

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ADAPTAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AVALIAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS IMPACTADOS PELA ATIVIDADE CARBONÍFERA: APLICAÇÃO NA BACIA DO RIO MÃE LUZIA.

T. M. Amboni¹; N. Z. Alexandre²; M. Zanuz¹; & A. S. J. Krebs¹

RESUMO

A atividade carbonífera desenvolvida no sul de Santa Catarina gerou um forte impacto ambiental, sobretudo na qualidade dos recursos hídricos. Em resposta a uma Ação Civil Pública, vários projetos têm sido implementados na região com objetivo de se reverter o atual quadro de degradação. Para avaliar a eficácia destes projetos foi implantado um amplo programa de monitoramento, surgindo, a partir de então, a necessidade de se utilizar metodologias que simplifiquem a forma de divulgação dos dados. Por esta razão, o objetivo deste estudo é adaptar e avaliar uma metodologia de índice de qualidade de água para aplicação em recursos hídricos comprometidos pela atividade de mineração de carvão (IQA_{carvão}). Os parâmetros selecionados para a formulação do índice foram: pH, acidez, sulfatos, ferro total, condutividade elétrica, e as características da estação de coleta. Para cada intervalo de variação obtido em cada parâmetro, atribuíram-se pesos referentes ao grau de poluição. Os pesos foram somados chegando-se a um único valor, que representa uma classe de qualidade: Severamente Impactada, Impactada, Aceitável e Ideal. Para avaliar a metodologia, aplicou-se o índice em doze estações de monitoramento localizadas na sub-bacia do rio Mãe Luzia. Destas, três apresentaram condição *Ideal*, cinco *Impactada* e quatro como *Severamente Impactada*.

Palavras-chaves: Índice de Qualidade. IQA_{carvão}. Rio Mãe Luzia

ABSTRACT

The coal mining activity developed in south of Santa Catarina generated a strong environmental impact, especially in water quality. In response to a Public Civil Action, several projects have been implemented in the region with the target of reversing this environment degradation. The evaluation of the effectiveness of these projects was implemented a monitoring program, because that, became the necessity to use some methodologies that simplify the form of disclosure of data. For this reason, the goal of this study is to adapt and evaluate a methodology for water quality index for application in hydric resources affected by coal mining (IQA_{coal}). The selected parameters for the formulation of the index were: pH, acidity, sulfates, total iron, electrical conductivity, and the characteristics of the monitoring stations. For each range obtained in all of these parameters are assigned weights on the degree of pollution. The weights were sums and developed an only one value that represents a quality class: Severely Impacted, impacted, average and Ideal. To evaluate the methodology was applied the index formulated in twelve monitoring stations located in the sub-basin of the Mãe Luzia river. These three presented with ideal conditions and four and five as Severely Impacted Impacted.

¹ Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC. Rua Pascoal Meller, 73. Bairro Universitário. Cep:88805-380. Criciúma – SC. Fone: (48) 34317613 – Fax (48) 34317650. ctcl@sate.edu.br.

² Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Av. Universitária, 1105. Bairro Universitário CEP: 88806-000. Criciúma – SC. Fone: (48) 34314542 – Fax (48) 34314509. nza@unesc.net.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos superficiais estão sujeitos a diversas fontes de poluição, como por efluentes domésticos, industriais, de culturas agrícolas, efluentes de mineração, dentre outros.

No sul do Estado de Santa Catarina podem ser encontradas estas fontes de poluição, destacando-se o impacto proveniente das práticas de mineração de carvão utilizadas no passado, cuja extração e beneficiamento desconsideravam ações de proteção e prevenção de impactos ao meio ambiente. Com isso a atividade mineira na região gerou aproximadamente 5.300 ha de passivo ambiental, afetando principalmente a qualidade dos recursos hídricos.

Esta situação resultou na Ação Civil nº 93.8000533-4 (Autos Suplementares nº 2000.72.04.002543-9) “que condenou os réus, solidariamente, a apresentarem projetos de recuperação ambiental da região que compõe a Bacia Carbonífera do Sul do Estado” (BRASIL, 2009, p. 3). Desde então, vários projetos de reabilitação de áreas degradadas e de tratamento de drenagem ácida de mina (DAM) têm sido implementados pelo setor carbonífero com objetivo de reverter à situação ambiental.

Como forma de avaliação da eficácia destes projetos, foi criado o Programa de Monitoramento Ambiental dos Recursos Hídricos Superficiais da Bacia Carbonífera. Com objetivo de avaliar a evolução da qualidade das águas das bacias dos rios Araranguá, Tubarão e Urussanga quanto à poluição gerada pelas atividades ligadas à exploração de carvão. Esse programa monitora apenas os indicadores que mais caracterizam essa atividade.

