curvas de nível, o modelo digital de terreno, o que favorece à interpretação de diversos fatores ambientais.

A tecnologia de modelagem digital de terreno (MDT) é recente, mas bastante utilizada. Os MDT's proporcionam uma visão tridimensional de vários fatores ambientais conjugando coordenadas x, y e z, dando assim, a possibilidade de visualização espacial desses fatores, como o relevo, por exemplo (figura 10).

Há várias aplicações dos MDT's, por exemplo: visualização tridimensional, auxílio na geração de carta de declividade, cálculo de áreas e volumes, seções transversais, perfis (figura 11), mapas de previsão de inundações etc.



**Figura 10** - MDT da BHCSP.



**Figura 11** - Perfil Topográfico da Nascente a Foz do córrego São Pedro

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coletas proporcionaram o monitoramento da qualidade das águas do córrego São Pedro através dos parâmetros cor, aspecto, temperatura do ar e água, coliformes fecais e totais, condutividade, odor, OD, DBO, sólidos totais dissolvidos, pH e turbidez.

Iremos abordar o comportamento dos parâmetros OD, DBO e coliformes fecais, pois segundo diversos pesquisadores afirmam que estes são os melhores parâmetros para o monitoramento da qualidade das águas de um manancial.

Toledo Júnior e Kawai (1977:05) afirmam que “entre os vários parâmetros físicos, químicos e biológicos que determinam a qualidade da água de um rio, lago ou represa, o Oxigênio Dissolvido é considerado um dos mais significativos” (In: MACHADO, 2000).

Além do OD é necessário avaliar conjuntamente os teores de DBO e coliformes fecais, visto que estes parâmetros caminham em uma relação direta com os teores de OD.

Na primeira coleta ocorrida em 08/05/2003 assim como na terceira coleta em 01/07/2003, com relação aos teores de coliformes fecais encontrados nas amostras, todas demonstram estar muito acima do limite permitido pelos órgãos competentes, excetuando-se o ponto 1, onde não houve a contagem bacteriológica de coliformes fecais, devido ao fato de que a ETE não realiza o monitoramento bacteriológico, mas apenas o físico-químico, haja visto que a coleta no ponto 1 era realizada por técnicos da própria CESAMA e levadas diretamente a ETE. Na tabela 11 encontram-se os valores diagnosticados no córrego São Pedro, valendo ressaltar que o limite estabelecido para coliformes fecais é de 200NMP/100mL.

**Tabela 11** - Níveis de coliformes fecais.

Pontos de Coleta	08/05/03	11/06/03	01/07/03 *
Ponto 1	-	-	-
Ponto 2	> 16.000	-	>160.000
Ponto 3	> 16.000	-	140.000
Ponto 4	> 16.000	-	90.000

- Não houve contagem

\* Maior diluição das amostras

Um ponto que deve ser esclarecido na terceira coleta é com relação à maior diluição das amostras, feitas pela ETA, responsável pela contagem bacteriológica, a fim de se tentar diagnosticar com uma maior exatidão o número de bactérias coliformes presentes

no meio hídrico, visto que na primeira coleta os resultados indicam apenas a presença de um número >16.000 bactérias em 100mL de amostra analisada.

Os resultados demonstram que as águas do córrego São Pedro estão com um nível de degradação elevadíssimo, quando correlacionados ao enquadramento para a Classe 1 ou para qualquer outra classe, o que necessariamente resulta em um desarranjo no ecossistema hídrico, prejudicando todos os animais e/ou organismos dependentes de OD.

Com relação ao parâmetro de oxigênio dissolvido, em todas as amostras (08/05/2003, 11/06/2003 e 01/07/2003) obtivemos o monitoramento das águas do córrego São Pedro, como mostra a tabela 12.

