

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIXO RIO DAS VELHAS: EXPERIÊNCIA METODOLÓGICA COM IQA^{CCME}

Laura Bertolino de Souza Lima¹ & Elizêne Veloso Ribeiro²; Antônio Pereira Magalhães Junior³

RESUMO

Tendo em vista a importância do Rio das Velhas como um dos principais afluentes do rio São Francisco em Minas Gerais, este trabalho visa avaliar a qualidade de sua água através da aplicação do IQA elaborado pelo Conselho Canadense para o Meio Ambiente (CCME). Pretende-se verificar a capacidade desse índice refletir o estado físico da água, como contribuição para os estudos de poluição das águas no estado. Para o cálculo da qualidade de água foi utilizado o programa canadense CWQI, que fornece o IQA^{CCME}, sendo analisado comparativamente ao IQA^{NSF}, índice mais adotado dentro dos estados brasileiros. Os dados de qualidade da água foram obtidos a partir de três estações do IGAM, uma no rio São Francisco, à montante do Rio das Velhas, e duas no Rio das Velhas próximo a sua foz, no São Francisco. Selecionou-se 21 parâmetros, amostrados durante 10 anos (de 1998 a 2008). Observou-se que o IQA^{CCME} fornece resultados mais precisos, sendo que no IQA^{NSF} tem uma maior perda de informação. Apesar de grande parte da poluição estar bem diluída no trecho do baixo Rio das Velhas, as águas são particularmente contaminadas por elementos tóxicos, não podendo ser utilizadas indiscriminadamente para qualquer uso.

ABSTRACT

Velhas river is the main tributary of the São Francisco River, in Minas Gerais state. This study aims to evaluate its water quality with the application of Canadian Water Index Quality (CWQI). The research investigated the index ability to reflect the physical state of water as a means of contributing to studies of water pollution in the state. To calculate the water quality was used CWQI Canadian program, which provides the WQI^{CCME}, comparing to the WQI^{NSF}, the index most widely adopted in the Brazilian states. The water quality data were obtained from three seasons of IGAM, one in San Francisco river, upstream of the Velhas river, and two in Velhas River near its mouth, in San Francisco. Twenty one parameters were selected, sampled during 10 years (1998 to 2008) to observe the degree of contamination of its waters by industrial and domestic effluents. The results of CWQI was more accurate than the NSF WQI and it has a greater loss of information. Although in the down Velhas river much of the pollution to are well watered, the waters are particularly contaminated by toxic elements and can not be used indiscriminately for any use.

Palavras-Chave – IQA^{CCME}, Qualidade da água, Rio das Velhas.

¹ Graduanda em Geografia da UFMG, Av. Antônio Carlos, 6.627 Pampulha - 31270-901 Belo Horizonte – MG. E-mail laurasouzalima@yahoo.com.br

² Professora Substituta do IFMG – Campus Ouro Preto, Rua Pandiá Calógeras, 898 - Bauxita - Ouro Preto - MG . E-mail elizenev@yahoo.com.br

³ Professor da UFMG, Av. Antônio Carlos, 6.627 Pampulha - 31270-901 Belo Horizonte – MG. E-mail magalhaesufmg@yahoo.com.br

1 - INTRODUÇÃO

A necessidade de monitorar a qualidade das águas superficiais no Brasil tem sido o foco de muitas discussões dentro das instituições públicas reguladoras voltadas para o meio ambiente, considerando o grande o lançamento de efluentes das atividades humanas nos rios.

É dever do estado monitorar e preservar as águas (que são de uso público), para isso criou-se indicadores que refletissem as condições físicas da água. No caso de Minas Gerais o órgão responsável é o IGAM que utiliza o IQA desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos.

Outros índices foram elaborados, tendo em vista uma maior facilidade de acesso ao cálculo e melhor entendimento dos resultados pela população, bem como pela comunidade científica. Nesse contexto, o Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), desenvolve um programa que possibilita o cálculo do IQA de maneira simplificada e flexível.

Este trabalho tem como objetivo principal aplicar o programa canadense para cálculo de IQA (Índice de Qualidade da Água) e verificar a eficiência da metodologia na classificação da qualidade das águas. Objetiva-se ainda verificar a coerência entre os resultados encontrados do índice calculado pelo programa canadense IQA_{CCME} e o índice oficial IQA_{NSF} do Estado fornecido pelo IGAM.

Os testes serão realizados sobre uma serie de dados de dez anos (1998-2008) em três pontos amostrais no segmento do médio curso da bacia do Rio São Francisco, próximo a foz do rio das Velhas.

2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio das velhas constitui-se uma das principais sub-bacias do Rio São Francisco, drenando uma área 29.173 km², abrangendo 51 municípios e uma população 4,5 milhões de habitantes (IBGE, 2000). O Rio das Velhas (Figura 1) é o maior afluente do São Francisco em Minas Gerais, e, a qualidade da água dessa sub-bacia é fundamental para a própria preservação das águas do Rio São Francisco.

A qualidade da água do rio das velhas é afetada por diferentes processos de uso e ocupação do solo ao longo da bacia, que vão desde intensa ocupação urbana, poluindo o rio através de seus efluentes; mineração, desmatando e inserindo elementos tóxicos; e agricultura, poluição por agrotóxicos. O alto rio das Velhas é a porção com maior densidade populacional, e por isso, é onde se encontram os piores níveis de qualidade da água, no qual o IGAM classifica como Ruim as águas que vão desde Ouro Preto até Santo Hipólito, próximo à Corinto. Depois desse trecho a qualidade do

Velhas torna-se Média até Várzea da Palma, por efeito da diluição, que é um importante processo na variação dos níveis de contaminação na bacia. De acordo com o relatório do IGAM seu trecho final, até a foz no rio São Francisco a qualidade da água torna-se Boa.