O programa já realizou 20 campanhas em 140 estações de monitoramento, gerando uma grande quantidade de dados analíticos de difícil compreensão e interpretação, quando analisados isoladamente. Esta situação dificulta também a comunicação entre o setor carbonífero e a população que, de modo geral, não tem intimidade com os parâmetros analisados.

Por essa razão, surge a necessidade de uma metodologia eficaz na sistematização e representação dos dados de monitoramento transformando-os numa linguagem simples e acessível, a exemplo de como é realizado nos índices de qualidade de água. Os índices de qualidade ambiental têm a função de agrupar um conjunto de parâmetros, simplificando a interpretação do resultado.

No entanto, os índices de qualidade que são comumente utilizados, foram desenvolvidos para avaliar um conjunto de fontes de poluição, sendo que alguns têm como foco principal a poluição por esgoto doméstico. De acordo com Alexandre; Krebs (1995) alguns parâmetros previstos nesses índices de qualidade são influenciados inversamente por outros relacionados com as atividades ligadas ao setor carbonífero, podendo gerar uma interpretação incompatível com a qualidade dos recursos hídricos monitorados.

Para suprir essa deficiência, buscou-se realizar uma adaptação com base nas metodologias conhecidas, para aplicação em recursos hídricos comprometidos pela atividade de mineração de carvão ($IQA_{\text{carvão}}$). Uma primeira tentativa neste sentido foi proposta por Alexandre (2002).

O presente estudo procurou adequar esta metodologia de forma a aplicá-la aos dados existentes do Programa de Monitoramento Ambiental dos Recursos Hídricos Superficiais da Bacia Carbonífera. Para avaliar se a proposição do $IQA_{\text{carvão}}$ descreve a condição dos recursos hídricos afetados pela mineração, foram selecionados os dados de 14 campanhas em 12 estações de monitoramento localizadas na sub-bacia do rio Mãe Luzia, principal contribuinte da bacia do rio Araranguá.

2. METODOLOGIA

2.1. Coleta de dados

Os dados utilizados na adaptação do índice de qualidade da água para aplicação em recursos hídricos comprometidos pela atividade de mineração de carvão ($IQA_{\text{carvão}}$) foram obtidos junto à Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC).

Os resultados analíticos e medidas de vazão são provenientes de 20 campanhas do Projeto de Monitoramento dos Indicadores Ambientais realizadas entre os anos de 2002 e 2009.

Nos trabalhos de campo, que desde 2002 ocorrem semestralmente, foram coletadas amostras para posterior análise físico-química e realizadas medições de vazão com o auxílio de molinete (marca Gurley) em 140 estações de amostragens, abrangendo as bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão.

Previamente à adoção da metodologia de aplicação do índice, fez-se uma revisão dos dados do Projeto de Monitoramento dos Indicadores Ambientais, nesta verificação constatou-se que nem todas as campanhas contemplaram todos os dados necessários à execução do presente trabalho. Desta forma, foram selecionadas 14 campanhas, descartando as campanhas de número 01, 02, 03, 09, 10 e 11.

2.2. Área de Estudo

Para avaliar a aplicação do $IQA_{\text{carvão}}$ selecionou-se a sub-bacia do rio Mãe Luzia, principal contribuinte da bacia do rio Araranguá, como área de estudo. A Figura 1 representa a área da bacia do rio Araranguá, destacando as áreas de drenagem dos seus principais constituintes. Entre os rios que afluem, para esta sub-bacia destacam-se o Dória, Pio, Fiorita, São Bento ou Guarapari, Sangão e Manuel Alves.

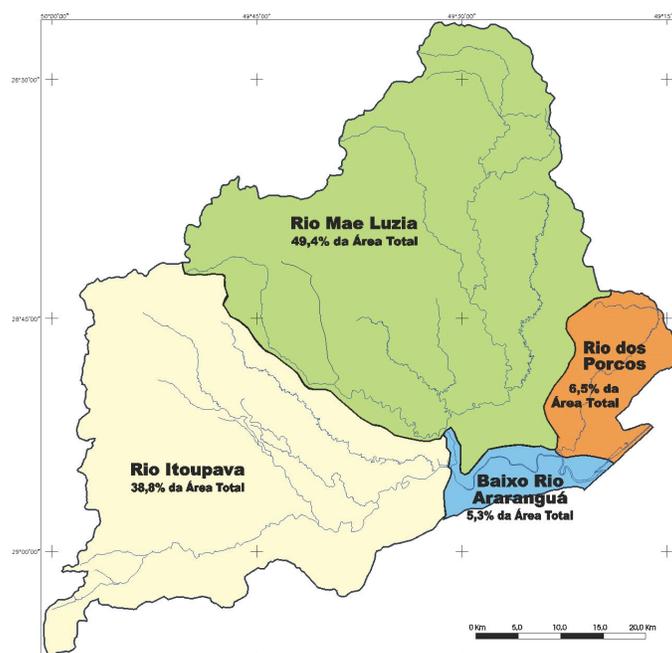


Figura 1: Bacia hidrográfica do rio Araranguá destacando as áreas de drenagem dos principais formadores. Em verde encontra-se destacada a área de estudo. Fonte: (Alexandre, 2002)