**Tabela 12** - Níveis de oxigênio dissolvido encontrados

Pontos de Coleta	08/05/2003	11/06/2003	01/07/2003	Média por ponto
Ponto 1	5,06	6,36	6,49	<b>5,97</b>
Ponto 2	4,77	1,87	1,37	<b>2,67</b>
Ponto 3	5,40	5,27	4,18	<b>4,95</b>
Ponto 4	5,20	3,62	2,37	<b>3,73</b>
<b>Média por coleta</b>	<b>5,10</b>	<b>4,28</b>	<b>3,60</b>	

Na primeira coleta realizada em 08/05/2003, podemos observar que em nenhum dos pontos analisados esteve dentro das normas estabelecidas pelos órgãos competentes que é  $\geq 6$ mg/L, mesmo tendo ocorrido precipitação de 40,6mm nos três dias anteriores à coleta, de acordo com LabCAA (2003).

O fato da correlação com a pluviosidade advém do poder de maior ou menor diluição da matéria orgânica, ou seja, com a ocorrência de precipitação nos dias anteriores à coleta, necessariamente haverá mais água disponível no meio ocasionando assim, uma maior diluição da matéria orgânica. Esta diluição faz alterar significativamente os teores de OD e DBO, conseqüentemente.

Também podemos notar uma tímida re-oxigenação (apenas na 1ª amostra) das águas do córrego São Pedro entre os pontos 2 e 3. Essa re-oxigenação encontrada entre esses dois pontos deve-se ao fato de haver um desnível altimétrico bastante acentuado entre os mesmos. Este desnível faz com que apareça uma cachoeira localizada no bairro Vale do Ipê, com 157,50m de desnível total entre os pontos e segundo MOTA (1988:94) os desníveis altimétricos “proporcionam a re-oxigenação do meio, pois a turbulência provoca a

fragmentação da camada superficial da água, que está sempre saturada de oxigênio, permitindo uma maior distribuição do oxigênio em toda massa líquida”.

Segundo CARMO (2003) “essa re-oxigenação volta a oferecer oxigênio para que os organismos aeróbios possam realizar a oxidação da matéria orgânica presente na água”.

Já na segunda coleta em 11/06/2003, os parâmetros mostram-se mais espaçados em relação à primeira coleta. Esta mudança está relacionada com uma menor disponibilidade hídrica na bacia, haja visto que a precipitação nos três dias anteriores à coleta é de 1,2mm.

Analisando do ponto de vista normativo, apenas o ponto 1 está com o índice aceito para a Classe 1 (vide tabela 10). No ponto 2 o teor de OD chega a níveis críticos (1,87mg/L), pois para BRANCO & ROCHA (1977:41) “o índice necessário de oxigênio dissolvido no meio para que haja a proteção das comunidades aquáticas é de 4mg/L”.

A re-oxigenação das águas é bastante considerável entre os pontos 2 e 3, devido à presença da cachoeira localizada no bairro Vale do Ipê. Estes resultados demonstram com maior clareza o comportamento das águas do córrego São Pedro, pois não havendo grandes precipitações anteriores à coleta, os resultados não são mascarados pela maior diluição da matéria orgânica.

Já na terceira coleta realizada em 01/07/2003, o índice pluviométrico acumulado em três dias anteriores à coleta foi de 0,0mm. Com uma menor disponibilidade hídrica na BHCSF, os teores de OD foram os menores já registrados por este trabalho, executando-se o ponto 1.

Podemos notar também que o nível médio por coleta de OD em cada amostragem vem decrescendo, o que expressa a realidade hídrica na BHCSF, comprovando o fato das precipitações auxiliarem na diluição da matéria orgânica. Outra situação que é freqüentemente observada é a constante re-oxigenação das águas do córrego São Pedro no trecho entre os pontos 2 e 3, devido, sobretudo, a presença da cachoeira do bairro Vale do Ipê.

Finalmente com relação ao parâmetro de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), em todas as amostras (08/05/2003, 11/06/2003 e 01/07/2003) obtivemos o monitoramento das águas do córrego São Pedro, como mostra a tabela 13.