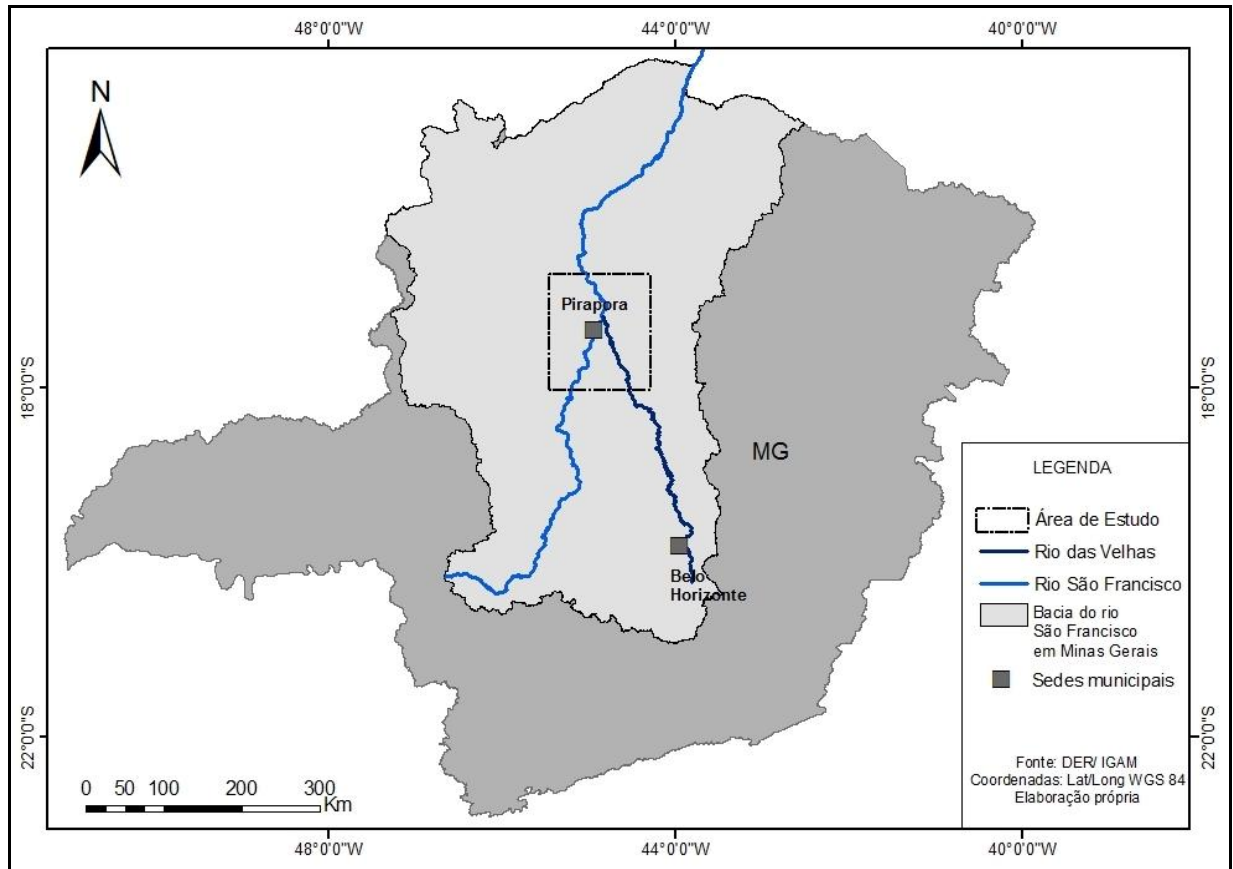


Figura 1 - Localização da área de estudo

A bacia do rio São Francisco abrange 521 municípios em seis estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás; além do Distrito Federal, sendo fundamental pelo volume de água transportada para o semiárido. Com 2.700km, o rio São Francisco nasce na Serra da Canastra, em Minas Gerais, e escoar no sentido Sul-Norte pela Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para o Sudeste, chegando ao Oceano Atlântico na divisa entre Alagoas e Sergipe (ANA, 2011). A área de drenagem ocupa 8% do território nacional e sua cobertura vegetal contempla fragmentos de Cerrado no Alto e Médio, Caatinga no Médio e Submédio e de Mata Atlântica no Alto São Francisco, principalmente nas cabeceiras. A bacia concentra a maior quantidade e diversidade de peixes de água doce da região Nordeste. A vazão natural média anual do rio São Francisco é de 2.850 metros cúbicos por segundo, mas ao longo do ano pode variar entre 1.077m³/s e 5.290m³/s (ANA,2011).

3. METODOLOGIA

Para testar o programa de cálculo de IQA canadense, aplicou-se 10 anos de dados de amostragem medidos em estações convencionais do IGAM, de outubro de 1998 a outubro de 2008, em que anualmente foram registradas 4 medições, uma para cada estação climática. Assim, selecionou-se 21 parâmetros de qualidade da água, amostrados em três pontos: dois no baixo rio das Velhas (BV 148 e BV 149) próximos a sua foz, e um no médio São Francisco (SF 19), à montante do rio das Velhas, na cidade de Pirapora (Figura 2).

A escolha dos pontos BV148, BV149 e SF19 levou em conta a representatividade de sua localização no que se refere à qualidade da água dos rios avaliados. Todos as estações situam-se em áreas onde os rios já sofreram intensas transformações em seus parâmetros de qualidade ambiental, tendo em vista o lançamento de todos os tipos de efluentes agroindústrias e urbanos em águas fluviais em decorrência dos diversos usos do solo que caracterizam a área de estudo.