2.3. Estações de Monitoramento

As estações de monitoramento do presente estudo foram selecionadas pela sua representatividade na sub-bacia do rio Mãe Luzia. Estas estações apresentam dados históricos de qualidade diferenciados, ou seja, se apresentam com diferentes níveis de qualidade da água. As coordenadas destes pontos extraídas do reposicionamento nas ortofotos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de monitoramento analisados.

Estações de Monitoramento	Rio	Coordenadas	
		Leste	Norte
AR-001	Mãe Luzia	649505	6850272
AR-007	Mãe Luzia	650647	6843584
AR-009	Pio	650421	6842681
AR-023	Rio Fiorita	651008	6835672
AR-026	Mãe Luzia	649035	6835135
AR-027	Fiorita	649150	6835097
AR-028	Mãe Luzia	647653	6829586
AR-083	Mãe Luzia	648917	6819065

Estações de Monitoramento	Rio	Coordenadas	
		Leste	Norte
AR-085	Sangão	652305	6810378
AR-086	Mãe Luzia	650638	6808228
AR-091	Manoel Alves	638353	6807710
AR-092	Rio Guarapari	647036	6820625

2.4. Seleção dos parâmetros

Os parâmetros que compõe o índice foram selecionados entre os disponíveis no projeto de monitoramento e refletem o estado de degradação dos recursos hídricos em função das atividades ligadas à mineração de carvão.

Os parâmetros utilizados como indicadores de qualidade, o limite detectável pelo método analítico e o método de análise encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros selecionados para a aplicação do $IQA_{\text{carvão}}$, limite de detecção e método de análise.

Parâmetro	Mínimo Detectável	Método Analítico
pH (23°C)	0,1	Potenciométrico
Acidez (mg.CaCO ₃ .L ⁻¹)	1	Titulométrico
Condutividade (µS.cm ⁻¹ 23°C)	0,001	Condutivimétrico
Sulfato (mg.L ⁻¹)	0,1	Espectofotométrico ou Turbidimétrico
Ferro total (mg.L ⁻¹)	0,02	Espectrometria de absorção atômica

Além dos parâmetros físico-químicos selecionados, consideraram-se também as principais informações observadas visualmente nas estações de monitoramento no instante da coleta. Neste caso eram registradas nas fichas de coleta informações sobre a coloração do sedimento, regime de escoamento, condições da área de domínio da mata ciliar, entre outras.

2.5. Desenvolvimento do índice

No desenvolvimento proposto por Alexandre (2002), foram atribuídos pesos aos parâmetros, sendo que esses valores (pesos) são inversamente proporcionais à qualidade da água (Tabela 3). Assim, espera-se que quanto maior o valor obtido na composição do índice, pior será a qualidade da água.

Tabela 3: Estrutura do Índice de Qualidade da Água para áreas de mineração de carvão – IQA_{carvão}.

Parâmetros	0	1	2	3
pH	9,0 - 6,5	6,4 - 5,5	5,4 - 4,5	4,4 - 0
Ferro total (mg.L ⁻¹)	0 - 0,3	0,31 - 3,5	3,6 - 10	10,1 - ∞
Sulfatos (mg.L ⁻¹)	0 - 250	250,1 - 350	350,1 - 500	500,1 - ∞
Condutividade (mS.cm ⁻¹)	0 - 200	200,1 - 800	800,1 - 1600	1600,1 - ∞
Acidez total (mg.L ⁻¹)	0 - 10	10,1 - 50	50,1 - 150	150,1 - ∞
Aspecto visual	Água, sedimento, margens e mata ciliar com aspectos naturais.	Água com coloração alterada, sem presença de óxido de ferro e com mata ciliar preservada.	Água com coloração alterada, com presença de óxido de ferro e mata ciliar comprometida.	Água com coloração alterada, presença de óxido de ferro, com rejeitos nas margens e sem mata ciliar.

Fonte: Adaptado de Alexandre (2002).