**Tabela 13** - Níveis de demanda bioquímica de oxigênio

Pontos de Coleta	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	Média por ponto
Ponto 1	2,00	3,50	3,50	<b>3,00</b>
Ponto 2	10,00	10,00	11,00	<b>10,33</b>
Ponto 3	8,00	8,00	6,00	<b>7,33</b>
Ponto 4	7,00	9,00	9,00	<b>8,33</b>
<b>Média por coleta</b>	<b>6,75</b>	<b>7,62</b>	<b>7,37</b>	

Na primeira coleta ocorrida em **08/05/2003**, podemos observar que apenas o ponto 1 (represa de São Pedro) esteve dentro das normas estabelecidas pelos órgãos competentes para a Classe 1 e todos os outros pontos de coleta excederam o limite de  $\leq 3\text{mg/L}$ , mesmo tendo ocorrido precipitação de 40,6mm nos três dias anteriores a coleta.

Já na segunda coleta em **11/06/2003**, os parâmetros mostram uma ligeira alteração nos teores de DBO. Isto deve-se a uma pequena precipitação nos três dias anteriores à coleta, de 1,2mm, sendo assim, a espacialização dos teores de DBO apresentou uma mudança do ponto de vista qualitativo, pois a DBO encontrada no ponto 4 foi maior do que a encontrada no ponto 3, o que teoricamente é o correto, pois há o acréscimo de efluentes domésticos *in natura* dos bairros Borboleta, Vale do Ipê, Jardim Glória, Santa Catarina, Mariano Procópio e Fábrica entre esses dois pontos, aumentando assim a demanda por OD.

Isso nos reflete que a primeira coleta esteve com os dados alterados devido a precipitação de 40,6mm nos três dias anteriores a coleta, registrada pela Estação Climatológica Principal de Juiz de Fora.

Ainda é válido ressaltar que todos os pontos de coleta ultrapassaram o limite de  $\leq 3\text{mg/L}$ , o que caracteriza a degradação da qualidade das águas do córrego São Pedro para a Classe 1. Na terceira coleta realizada em **01/07/2003**, novamente todos os pontos de coleta extrapolaram o limite permitido para a Classe 1, sendo que nesta amostragem foi registrado o maior índice de DBO desde o início do monitoramento de 11mg/L no ponto 2.

Com relação a distribuição dos teores de DBO no córrego São Pedro, é evidente um comportamento padrão. Em todas as amostras os teores de DBO no ponto 1 sempre atingiram índices baixos quando comparados ao ponto 2. A DBO no ponto 2 atinge os maiores níveis registrados no córrego. Já no ponto 3 a DBO reduz, induzida sobretudo pelo encaichoamento deste trecho, melhorando os níveis de OD e finalmente no ponto 4, a DBO eleva-se em relação ao ponto 3, mas ainda fica abaixo dos índices encontrados no ponto 2.

Analisando o parâmetro de OD, todos os resultados das amostras nas diferentes coletas, podemos observar que a curva de OD mantém-se com o mesmo padrão também, inversamente proporcional à curva de DBO.

No ponto 1 são encontrados sempre os maiores valores de OD do córrego São Pedro, com a média de **5,97mg/L**. Quando o córrego vai adentrando a mancha urbana, o mesmo vem sofrendo com o lançamento de efluentes domésticos *in natura*, o que ocasiona uma queda nos teores de OD registrado no ponto 2, que registra índices médios de **2,67mg/L**. Já no trecho entre o ponto 2 e o ponto 3, o córrego “renova suas forças” e atinge

o índice médio de **4,95mg/L**, índice este melhor do que comparado ao do ponto 2, devido, sobretudo, ao grande desnível altimétrico que o córrego percorre. Finalmente no trecho entre o ponto 3 e o ponto 4, o córrego recebe o restante de efluentes que lhe é introduzido, sendo confirmados pelo valor médio de OD de **3,73mg/L**.

Todos os comportamentos dos parâmetros de OD e DBO, estão dispostos nas figuras 12, 13 e 14, sendo caracterizados pela primeira, segunda e terceira coleta, respectivamente. Já a figura 15 apresenta os valores médios encontrados nas águas do córrego São Pedro durante a época de monitoramento.

Foi elaborado um na escala de 1:50.000 (figura 16) ao final desta etapa onde buscou-se a espacialização dos dados obtidos através das coletas das amostras. O mapa intitulado – Espacialização da Qualidade das Águas do córrego São Pedro, por sub-bacias, Juiz de Fora, MG – torna-se instrumento fundamental no planejamento de ações mitigadoras para a BHCSF. Para a confecção deste mapa foi utilizado o parâmetro de OD como norteador. Neste mapa podemos observar três comportamentos distintos de qualidade das águas, que são: Situação 1, Situação 2 e Situação 3.