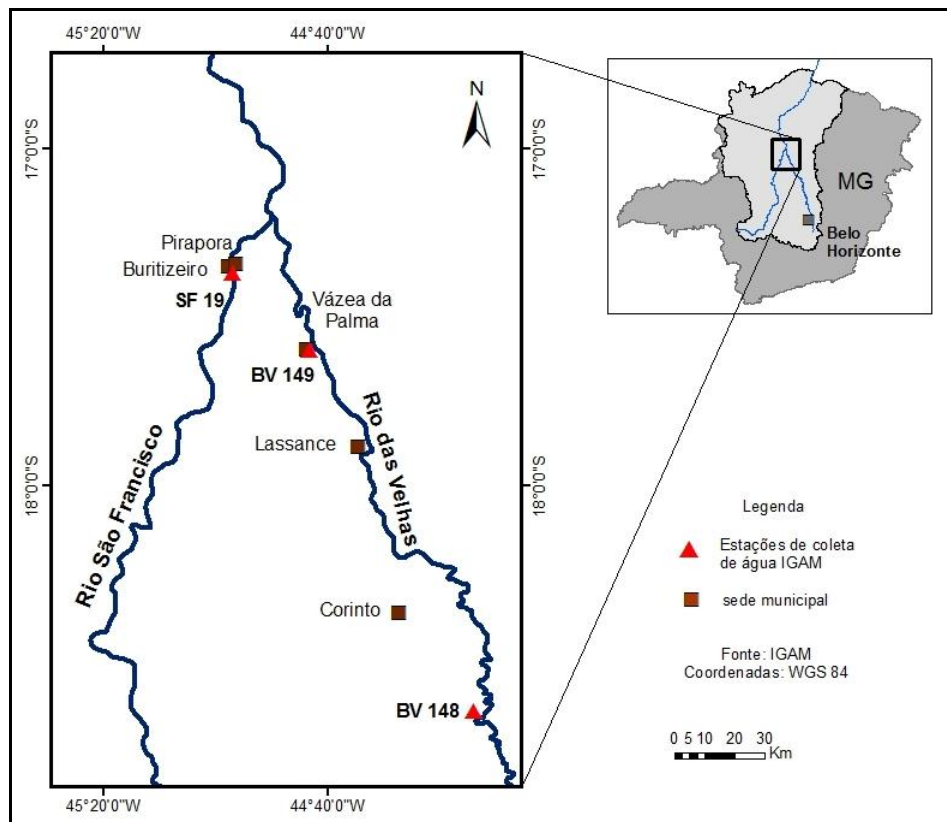


Figura 2 – Mapa das estações de coleta IGAM.

A utilização dessas estações de coleta na sub-bacia do Rio das Velhas a montante da sua Foz no Rio São Francisco permitirá entender a variação da qualidade da água entre o Rio das Velhas e o Rio São Francisco. Vale salientar, ainda, que no Rio das Velhas tem-se um agravante, tendo em vista o supracitado contexto de poluição associado à região metropolitana de Belo Horizonte com seu diversificado parque industrial bem como a grande emissão de esgotos domésticos e deflúvio urbano.

Neste sentido, a comparação da qualidade da água entre o Rio das Velhas e o Rio São Francisco possibilitará entender a contribuição da sub-bacia do Rio das Velhas na alteração da qualidade da água do Rio São Francisco.

Os dados coletados pelas estações foram requisitados ao portal Águas de Minas, enviados em tabelas com todos os parâmetros analisados e limites de acordo com o enquadramento do trecho do rio. Os parâmetros observados foram listados na Tabela 1, que demonstra também os limites estabelecidos pelo CONAMA e adotados pelo IGAM como para a determinação do IQA_{NSF} .

Tabela 1- Parâmetros selecionados para aplicação do IQA_{CCME} .

Variável	Limite DN COPAM / CERH nº 01/2008			Unidade
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	
Classe de Enquadramento				
Temperatura da Água				° C
pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	
Turbidez	40	100	100	UNT
Sólidos Totais				mg / L
Fósforo Total (limites p/ ambiente lótico)	0,1	0,1	0,15	mg / L P
Nitratos	10	10	10	mg / L N
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L O ₂
DBO	3	5	10	mg / L O ₂
Coliformes fecais total				NMP / 100 ml
Bário Total	0,7	0,7	1	mg / L Ba
Cádmio Total	0,001	0,001	0,01	mg / L Cd
Chumbo Total	0,01	0,01	0,033	mg / L Pb
Cobre Dissolvido	0,009	0,009	0,013	mg / L Cu
Cromo Total	0,05	0,05	0,05	mg / L Cr
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	5	mg / L Fe
Manganês Total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn
Níquel Total	0,025	0,025	0,025	mg / L Ni
Zinco Total	0,18	0,18	5	mg / L Zn

No programa elaborado pelo Conselho Canadense para o Meio Ambiente foi inserido os limites de ocorrência estabelecidos pelo CONAMA e posteriormente foi feito a determinação do IQA_{CCME} a partir do processamento das informações selecionadas. Os resultados fornecidos pelo programa canadense foram trabalhados estatisticamente apresentando-se dois quadros com a média do IQA_{CCME} e

IQA_{NSF} para os 10 anos de dados. Elaborou-se também gráficos nos quais é possível observar a variação anual da qualidade da água para ambos IQAs.

Para fins de comparação utilizou-se no IQA_{CCME} os mesmos parâmetros utilizados pelo IGAM no cálculo do IQA_{NSF} (temperatura da água, pH, coliformes, turbidez, sólidos totais dissolvidos, fósforos total, nitratos, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio) juntamente com os elementos que representam os metais pesados nos corpos d'água. Em Minas Gerais os metais pesados em águas fluviais são analisados a partir do índice de *Contaminação por tóxicos*, no qual verifica-se o quanto desses metais ultrapassam o limite de qualidade de acordo com o enquadramento do trecho do rio. Indica 3 níveis de contaminação em relação à concentração do poluente em relação à classe e enquadramento: Baixa concentração < 1,2.P; Média concentração < 1,2. P < concentração < 2.P ; Alta concentração > 2.P , sendo P o limite de classe definido na Deliberação Normativa COPAM nº.10/86 (IGAM, 2006).

4 - ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA: INSTRUMENTO DE MONITORAMENTO E GESTÃO.

A gestão dos recursos hídricos no Brasil inicia-se com o Código das Águas em 1934. Com a Lei 9.433/97, conhecida como “Lei das Águas”, foi incorporado o princípio do uso múltiplo e integrado dos recursos hídricos, contemplando, simultaneamente, aspectos quantitativos e qualitativos de avaliação das águas.

Magalhães Jr (2007, p. 39) destaca que o atual SNGRH tem, entre seus princípios mais difundidos, a descentralização e a participação social em nível de organismos de bacia. Porém, os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) dependem, entre outros fatores, da disponibilidade, da qualidade e da forma de tratamento e utilização de dados em escalas adequadas, ou seja, os CBHs dependem da qualidade informacional dos dados (capacidade de transmitir conhecimento), contexto no qual os indicadores ambientais têm papel estratégico.

A década de 1980 marcou a intensificação dos processos de monitoramento das águas no Brasil, e os modelos de gerenciamento dos recursos hídricos vieram responder à intensificação da degradação da água em quantidade e qualidade, conjugados à pressão social, nacional e internacional. Nesse contexto, os indicadores ganharam importância, já que fornecem informações sobre elementos e fenômenos da realidade. Magalhães Jr (2003, 2007) destaca que os indicadores são informações quantitativas de uma situação pontual ou evolutiva. Não são informações explicativas ou descritivas,

mas pontuais, no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade.