A adaptação do índice proposto pela autora para aplicação aos dados do projeto de monitoramento dos recursos hídricos superficiais (BRASIL, 2009) ocorreu em dois pontos: a) substituição dos dados de sólidos totais pelos valores de condutividade; b) maior detalhamento às observações realizadas em campo pela equipe de coleta.

De acordo com Alexandre (2002) as metodologias de monitoramento que fazem uso de índices têm como função facilitar o entendimento sobre a condição de qualidade do ambiente. No caso da metodologia proposta para as áreas de mineração, a autora sugere a adoção de quatro classes ou níveis de qualidade dos rios quanto ao seu comprometimento pelas atividades de mineração de carvão.

Severamente Impactado: rios e drenagens com qualidade totalmente comprometida por efluentes ácidos, sem condição de povoação da fauna aquática;

Impactado: rios e drenagens com qualidade comprometida por efluentes ácidos, podendo representar estágio da recuperação ou início de degradação;

Aceitável: rios e drenagens com interferência de efluentes ácidos, porém, reflete a condição natural de alguns parâmetros;

Ideal: rios e drenagens sem influência de efluentes ácidos, cujos parâmetros analisados atendem o valor estabelecido para rios Classe 2 da resolução CONAMA 357/05.

Para obtenção do IQA_{carvão} somam-se os pesos atribuídos para cada parâmetro analisado em cada estação de monitoramento. Os valores obtidos a partir de então, são confrontados com o disposto na Tabela 4.

Tabela 4: Soma dos pesos atribuídos aos parâmetros indicadores de poluição por atividades ligadas à mineração de carvão.

Classe	Soma dos pesos
Severamente Impactado	11 a 18
Impactado	6 a 10
Aceitável	3 a 5
Ideal	0 a 2

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A metodologia proposta para adaptação do índice de qualidade de água para aplicação em recursos hídricos comprometidos pela atividade de mineração de carvão ($IQA_{\text{carvão}}$) considera alguns dos parâmetros que são utilizados comumente para representar a poluição hídrica por atividades ligadas à exploração ou beneficiamento de carvão. Assim, as condições indicadas pelo $IQA_{\text{carvão}}$ se referem exclusivamente à condição do curso de água avaliado com relação ao grau de comprometimento relacionado a esta atividade.

O índice proposto pretende também avaliar a melhora ou a piora na qualidade da água com relação à poluição do carvão.

3.1. Estação de Monitoramento AR001

Por localizar-se à montante das áreas sob influência das atividades de mineração de carvão, esta estação foi selecionada para servir como ponto de controle da sub-bacia do rio Mãe Luzia.

Submetendo-se os dados à aplicação do índice de qualidade de água modificado para o carvão, os resultados indicaram condição Ideal para as 14 campanhas de monitoramento consideradas no presente estudo, demonstrando que a metodologia proposta é aplicável para esta situação.

3.2. Estação de Monitoramento AR007

Neste local o rio Mãe Luzia recebe contribuições de drenagens de bocas de minas abandonadas e lixiviação de depósito de rejeito e estéril de minas a céu aberto. O rio neste trecho foi classificado como Severamente Impactado até a campanha realizada em setembro/2006, passando a uma condição melhor, como Impactado, a partir da campanha realizada em março de 2007.

Observa-se que o IQAcarvão registrou a melhoria da qualidade da água na estação AR007, passando de Severamente Impactado por atividades ligadas à exploração do carvão para impactado. O motivo desta melhora deve-se à construção de um canal de captação de águas infiltradas a partir do depósito de rejeito da Carbonífera Metropolitana.

Também neste período entrou em operação definitivamente a estação de tratamento de drenagem ácida (ETDAM), cujo ponto de lançamento no rio Mãe Luzia posiciona-se à montante do local de coleta. “A vazão de tratamento desta estação é de aproximadamente 240 m³/h” (BRASIL, 2009, p. 112). Convém lembrar que ainda se encontram a montante desta estação de monitoramento, áreas de mineração de carvão a céu aberto, deposição de rejeito e bocas de mina com drenagem ácida que contribuem para a estação de monitoramento do AR007.

3.3. Estação de Monitoramento AR009

Localizado na foz do rio Pio, este ponto recebe contribuição de antigas áreas de mineração de carvão a céu aberto. A condição registrada neste ponto pelo IQA_{carvão}, aponta uma melhora na qualidade da água, que se deve a pequenas intervenções de reabilitação ambiental executados nessa sub-bacia e também em função do plantio de espécies mesmo que exóticas, como eucalipto, por parte de agricultores locais.

Estas medidas reduziram a contaminação no escoamento superficial, ou seja, a área de contato da água de chuva com o estéril foi reduzida. Estas medidas tiveram início em 2003, exatamente quando se observou melhora na qualidade da água.