Caracteriza-se por Situação 1 a área onde o teor médio de OD sempre foi os maiores registrados desde o início do monitoramento e neste caso, há a possibilidade do aparecimento de peixes e organismos aeróbios. Esta descrição coincide com a Sub-bacia A e/ou a bacia hidrográfica da represa de São Pedro.

Já a área onde foi espacializada como Situação 2 ou Sub-bacia B, caracteriza-se por obter teores médios de OD abaixo dos índices mínimos para a proteção do ecossistema aquático, de 4mg/L de acordo com BRANCO & ROCHA (1977:41).

E finalmente a Situação 3, coincide espacialmente com a área da Sub-bacia C e possui índices médios superiores aos registrados na Situação 2, ou seja, é uma sub-bacia com melhores índices de OD devido, sobretudo, à presença da cachoeira localizada no bairro Vale do Ipê, mas está aquém dos teores médios registrados na Situação 1 e/ou Sub-bacia A.

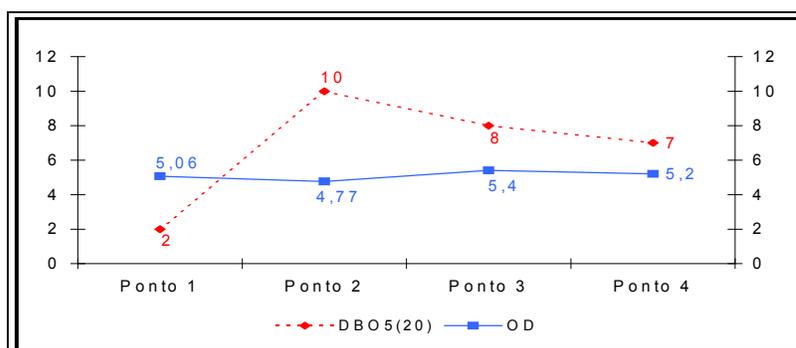


Figura 12 - Teores de OD/DBO, 1ª coleta

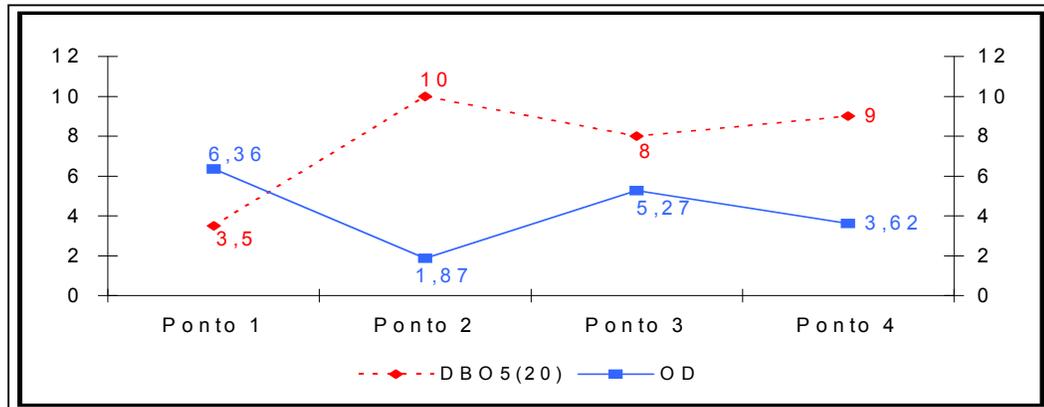


Figura 13 - Teores de OD/DBO, 2ª coleta

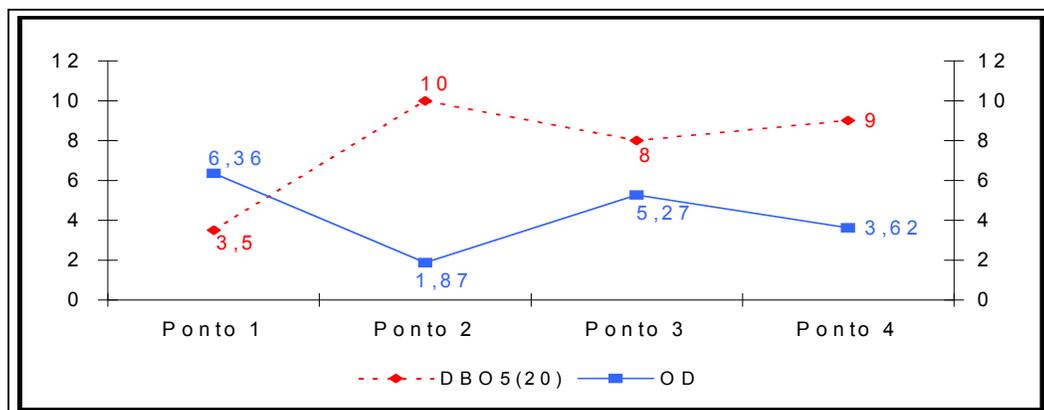


Figura 14 - Teores de OD/DBO, 3ª coleta

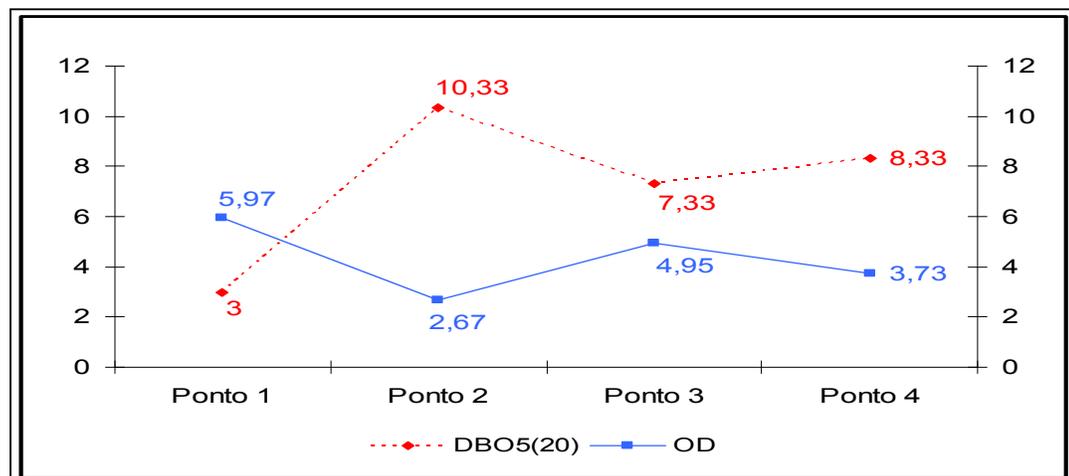
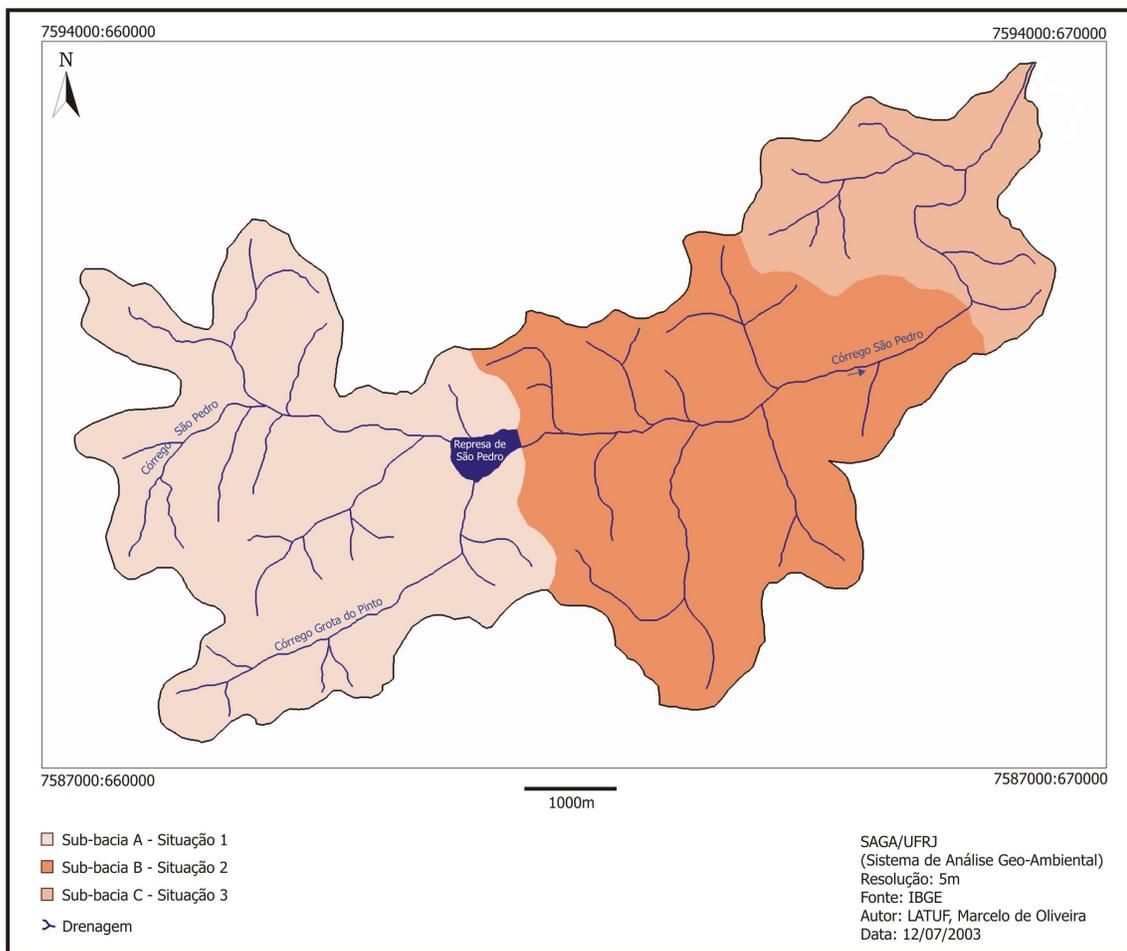