O controle da qualidade da água está condicionado ao conhecimento das fontes de poluição e do planejamento em nível da bacia hidrográfica a partir de um gerenciamento da água, considerando o ciclo de uso. A qualidade da água pode ser monitorada a partir dos diversos componentes que definem suas características físicas, químicas e biológicas. São os parâmetros de qualidade que incluem a determinação da presença de sólidos, gases, substâncias inorgânicas e orgânicas bem como seres vivos.

A grande quantidade de parâmetros analisados em estudos de qualidades incentivou a criação do Índice⁴ de Qualidade da Água (IQA). O IQA foi desenvolvido utilizando-se a técnica Delphi⁵, que consiste em uma pesquisa de opinião a partir da consulta a especialistas quanto aos parâmetros mais relevantes para a análise da qualidade da água. Segundo Magalhães Jr (2003), os IQAs estão entre os indicadores mais conhecidos no mundo.

O primeiro IQA foi proposto por Horton em 1965, mas os mais conhecidos foram desenvolvidos pela agência americana *National Sanitation Foundation*, a partir de 1970. Os vários especialistas da área ambiental auxiliaram no desenvolvimento de um índice que representasse a qualidade da água. São dois os tipos principais de IQAs: o aditivo e o multiplicativo, ambos considerando nove parâmetros e seus respectivos pesos. Portanto na caracterização da qualidade da água, utilizam-se alguns parâmetros que representam suas características, os indicadores da qualidade da água, que representam impurezas quando ultrapassam a certos valores estabelecidos. No Brasil, os IQAs propostos pela NSF passaram a ser adotados por diversos programas estaduais de gestão de recursos hídricos.

Em Minas Gerais, o monitoramento e a avaliação da qualidade da água são executados pelo Instituto de Gestão das Águas de Minas (IGAM), que utiliza o IQA multiplicativo com pesos específicos para cada um dos nove parâmetros representativos: o Oxigênio Dissolvido, Coliformes fecais, Potencial Hidrogeniônico, Demanda Bioquímica de oxigênio, Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez e Sólidos Totais Dissolvidos.

O peso de cada parâmetro resultou das curvas médias representativas da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações. A cada parâmetro foi atribuído um peso, listados na tabela X, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA.

⁴ Um índice relaciona um valor observado a um padrão estabelecido para aquele componente (Unesco, 1984). O índice é um instrumento para reduzir uma grande quantidade de dados a uma forma mais simples, retendo o seu significado essencial. Numa Pirâmide de Informações estão organizados: na base os Dados primários de Monitoramento, sucedido pelos Indicadores e no topo o Índice(Ponderação)(Magalhães Jr, 2007, p. 172-173).

⁵ Anexo A - MAGALHÃES Jr 2007 p. 587-593.

Quadro 1 – Parâmetros utilizados no IQA_{NSF}.

Parâmetro	Peso - w _i
Oxigênio dissolvido - OD (% OD)	0,17
Coliformes Fecais (NMO/ 100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃)	0,10
Fosfatos (mg/L PO ₄)	0,10
Variação na Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	0,08

A partir do peso dos Parâmetros Então o IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros conforme a fórmula:

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

Onde:

IQA – índice de qualidade da água, um número de 0 a 100

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.

O resultado do IQA e expresso em valores do índice agrupados entre 0 e 100, essas faixas de qualidade são especificados na tabela a seguir:

Tabela 2 - Nível de Qualidade.

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	90 < IQA <= 100
Bom	70 < IQA <= 90
Médio	50 < IQA <= 70
Ruim	25 < IQA <= 50
Muito Ruim	00 < IQA <= 25

Fonte: IGAM,2006.

Os níveis de qualidade da água de cada faixa representam as alterações dos parâmetros utilizados no calculo do IQA, desde a qualidade próxima as características naturais até as mais alteradas que podem vir a representa perigo ao equilíbrio ambiental.

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

O IGAM também criou o índice de Contaminação por Tóxicos (CT), um indicador que mede o índice de contaminação das águas em função das concentrações observadas para amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos, nitratos e zinco, de acordo com o limite de classe definido na Deliberação Normativa COPAM nº 10/86; definida em baixa, média e alta.

O monitoramento da qualidade da água permite acompanhar as condições de uso e os padrões de lançamento de efluentes que devem atender aos padrões do corpo receptor, à capacidade de assimilação e diluição (CONAMA, 357). Outro fator importante refere-se às restrições de consumo e condições de potabilidade (PORTARIA, 518). A legislação ambiental e o monitoramento da qualidade da água vêm crescendo nos últimos anos, oportunizando o aprimoramento do sistema de gestão ambiental das águas.

O IQA_{NSF} reflete a realidade ambiental do contexto da elaboração, pode-se observar que pelo peso dos parâmetros percebe-se uma relação direta com as características orgânicas das águas, ressalta-se a utilização desse índice no mapeamento de poluição associada a contaminantes orgânicos associado aos esgotos domésticos urbanos. Uma das fragilidades do IQA_{NSF} está na limitação da avaliação das contaminações por inorgânicos, recorrente nas diversas etapas da mineração e nos processos industriais.

"Interessante também é notar uma certa sobreposição de alguns parâmetros que fornecem informações semelhantes, tais como OD e DBO, turbidez e sólidos totais, e , em muitas circunstâncias, coliformes fecais e sólidos suspensos, respondem em conjunto e em igualdade por 16% do valor a ser atribuído ao curso d'água." (Libânio, 2008:52).

Em oposição ao IQA_{NSF} , O Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) desenvolveu uma metodologia de IQA que permite a avaliação de parâmetros específicos, aliado a integração dos parâmetros inorgânicos. Essa proposta do CCME permite o agrupamento dos parâmetros inorgânicos e a integração da contaminação por tóxicos aos níveis de qualidade.