A condição Aceitável registrada em março de 2007 está associada, provavelmente, à diluição dos poluentes devido ao aumento da vazão no ponto de coleta.

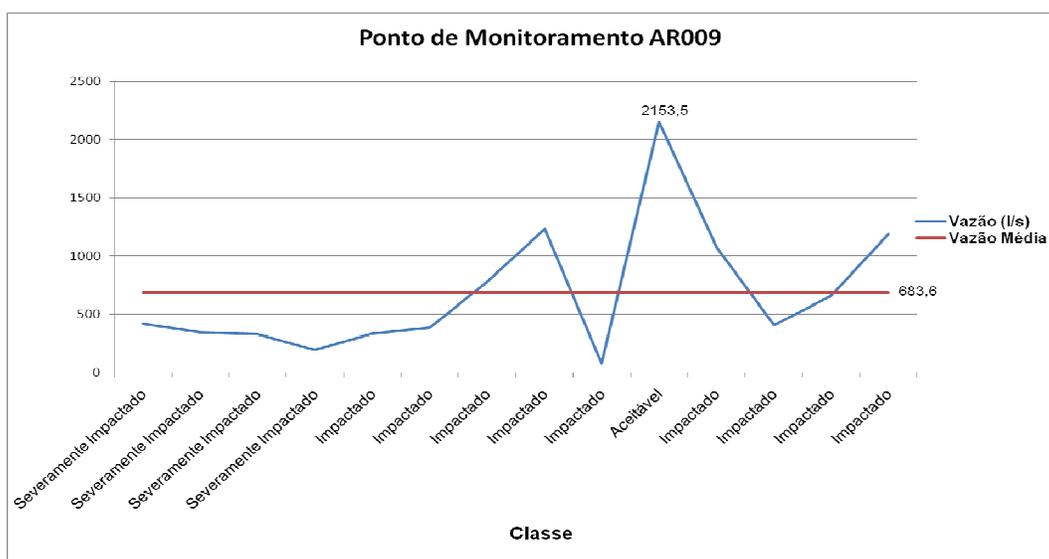


Figura 2: Dados de vazão e evolução temporal da qualidade da água no rio do Pio, Estação AR009.

3.4. Estação de Monitoramento AR023

Estação localizada no leito do rio Fiorita, à montante da confluência com a lagoa formada a partir da cava de mineração a céu aberto, conhecida como Língua do Dragão. À montante deste ponto localizam-se antigas áreas de mineração a céu aberto, algumas em processo de reabilitação ambiental; áreas de deposição de rejeito, minas de subsolo desativadas e em atividade.

A qualidade da água nesta estação até o mês de março de 2005 apresentava a condição de Severamente Impactado com os trabalhos de reabilitação ambiental realizados nas áreas Malha II Leste e Malha II Oeste, houve uma melhora nos recursos hídricos dessa sub-bacia, passando para condição de Impactada.

Também o efluente de subsolo da Mina do Trevo contribuía para o comprometimento destas águas, pois o mesmo era direcionado para a uma planta de beneficiamento, posicionada à montante da lagoa Língua do Dragão. Após o fechamento da Mina do Trevo em 2006, esta contribuição deixou de existir.

Outras empresas do setor carbonífero que atuam nesta sub-bacia também realizaram modificações em suas atividades, contribuindo para a melhoria da água neste ponto de coleta.

Observa-se uma melhoria na qualidade da água a partir da campanha de outubro de 2005, retornando a condição de Severamente Impactado em setembro de 2006. Essa piora ocorreu, provavelmente, devido ao baixo índice de precipitação pluviométrica naquele mês, apenas 13,7mm (BRASIL, 2009), o que fez com que a vazão registrada (Figura 3) fosse a menor das 14 campanhas consideradas neste estudo (156,5 l/s quando a média entre as 14 campanhas foi de 539,2 l/s).