Figura 15 - Teores médios de OD/DBO



**Figura 16** - Espacialização da Qualidade das Águas do córrego São Pedro, por sub-bacias, Juiz de Fora, MG.

## CONCLUSÕES

A qualidade das águas de um determinado manancial é o reflexo que se faz do uso e ocupação do solo da mesma, ou seja, a forma como se usa ou ocupa o solo reflete necessariamente na qualidade e quantidade de água em uma bacia hidrográfica.

O monitoramento da qualidade das águas mostrou-se um instrumento eficaz para diagnósticos ambientais em bacias hidrográficas para fins de gestão e planejamento de ações mitigadoras e/ou de ordenamento territorial. Neste trabalho procurou ater-se no diagnóstico da qualidade das águas do córrego São Pedro, correlacionando parâmetros de qualidade de água e presença de matéria orgânica fecal.

Resultados comprovam uma alta degradação da qualidade das águas superficiais do córrego São Pedro, principalmente relacionadas com o lançamento de efluentes domésticos in natura. Este fato prejudica toda a cadeia ecossistêmica do córrego

além de ser um fator de risco a transmissão de doenças de veiculação hídrica para os habitantes.

O diagnóstico mostra também o não cumprimento aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 e Deliberação Normativa COPAM 010/86 para a Classe 1 no qual a BHCSP foi enquadrada, comprovando o descaso do poder público com a atual situação em que se encontra o córrego São Pedro, diga-se de passagem, um importante manancial para a cidade.

Os teores de coliformes fecais encontrados são extremamente elevados e chegam a 800% superior ao limite estabelecido pelos órgãos anteriormente citados. A recomendação de concentração de bactérias coliformes para a Classe 1 é de 200NMP/100ml e foram registrados teores >160.000NMP/100ml.

Isto comprova o grande volume de efluentes domésticos in natura lançados no córrego São Pedro pela população residente em sua bacia de contribuição, e mais, ocasionam alterações no comportamento de diversos parâmetros analisados, prejudicando diretamente os organismos aquáticos aeróbios, como peixes, por exemplo.