4.1 - Índice de Qualidade da Água: IQA_{CCME}

O IQA_{CCME} foi desenvolvido pelo Conselho Canadense para o Meio Ambiente (Canadian Council of Ministers of the Environment) e tem como objetivo mensurar a capacidade dos corpos hídricos de sustentar a vida aquática através da síntese dos valores de parâmetros físicos químicos e

biológicos (CCME, 2006). Tal índice avalia a frequência e a extensão com que um dado ultrapassa seus níveis normais de qualidade da água, estabelecidos pelos órgãos do estado que regularizam os padrões ambientais. No Brasil essa regulação fica a cargo do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), determinando os limites fisiológicos, químicos e biológicos que são diferenciados para cada localidade ou região.

Esse índice foi desenvolvido para ser aplicável em diferentes ambientes, por isso observa-se uma flexibilidade quanto ao *período*, *parâmetros* e *área* a serem utilizados pelo pesquisador. Contudo recomenda-se um mínimo de quatro variáveis recolhidos em quatro amostras de períodos diferentes. Seus resultados podem servir para acompanhar as mudanças na água de um local ao longo do tempo ou para se comparar duas áreas distintas. Nesse caso, é ressaltado que o pesquisador deve conferir se os objetivos são coincidentes e que as variáveis comparadas são iguais (CCME, 2006).

De acordo com o CCME (2001a), o IQA_{CCME} é composto por três fatores (F1, F2, F3). O primeiro a ser calculado, é o F1, que é chamado de Alcance, como pode ser observado na equação 1, pois representa a porcentagem de parâmetros que estão em inconformidade com os valores de referência ou critérios de qualidade, ou seja, foram superiores (ou inferiores, quando o objetivo é o mínimo) ao limite estabelecido para dado fim (Menezes, 2008)

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de parâmetros inconformes}}{\text{Número total de parâmetros}} \right) \times 100 \quad (2)$$

O segundo fator, o F2, representa a Frequência com que cada parâmetro analisado, em cada amostra coletada, não atende aos valores de referência. Essa comparação, entre os resultados dos parâmetros com os valores de referência, é denominada “teste”. A Frequência (F2) é calculado através da equação 2:

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de testes em inconformidade}}{\text{Número total de testes}} \right) \times 100 \quad (3)$$

O F3 é o terceiro fator a ser calculado e representa a Amplitude das falhas dos testes, ou seja, refere-se à distância com que cada parâmetro está em relação ao limite de referência. A obtenção do F3 se dá em três momentos: do cálculo das variações, da soma normalizada das variações (nse) e da padronização dessa soma. Designa-se por "variação" o número de vezes em que a concentração de um indivíduo é superior (ou inferior, quando o objetivo é o mínimo) ao limite estabelecido.

O primeiro passo é calcular o número de vezes que a concentração de um parâmetro não atende aos critérios de qualidade ou objetivos definidos. A equação 3 é utilizada nos casos em que o parâmetro não deve exceder o valor de referência e a equação 4 é empregada quando o parâmetro não deve ser inferior ao valor de referência ou objetivo:

$$\text{Variação}_i = \left(\frac{\text{Valor que excede o limite de referência}_i}{\text{Valor de referência}_j} \right) - 1 \quad (4)$$

$$\text{Variação}_i = \left(\frac{\text{Valor de referência}_j}{\text{Valor que excede o limite de referência}_i} \right) - 1 \quad (5)$$

O segundo momento refere-se a soma normalizada dos desvios ou variações ou *nse* (normalized sum of excursions), ou seja, a variável *nse* é calculada somando as variações dos testes individuais e dividindo pelo número total de testes (tanto os que estão em conformidade como os que estão em inconformidade com os valores de referência), como exposto na equação 5:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{variação}_i}{\text{Número de testes}} \quad (6)$$

F_3 é então calculado a partir da padronização da *nse*, em relação aos critérios estabelecidos, em uma escala entre 0 e 100, conforme apresentado na equação 6:

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0,01nse + 0,01} \right) \quad (7)$$

Depois que os fatores são obtidos, o IQA_{CCME} pode ser calculado pela soma dos três fatores.

A soma dos quadrados de cada elemento é, portanto, igual ao quadrado do índice (equação 7). Esta metodologia trata o índice como sendo um vetor no espaço tridimensional, definido por cada um dos fatores.

$$IQA_{CCME} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (8)$$

O divisor 1,732 varia em um intervalo entre 0 e 100, onde 0 representa a "pior" qualidade da água e 100 representa a "melhor" qualidade da água. A constante 1,732 é inserida porque cada um dos três fatores individualmente, pode alcançar no máximo 100 (equação 8):

$$\sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30000} = 173,2 \quad (9)$$

O CCME desenvolveu o programa CWQI (Canadian Water Quality Index) 1.0 Calculator que calcula os valores do IQA_{CCME} . Esta versão, permite ao pesquisador incluir parâmetros, valores de referência e os objetivos específicos (classes de enquadramento) que deseja. Embora o IQA_{CCME} tenha nas águas superficiais sua principal aplicação, ele pode ser empregado para a verificação de águas subterrâneas, já que é possível alterar o *default* do programa (Menezes, 2008).

Quadro 2 : Condições das águas segundo as faixas do IQA_{CCME} .

Categoria	Faixas	Características
Ótima	95,0 a 100,0	A qualidade da água está muito perto das características naturais ou níveis desejados. Estes valores somente são alcançados se praticamente, em todos os parâmetros, todas as medições estiverem em conformidade,
Boa	80,0 a 94,9	A qualidade da água está protegida, porém existe uma pequena ameaça ou algum nível de deterioração foi observado; raramente diferem das condições naturais ou níveis desejáveis.
Regular	65,0 a 79,9	Alguns parâmetros apresentam inconformidade, demonstrando que a qualidade da água está ameaçada ou comprometida; às vezes os valores dos parâmetros se afastam das condições naturais ou níveis desejáveis.
Ruim	45,0 a 64,9	A qualidade da água está freqüentemente sendo ameaçada ou está deteriorada; muitas vezes os valores dos parâmetros se afastam das condições naturais ou níveis desejáveis.
Muito ruim	0,0 a 44,9	A qualidade da água está quase sempre em perigo ou deteriorada; os valores dos parâmetros freqüentemente se afastam das condições naturais ou níveis desejáveis.