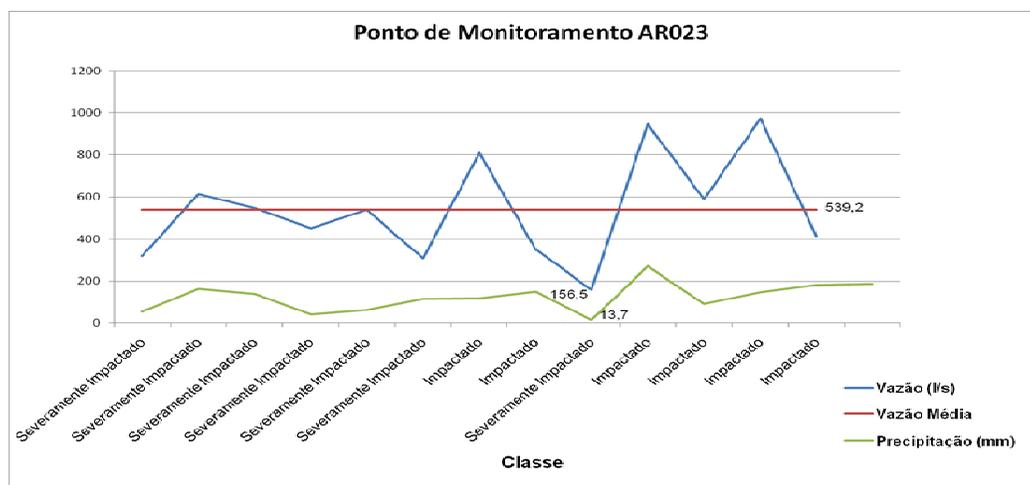


Figura 3: Dados de vazão, precipitação pluviométrica e evolução temporal da qualidade da água na Estação AR023.

Esta redução na vazão proporcionou um aumento na concentração dos parâmetros analisados, alterando a condição de Impactado para Severamente Impactado.

Outro fator que pode ter contribuído para piorar a qualidade da água neste período (2006) pode estar relacionada a um incremento nas atividades de lavra das pilhas de rejeitos carbonosos ricos em pirita, realizados pelas empresas que atuam na área.

3.5. Estação de Monitoramento AR026

O Rio Mãe Luzia, neste ponto, não apresentou condição uniforme ao longo do tempo, ora se comportando como Impactado, ora como Severamente Impactado.

Esta variação ocorre provavelmente devido à oscilação da vazão. Com maior quantidade de água no canal, ocorre diluição dos poluentes, refletindo numa melhor condição do índice de qualidade.

Na área de contribuição deste ponto foram recentemente realizados trabalhos de recuperação ambiental pelas carboníferas, como por exemplo a área do rio Morozini, área da Volta Redonda e Cantão. Espera-se que, devido a esses trabalhos de recuperação, haja uma melhoria na qualidade da água neste trecho do rio Mãe Luzia.

3.6. Estação de Monitoramento AR027

Localizado na foz do rio Fiorita, todas as campanhas analisadas neste ponto apresentaram a classificação Severamente Impactada.

Os projetos de recuperação ambiental realizados à montante deste ponto e que influenciaram na condição observada na estação AR023, não foram suficientes para implicar em melhoria na qualidade da água na foz do rio Fiorita. É provável que a má qualidade da água que drena da Língua do Dragão é a causa desta condição na estação AR027.

3.7. Estação de Monitoramento AR028

A estação localizada no rio Mãe Luzia, no município de Nova Veneza, reflete a condição observada na foz do rio Fiorita, ou seja, a situação Severamente Impactada na estação AR027 se estende ao rio Mãe Luzia até Nova Veneza.

Portanto, pode se afirmar que o rio Mãe Luzia tem sua condição de qualidade impactada pela condição do rio Fiorita, sendo que este, por sua vez, tem sua situação agravada após a contribuição da Língua do Dragão.

3.8. Estação de Monitoramento AR092

Ponto de monitoramento localizado na foz do rio Guarapari, no município de Forquilha, a condição detectada em 12 campanhas foi ideal, em apenas duas campanhas foi constatada a classe Aceitável. A qualidade desta água contribui na diluição de poluentes no rio Mãe Luzia.

Este rio é o mesmo onde foi construída a barragem do rio São Bento, que serve como ponto de captação para abastecimento de Criciúma e região. Nesta sub-bacia não existe áreas impactadas pela atividade de mineração de carvão.

3.9. Estação de Monitoramento AR083

O rio Mãe Luzia, neste trecho, tem uma melhora na classificação devido à diluição provocada pela água do rio São Bento ou Guarapari.

Nas campanhas realizadas no ano de 2003 a condição da água nesta estação variou entre Severamente Impactada e Impacta. Em 10 campanhas realizadas entre junho de 2003 e março de 2009, passou-se a registrar a condição Impactada nesta estação, denotando uma melhora na qualidade da água. Esta situação coincide com o enchimento do lago da barragem do rio São Bento, afluente do rio Guarapari, quando se passou a ter uma vazão melhor regularizada neste rio, o que possibilita maior diluição dos parâmetros que representam a poluição por carvão.

3.10. Estação de Monitoramento AR085

A condição de qualidade da água registrada em todas as campanhas de monitoramento na estação localizada nas proximidades da foz do rio Sangão é de Severamente Impactado.