Com relação ao parâmetro de OD também houve o extrapolamento dos limites permissíveis. Segundo a Resolução CONAMA 20/86, o índice de OD é sugerido como o de não inferior a 6mg/l. Mas resultados demonstram que em apenas duas das 12 amostragens realizadas este índice foi atingido, sempre no ponto 1, a represa de São Pedro.

Mas mesmo o córrego sendo castigado pelo lançamento de esgotos domésticos in natura, o mesmo “busca forças para se reerguer” novamente. Para seguir seu curso natural o córrego São Pedro tem que vencer um obstáculo na paisagem, com 157,5m de desnível altimétrico e com uma beleza rara e peculiar, a cachoeira do bairro Vale do Ipê.

Este acentuado desnível altimétrico em um curto trecho, apenas 2km, faz com que os teores de OD melhorem significativamente, ajudando e/ou minimizando os males causados ao mesmo pelo descaso ambiental das autoridades municipais e estaduais.

Na chegada à foz, o córrego registra teores de OD menores do que os encontrados no ponto 3, a cachoeira do Vale do Ipê. Isto prova que neste pequeno trecho, o córrego continua recebendo efluentes domésticos sem qualquer tratamento, o que resulta na degradação da qualidade de suas águas.

Com base nos levantamentos de dados das diversas coletas realizadas, foi elaborada uma avaliação da qualidade das águas superficiais e confeccionado um cartograma temático da real situação do córrego São Pedro. É válido ressaltar que para esta

avaliação foi utilizado como base apenas o parâmetro de OD, pois como citado anteriormente, é um dos parâmetros mais significativos nas análises de qualidade de águas.

Este trabalho ainda poderá ser usado para a realização de ações mitigadoras no córrego São Pedro, seja para ordenamento do uso e ocupação do solo, seja para a instalação de estações de tratamento de esgotos (ETE's) ou ainda para alertar a população residente na área de sua bacia de contribuição sobre os riscos de contaminação por agentes patogênicos e sobre os perigos a que está exposta.

Além de ajudar a preencher uma enorme lacuna bibliográfica sobre o comportamento e distribuição da qualidade das águas do córrego São Pedro, sendo este, um importante manancial para a cidade de Juiz de Fora.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, V. T. B. **Atlas Geográfico Escolar de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2000.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- BENETTI, A. e BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In:--- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia : ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/EDUSP/ABRH, 1993, p. 849-875.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T. et al. **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p.269-300.
- BRANCO, S. M. & ROCHA, A. A. **Poluição, Proteção e usos Múltiplos de represas**. São Paulo: Edgard Blücher/CETESB, 1977.
- CHRISTOFOLLETTI, A. A Análise de Bacias Hidrográficas. In: CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2 ed., 1980, p. 102-127.
- CARMO, L. F. Z. **Avaliação da Autodepuração das Águas do Rio Paraibuna: TRECHO DA ÁREA URBANA DE JUIZ DE FORA/MG**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2003. (Monografia de Bacharelado)
- CESAMA. **Ortofotomosaico**. Escala de 1:20.000, 16/05/2002.
- CESAMA. **Produção de Água de Juiz de Fora**. Site <http://www.cesama.com.br/index2.php>, capturado em 14/07/2003.
- CETESB. **Curso de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo: 1997.
- CHAMPS, J. R. B. **Drenagem Pluvial**. Belo Horizonte: UFMG, 2002. (Notas de Aula).
- CONAMA. **Resolução n.º 20**, de 18 de junho de 1986. D. O. U. 1986.
- COPAM. **Deliberação Normativa n.º 010**, de 16 de dezembro de 1986.
- \_\_\_\_\_. **Deliberação Normativa n.º 016**, de 24 de setembro de 1996.
- FEAM. **Bacia do Rio Paraibuna**. Enquadramento das Águas, Fase 1 - 1995.
- GRANELL-PÉREZ, M. D. **Trabalhar Geografia com as Cartas Topográficas**. Ijuí: Unijuí, 2001.