Com os resultados obtidos a partir do programa CWQI, o IQA é classificado de acordo com o Quadro 2, que aponta também o significado de cada faixa para a qualidade da água em um corpo d'água.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados fornecidos pelo programa de cálculo de IQA_{CCME} canadense elaborou-se gráficos e tabelas, contendo as médias dos IQA_{CCME} e IQA_{NSF} na série de 10 anos de amostragem. Cada IQA estudado possui uma tabela de classificação de seu índice (Tabelas 3 e 4), fato que foi considerado dentro da análise comparativa.

Tabelas 3 e 4 - Classificação dos níveis de qualidade IQA_{NSF} e IQA_{CCME} .

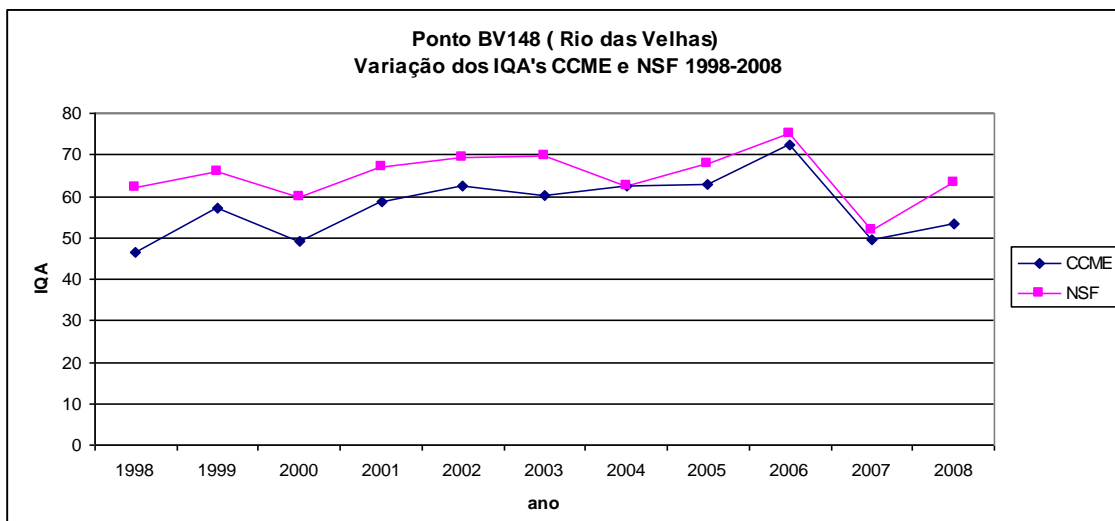
Nível de qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 \leq IQA \leq 25$

Nível de qualidade	Faixa
Ótima	95 a 100
Boa	80 a 94,9
Regular	65 a 79,9
Ruim	45 a 64,9
Muito Ruim	0 a 44,9

As tabelas 3 e 4 indicam a classificação dos IQAs estabelecido pelos órgãos responsáveis pela sua elaboração. Os níveis classificados pelos IQAs indicam uma maior restrição do IQA_{CCME} como pode ser observado comparando os níveis Médio(50 a 70) e Regular (65 a 79,9), assim o IQA Ruim para o conselho canadense é considerando até o índice 64,9 enquanto para o IQA_{NSF} considera Ruim somente até o índice 50. Para comparar os resultados dos IQAs foram elaboradas tabelas comparativas, contendo o valor médio de ambos IQAs por ano.

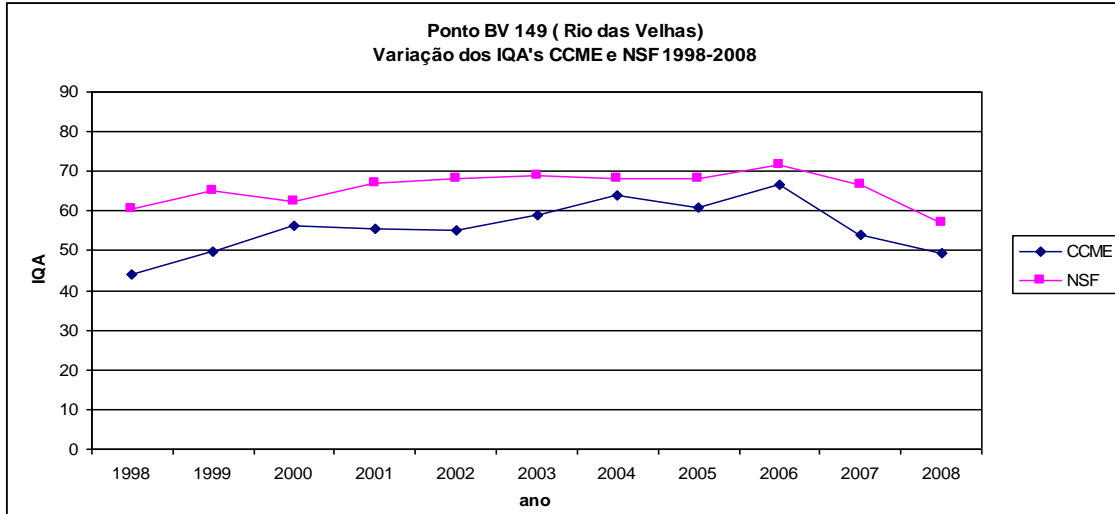
No ponto BV 148, o IQA_{CCME} alcançou em média valores inferiores aos valores aferidos pelo IQA_{NSF} em todos os anos analisados, exceto no ano de 2004, onde a média do primeiro índice foi 63 e do segundo 62 (Gráfico1). De forma geral o crescimento de um IQA foi acompanhado pelo crescimento do outro, contudo destaca-se que entre 2003 e 2005 essa dinâmica foi modificada, em que o IQA_{NSF} apresentou um decréscimo seguido de um crescimento rápido, enquanto o IQA_{CCME} obteve um ligeiro crescimento seguido de uma estagnação e posterior aumento de seus valores.

Gráfico 1: Variação IQA_{CCME} e IQA_{NSF}, ponto BV148.