Nesta sub-bacia concentram-se extensas áreas de deposição de rejeito de beneficiamento e centenas de antigas bocas de minas de subsolo com drenagem ácida. Pode-se dizer que esta sub-bacia necessita de ações mais efetivas de reabilitação ambiental.

Vários autores se referem ao rio Sangão como o mais poluído da bacia Carbonífera de Santa Catarina, constituindo-se na principal fonte de contaminação relacionada às atividades do setor carbonífero contribuinte para o rio Araranguá (BRASIL, 2008).

3.11. Estação de Monitoramento AR086

A estação de monitoramento localizada no rio Mãe Luzia, a jusante do Rio Sangão, registra pior condição na qualidade da água em relação ao ponto AR083, localizado no rio Mãe Luzia à montante do Sangão.

A condição em 14 campanhas de monitoramento realizadas entre janeiro de 2003 e março de 2009 acusa classe Severamente Impactado, refletindo o impacto das águas do rio Sangão na qualidade das águas do baixo rio Mãe Luzia.

3.12. Estação de Monitoramento AR091

O rio Manuel Alves não recebe contribuição de efluentes e drenagens oriundas de áreas impactadas pela mineração de carvão. A condição em 13 campanhas de monitoramento foi Ideal, em apenas uma campanha foi Aceitável.

Este rio, assim como o rio Itoupava, é de grande importância para a diluição de poluentes típicos da mineração de carvão que chegam ao rio Araranguá através do rio Mãe Luzia.

3.13. Panorama geral da bacia

Com a aplicação do índice de qualidade da água modificado para áreas de mineração de carvão em 12 estações de monitoramento da qualidade da água localizadas no rio Mãe Luzia e afluentes, é possível destacar os pontos mais impactados quanto aos parâmetros representativos da poluição por atividades de mineração de carvão.

Com o intuito de representar a situação atual da bacia, calcularam-se as médias das últimas cinco campanhas, aplicando o $IQA_{\text{carvão}}$ nesses valores. Os resultados encontram-se na Figura 4.

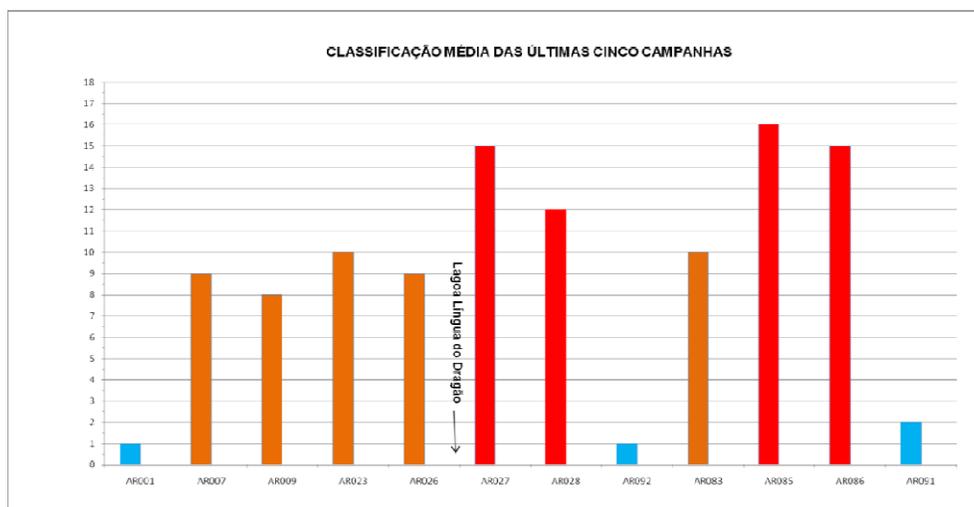


Figura 4: Condição de qualidade da água em 12 estações de monitoramento localizadas no rio Mãe Luzia e principais afluentes quanto ao índice de qualidade da água modificado para aplicação em áreas de mineração de carvão.

A condição obtida no rio Mãe Luzia no ponto de controle foi Ideal, refletindo a qualidade esperada para esta estação. Ao receber contribuições provenientes de área degradadas no município

de Treviso, o rio Mãe Luzia tem sua condição de qualidade alterada para Impactado, mantendo-se assim até a confluência com o rio Fiorita.

Na sub-bacia do rio Fiorita foram analisados dois pontos de monitoramento: a montante da contribuição da lagoa Língua do Dragão onde apresenta-se como Impactada; e a jusante do Campo Vila Funil e após receber a drenagem da Língua do Dragão, onde o rio Fiorita assume a condição de Severamente Impactada.

Após a contribuição do rio Fiorita, a qualidade do rio Mãe Luzia passa para Severamente Impactado, permanecendo nesta condição até a confluência com o rio Guarapari, que por ter águas de boa qualidade, contribui para a diluição dos poluentes. Após o rio Guarapari o rio Mãe Luzia assume a condição de Impactado.