- GUERRA, A. J. T. et al. **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- IBGE. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Carta topográfica de Juiz de Fora**. SF 23-X-D-IV-1, MI 2681/1. Escala 1:50.000. Restituição aerofotogramétrica de 1965, reimpressão 1981.
- \_\_\_\_\_. **Carta topográfica de Matias Barbosa**. SF 23-X-D-IV-3, MI 2681/3. Escala 1:50.000. Restituição aerofotogramétrica de 1965, reimpressão 1983.
- LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO (LAGEOP). **Manual operacional do Traçador Vetorial**. Rio de Janeiro: LAGEOP, 1999.
- LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO (LAGEOP). **Manual operacional de Montagem**. Rio de Janeiro: LAGEOP, 1999.
- \_\_\_\_\_. **Manual operacional do VistaSaga**. Rio de Janeiro: LAGEOP, 1999.
- LATUF, M. O. et al. **Urbanização e Degradação Ambiental do rio Paraibuna em Juiz de Fora/MG**. Juiz de Fora: UFJF, 2002. ISBN 85-85252-76-6
- \_\_\_\_\_. **Análise dos Riscos a Escorregamentos na Área Urbana da cidade de Juiz de Fora**, MG. João Pessoa: AGB, 2001. ISSN 0103-0884
- LE MOS, R. C. e SANTOS, R. D. **Manual de coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: SBCS, 1996.
- MACHADO, P. J. O. **Uma Proposta de Zoneamento Ambiental Para a Bacia Hidrográfica da Represa de São Pedro – Juiz de Fora/MG**. Presidente Prudente: UNESP, 1998 (Dissertação de Mestrado).
- \_\_\_\_\_. **Urbanização e Degradação Ambiental do rio Paraibuna em Juiz de Fora/MG**. Juiz de Fora: UFJF, 2000. (Notas de Aula).
- \_\_\_\_\_. **As classificações climáticas**. Juiz de Fora: UFJF, 1999. (Notas de Aula).
- MOTA, S. **Introdução À Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- \_\_\_\_\_. **Preservação de recursos Hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1988.
- PINTO, N. S. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher; Rio de Janeiro: Fundação Nacional de Material Escolar, 1976.
- PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: IPPLAN/JF, 1996.
- \_\_\_\_\_. **Restituição Aerofotogramétrica**. Pranchas 87, 92, 98 e 103, escala de 1:2.000, DPU/PJF, 1983.
- ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: do Autor, 2000.
- SILVA, J. M. e SILVEIRA, E. S. **Apresentação de Trabalhos Acadêmicos/Normas e Técnicas**. Juiz de Fora: Juizforana, 2002.
- STEHLING, L. J. **Juiz de Fora a Companhia União e Indústria e os Alemães**. Juiz de Fora: FUNALFA/PFJ, 1979.
- TOLEDO JÚNIOR, A. P. de & KAWAI, H. **Modelo para a Avaliação de Perfil Vertical de Oxigênio Dissolvido na Represa Billings**. São Paulo: CETESB, 1977.
- TUNDISI, J. G. ; BRAGA, B. ; REBOUÇAS, A. C. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.
- TRIBUNA DE MINAS. **Juiz de Fora em dois tempos**. Juiz de Fora: Esdeva Empresa Gráfica Ltda., S/D.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. **Anuário Estatístico de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: CPS/UFJF, 1996.

\_\_\_\_\_. **Dados de precipitação dos meses de Maio, Junho e Julho**. Estação Climatológica Principal de Juiz de Fora. Juiz de Fora: LabCAA/UFJF, 2003.

VERNIER, J. O Meio ambiente. Campinas: Papirus, 1994.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

XAVIER-DA-SILVA, J. **SGIs Uma Proposta Metodológica**. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Rio de Janeiro: LAGEOP, vol. 4, 1992.

\_\_\_\_\_. A digital model of the environment: an effective approach to areal analysis. In: LATIN AMERICAN CONFERENCE, INTERNATIONAL GEOGRAPHIC UNION, 1982, Rio de Janeiro. **Annals** of Latin American Conference, International Geographic Union. Rio de Janeiro: IGU, 1982. v. 1, p. 17 – 22.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1981.