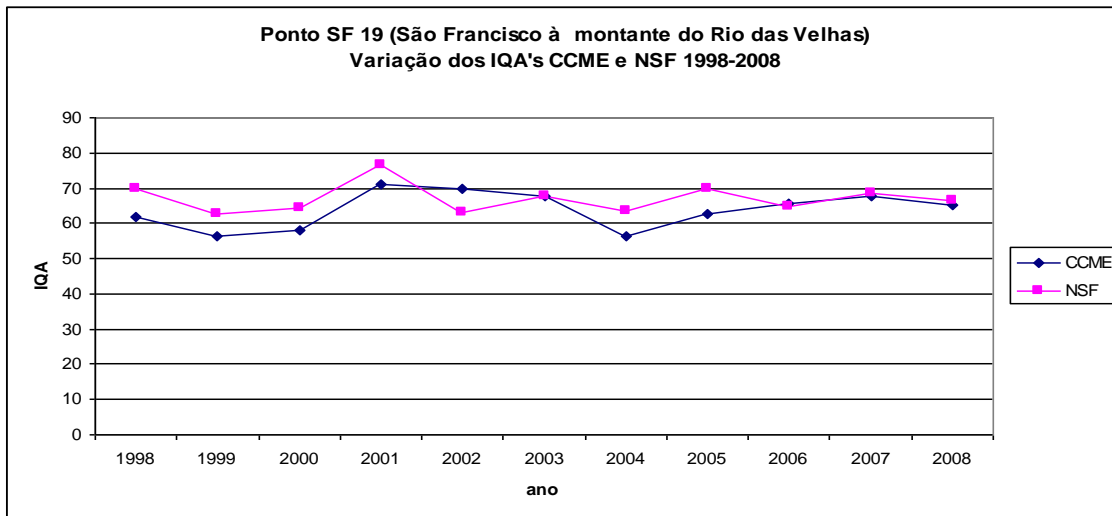
A análise do ponto BV 149 (Gráfico 2) mostra uma oscilação não uniforme de ambos IQAs. A dinâmica de variação dos IQAs ocorreu de maneira divergente, enquanto O IQA_{CCME} apresentava crescimento o IQA_{NSF} se mantinha relativamente constante. Observa-se também que para o IQA_{CCME} as oscilações são mais abruptas que para o IQA_{NSF}.

Gráfico 2: Variação IQA_{CCME} e IQA_{NSF}, ponto BV149.



No Rio São Francisco o IQA da água apresentou índices, em geral, mais elevados se comparado aos pontos do rio das Velhas. Vale ressaltar que a diferença entre o IQA_{NSF} e o IQA_{CCME} diminuiu, aproximando os índices encontrados nesse ponto (Gráfico 3). Nos últimos 3 anos os IQAs apresentam resultados muito semelhantes.

Gráfico 3: Variação IQA_{CCME} e IQA_{NSF}, ponto SF 19.



No SF19 a variação nos índices pode ser relacionada a maior proximidade ao centro urbano, uma fonte de poluição que pode apresentar uma flutuabilidade na quantidade de poluentes que chega aos corpos hídricos.

As tabelas 5 e 6 demonstram a média geral dos dados dos IQAs_{CCME} e IQA_{NSF}. Percebe-se que o IQA canadense apresentou valores baixos, entre as classes Muito Ruim e Ruim para a qualidade da

água. Entretanto, o IQA_{NSF} mostrou que a qualidade da água nos três pontos se manteve na classificação Médio, que significa um grau regular de qualidade.

Tabelas 5 e 6 – Média dos índices de 1998 a 2008 para IQA_{NSF} e IQA_{CCME} .

IQA	Ponto	Índice	Classificação	QA	Ponto	Índice	Classificação
NSF	SF19	66,8	Médio	CCME	SF19	47,2	Ruim
	BV148	65,8	Médio		BV148	19,6	Muito Ruim
	BV149	65,8	Médio		BV149	44,2	Ruim

Para o IQA_{CCME} todos os três pontos obtiveram em média uma qualidade de água abaixo do que pode ser considerado regular. Em média o ponto do Rio São Francisco apresentou relativamente um melhor índice de qualidade em relação o Rio das Velhas. As piores médias do índice de qualidade foram observadas no Rio das Velhas nos dois pontos analisados.

O ponto SF 19, no São Francisco, à montante da confluência com o Rio das Velhas, e o ponto BV 149, no Rio das Velhas próximo a sua foz, foram classificados no intervalo de qualidade Ruim. Destaca-se o ponto BV 148, localizado no rio das Velhas, à montante do ponto BV149 que obteve média classificada em Muito Ruim, condição que pode ser relacionada com o uso do solo a montante.

A tabela 7 apresenta os resultados do ponto BV148, observa-se que, dentro do ano de 2006, o IQA_{CCME} e o IQA_{NSF} atingiram os valores máximos e aproximados, de 73 e 75, respectivamente.

Tabela 7 - IQA por ano BV148.

Ano	IQA		NSF - CCME
	CCME	NSF	
1998	47	62	15
1999	57	66	9
2000	49	60	10
2001	59	67	8
2002	62	70	7
2003	60	70	10
2004	63	62	0
2005	63	68	5
2006	73	75	3
2007	50	52	2
2008	54	63	10

Quanto aos valores mínimos os dois índices diferenciaram-se na comparação anual. O IQA_{CCME} apresentou em 1998 o seu menor índice, 47, enquanto o IQA_{NSF} obteve em 2007 o IQA 52.

Já no ponto BV 149 (Gráfico 2), em 2006 ambos IQAs alcançaram os valores máximos, registrando em média um índice de 67 para o CCME, e 71 para o NSF. Já os valores mínimos, seguiram a mesma tendência do ponto BV 148, em que para o IQA_{CCME} o menor valor (44) foi observado no ano de 1998 e para o IQA_{NSF} o valor mínimo (57) ocorreu em 2007.

Tabela 8: IQA por ano BV149.

Ano	IQA		NSF - CCME
	CCME	NSF	
1998	44	61	17
1999	50	65	16
2000	56	62	6
2001	56	67	12
2002	55	68	13
2003	59	69	10
2004	64	68	4
2005	61	68	7
2006	67	71	5
2007	54	67	13
2008	49	57	8

No ponto SF19, para o IQA_{CCME} o valor máximo ocorreu em 2001, já o valor mínimo ocorreu em 1999. O IQA_{NSF} apresentou seu máximo também em 2001, com o índice 76 e o valor mínimo em 1999.

Tabela 9: IQA por ano SF19.