O rio Sangão contribui com elevada carga de acidez, piorando a condição do rio Mãe Luzia após a sua confluência. Tanto o rio Sangão como o Mãe Luzia a jusante deste, se apresentam com condição Severamente Impactado.

O rio Manuel Alves não recebe contribuição de efluentes ácidos da mineração de carvão, apresentando-se como condição Ideal com relação aos parâmetros representativos da poluição por atividades de mineração de carvão.

A leitura da Figura 4 mostra que os pontos mais críticos na bacia do rio Mãe Luzia, posicionam-se à jusante das sub-bacias dos rios Fiorita e Sangão localizadas, respectivamente, no médio e baixo curso do rio Mãe Luzia.

Em contrapartida constatou-se que o rio Guarapari e Manuel Alves contribuem efetivamente para melhoria da qualidade da água do rio Mãe Luzia, sendo que a metodologia de índice de qualidade da água proposta aponta esta situação.

4. CONCLUSÃO

A adaptação do índice de qualidade de água com o objetivo de avaliar o impacto da mineração de carvão nos recursos hídricos se mostrou como um instrumento complementar na avaliação da eficácia dos trabalhos de reabilitação ambiental, que vem sendo implementados na Região Carbonífera de Santa Catarina.

Os resultados de análises físico-química oriundos dos trabalhos de monitoramento, geralmente apresentam oscilações dos parâmetros avaliados entre as campanhas, dificultando a constatação de melhorias na qualidade dos recursos hídricos. O agrupamento dos parâmetros no $IQA_{(carvão)}$ diminuiu estas variações, facilitando as interpretações dos dados analíticos e transformando-os em informações simplificadas.

Com os resultados obtidos, foi possível analisar os pontos críticos da bacia, os locais de melhora ou de piora da qualidade dos recursos hídricos de forma mais clara e objetiva, quando comparado com as avaliações realizadas isoladamente para cada parâmetro. Quando se analisa o resultado do IQA_{carvão} numa escala temporal, é possível avaliar a evolução ou involução da qualidade da água em cada estação de monitoramento.

Para verificar se o IQA_{carvão} poderá ser adotado com finalidade de apontar os pontos mais críticos de determinado curso d'água, a metodologia foi aplicada com a média dos resultados das cinco últimas campanhas, correspondentes há dois anos e meio de monitoramento. O resultado evidenciou a influência dos rios Fiorita e Sangão na piora da condição do rio Mãe Luzia, assim como a melhora que este rio apresenta após a contribuição dos rios Guarapari e Manoel Alves.

Ficou evidente também o IQA_{carvão} apresentou sensibilidade para refletir que em locais onde se implementaram trabalhos de reabilitação ambiental ou intervenções para reduzir a geração de drenagens ácidas, como nos pontos AR-009 e AR-023, a qualidade dos recursos hídricos melhoraram.

Com base nos resultados conclui-se que é possível o desenvolvimento de um índice de qualidade de água que represente a graduação da contaminação de recursos hídricos impactados por atividades de mineração de carvão.

Recomenda-se também avaliar a possibilidade de inclusão de outros parâmetros representativos do impacto destas atividades, como é o caso do manganês e alumínio. Contudo, ressalta-se que a estrutura ideal de um índice de qualidade é aquela que consegue descrever determinada situação de forma rápida e econômica.

Para ampliar a discussão sobre a metodologia do IQA_{carvão}, propõe-se a aplicação nos 140 pontos de monitoramento distribuídos nas bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALEXANDRE, Nadja Zim. Proposta de metodologia simplificada para investigar a contaminação dos recursos hídricos pela mineração de carvão: estudo de caso, sub-bacia do Rio Mãe Luzia. Revista de Tecnologia e Ambiente. Criciúma: UNESC, v.8; n.1, 2002. p 49-61.

ALEXANDRE, Nadja Zim; KREBS, Antônio Silvio Jornada. – Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma, SC. Relatório Final. PROGESC – Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina (Série Recursos Hídricos, v. 6) CPRM, 1995, Porto Alegre, RS.

BRASIL. Justiça Federal. 1ª Vara Federal de Criciúma, SC. Processo nº 2000.72.04.002543-9. Autor: Ministério Público Federal. Réu: Nova Próspera Mineração S.A. e outros. Recuperação dos passivos ambientais decorrentes da mineração de carvão no sul do Estado de Santa Catarina. Terceiro relatório de monitoramento dos indicadores ambientais. Criciúma, set. 2009. 256 p.

_____. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.