Ano	IQA		NSF - CCME
	CCME	NSF	
1998	62	70	8
1999	57	63	6
2000	58	65	6
2001	71	76	5
2002	70	63	-7
2003	68	68	0
2004	57	64	7
2005	63	70	7
2006	66	65	-1
2007	68	69	1
2008	65	67	1

Os dados apresentados nas tabelas acima refletem uma diferença evidente entre os dois índices, o IQA_{CCME} predomina com índices de qualidade menor ao longo dos 10 anos em todos os pontos, essa realidade corrobora com uma análise integrada dos dados.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação feita entre o IQA_{NSF} e o IQA_{CCME}, revela como a metodologia de análise dos dados pode construir realidades diferentes. O IQA_{CCME} obteve resultados mais precisos uma vez que seu cálculo busca mensurar a variação relativa dos parâmetros em relação aos limites definidos pelos órgãos ambientais. O IQA_{NSF} se baseia apenas em uma média ponderada, o que pode mascarar a realidade de alguns elementos da água. Outro aspecto, é que o cálculo do IQA_{CCME} possibilita ao pesquisador selecionar os parâmetros mais relevantes, permitindo uma análise direcionada aos objetivos de sua pesquisa e especificidades da área ou tema do estudo. Além disso, o IQA_{NSF} representa uma maior perda de informação das variáveis que o IQA_{CCME}, com resultados mais restritivos para a qualidade da água.

Destaca-se ainda que a de inserção de parâmetros inorgânicos e metais pesados pode ser feita dentro do programa CWQI, agregando ao panorama de contaminação da área de estudo a análise desses elementos, não restringindo a visualização da qualidade da água aos parâmetros associados a poluição orgânica por efluentes domésticos.

7- AGRADECIMENTOS

Aos colaboradores do laboratório de geomorfologia do Instituto de Geociências, UFMG.

8 – REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. A. DE. **Estudo Comparativo entre os Métodos IQANSF e IQACCME na Análise da Qualidade da Água do Rio Cuiabá**. 2007. 94f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2007.

ANA, Agência Nacional das Águas. Bacias hidrográficas. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/SaoFrancisco.aspx#>> Acesso em: 5 jun. 2011.

CBH VELHAS, Comitê De Bacia Rio Das Velhas, A Bacia hidrográfica do rio das Velhas. Disponível em: <<http://www.cbhvelhas.org.br/index.php/more-about-joomla/a-bacia>> Acesso em 2 jun. 2011.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001a, **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0, user's manual**, in Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999, Winnipeg.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001b, **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0, technical report**, in Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999, Winnipeg.

CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment, 2005. Application and testing of the water quality index in atlantic canada report summary. Disponível em: <http://www.ccme.ca/assets/pdf/awi_en_posting.pdf> Acesso em : 2 jun. 2011.

CORREIA, Felipe Obed; ALVES, Jeferson C; GOMES, Suelem Santos; RESENDE, Suzane de Oliveira; SANTOS, Alvaro M. O; MARQUES, Maria Nogueira. Aplicação do IQA-CCME para verificar a conformidade ao enquadramento do rio Japarutuba em Sergipe. **In:** 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química Sociedade Brasileira de Química. Florianópolis. 2011. Anais...SBQ, 2011.

FERREIRA, Luiz Mário; IDE, Carlos Nobuyoshi. Avaliação comparativa da sensibilidade do IQA-NSF, IQASMITH E IQA-HORTON, aplicados ao rio Miranda, MS. **In:** XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001. João Pessoa. Anais...ABES – Trabalhos Técnicos 2001

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Plano Estadual de recursos hídricos de Minas Gerais**. Relatório final. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2006. 238p.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais na sub-bacia do rio das Velhas em 2009**. Relatório anual. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2010. 206p. : mapas

MAGALHÃES Jr., Antônio Pereira. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 688p.

MAGALHÃES Jr., Antônio Pereira. **Os indicadores como instrumentos de apoio à consolidação da gestão participativa da água no Brasil: realidade e perspectivas no contexto dos comitês de bacia hidrográfica**. Orientador: Oscar de Moraes Cordeiro Netto 2003. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal de Brasília, 2003.

MANUELZÃO, Projeto Manuelzão. Bacia do rio das Velhas. Disponível em: <<http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Textos%20educacao/Bacia%20do%20Rio%20das%20Velhas.pdf>> Acesso em: 5 jun. 2011.

MARQUES, M. N; DAUDE, L.F; SOUZA, R.M.G.L; COTRIM, M.E.B; PIRES, M.A.F. Avaliação de um índice dinâmico de qualidade da água para abastecimento um estudo de caso. Exacta, São Paulo, v.5, n.1, p. 47-55, jan/jun2007.

MENEZES, Juliana Magalhães; SOUZA, Manuela de; CRISTO, Vinicius do Nascimento; SILVA Jr, Gerson Cardoso da; PRADO, Rachel Bardy. Aplicação do iqaccme em aquíferos do estado do rio de

Janeiro. **In:** II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste. 2008. Rio de Janeiro. Anais...ABRH,2008.

MENEZES, J.M.; PRADO, R.B.; SILVA JUNIOR, G.C.; FERNANDES, N.F.; LIMA, L.A.; MANSUR, K.L.; MARTINS, A.M.; PIMENTA, T.S.; FREITAS, P.L. Avaliação da Qualidade da Água Superficial e Subterrânea para Irrigação na Bacia Hidrográfica de São Domingos – RJ. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2005. **Anais...** Teresina: ABID, 2005.

MENEZES, J.M.; PRADO, R.B.; SILVA JUNIOR, G.C. DA, MANSUR, K.L.; MARTINS, A.M.; TAVARES, N.S.; PIMENTA, T.S.; PEREZ, D.; LIMA, L.A.DE; PINHEIRO, A.; OLIVEIRA, A.J. DE. Avaliação da Qualidade da Água Superficial e Subterrânea na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos - RJ. In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO PRODETAB AQUÍFEROS. 2006. **Anais....** Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

PRADO, R.B. et al. Parâmetros de qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos – São José de Ubá, RJ. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 2005. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005.

VIOLA, Zenilde G. G; ALMEIDA; Katiane C. B; SCHOR , Heloiza H. R; NONATO, Eliana A. **Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do alto curso do rio das velhas.** Química Nova, *Belo Horizonte* Vol. 30, No. 4, 797-804, 2007.