

# RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ - SC: DISPONIBILIDADE E CONFLITOS

Antonio Sílvio Jornada Krebs<sup>1</sup> & Nadja Zim Alexandre<sup>2</sup>

**Resumo** - A Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, situada no extremo-sudeste do estado, vem sofrendo as conseqüências do acelerado crescimento econômico em seu território. Este crescimento não se fez acompanhar de um planejamento adequado, o que tem resultado em um grande comprometimento de seus recursos naturais, especialmente dos recursos hídricos. Com o desenvolvimento urbano-industrial de alguns municípios da bacia, sobretudo do município de Criciúma, a região tornou-se um importante pólo de desenvolvimento do estado. Nas regiões industrializadas, de exploração mineral e de concentração populacional, existe a degradação dos recursos hídricos estabelecendo conflitos com aqueles usuários que demandam condições qualitativas melhores. Esta situação é atualmente verificada na região Criciúma. A bacia do rio Araranguá é um dos pontos considerados críticos no estado em relação à disponibilidade hídrica e à qualidade das águas, sendo que nessa bacia 2/3 dos seus rios encontram-se poluídos. Este trabalho visa fornecer uma contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos desta região, no que se refere a suas disponibilidades quantitativas e qualitativas, riscos de contaminação e conflitos de uso, uma vez que dispositivos legais estadual e federal recomendam a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, enfocando seus aspectos qualitativos e quantitativos.

**Palavras-chave** - Recursos Hídricos, Poluição da Água, Disponibilidade

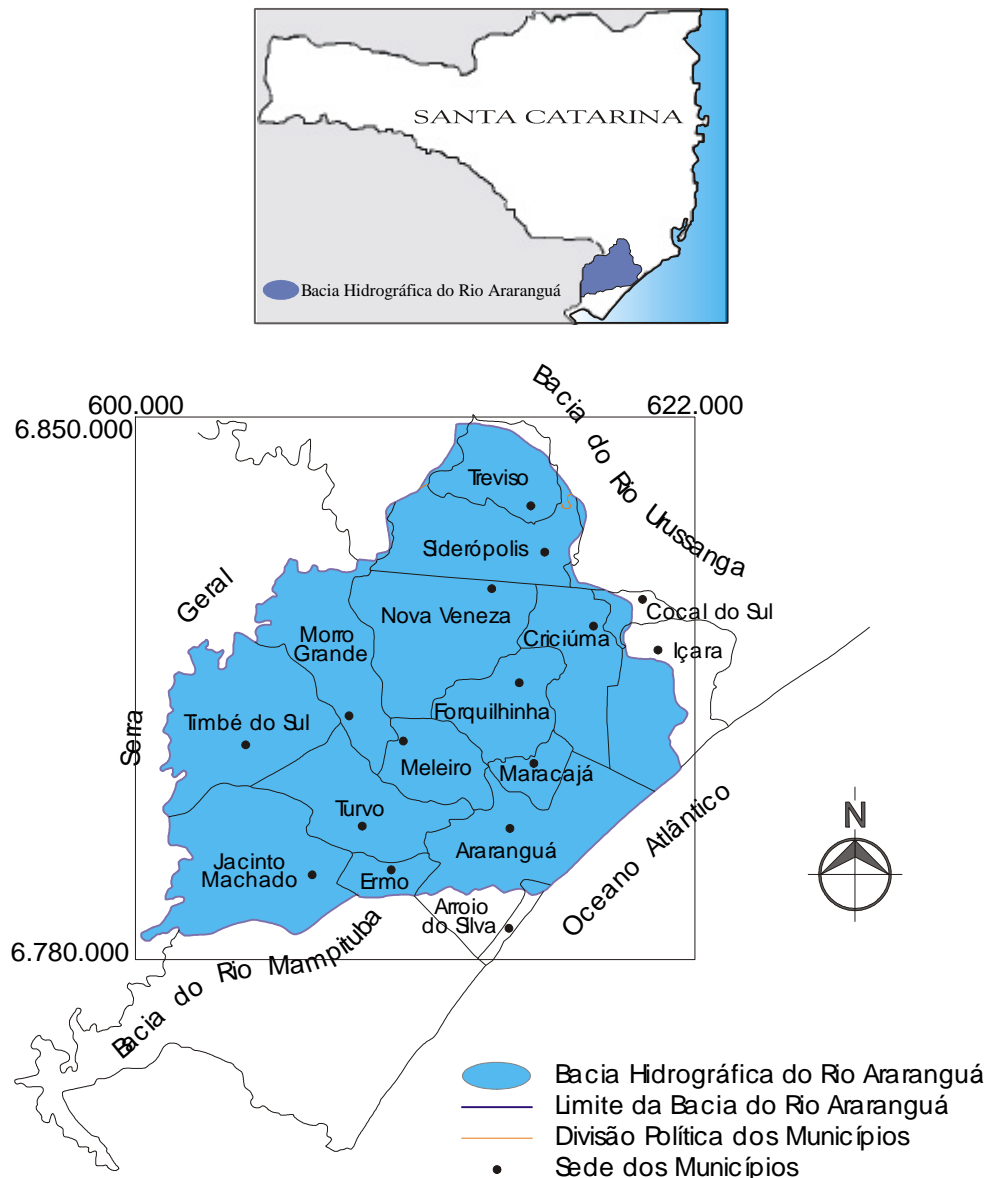
## INTRODUÇÃO

A bacia do rio Araranguá localiza-se no sul do estado de Santa Catarina e faz parte do sistema da vertente atlântica (**Figura 1**).

<sup>1</sup> Geólogo - CPRM-Serviço Geológico do Brasil-Superintendência Regional de Porto Alegre. Rua Banco da Província, 105. Santa Teresa. CEP: 90840-030 Porto Alegre-RS. Fone: (051)2337311. FAX: (051)2337772, e-mail: [cprm\\_pa@portoweb.com.br](mailto:cprm_pa@portoweb.com.br)

<sup>2</sup> Química - UNESC-Universidade do Extremo Sul Catarinense. Avenida Universitária 1.105. CEP. 88806-000. Criciúma- SC. Fone: (048)4381728. FAX: (048)4312750, e-mail: [nadja@unesc.rct-sc.br](mailto:nadja@unesc.rct-sc.br)

Do ponto de vista socioeconômico, esta região é a maior produtora de arroz irrigado do estado, pois somente na bacia do rio Araranguá existem cerca de 32.900 ha de terra irrigada. O município de Criciúma abriga o segundo maior pólo cerâmico do mundo em revestimentos de alta classe e a região de Criciúma, devido à sua posição geográfica e ao seu desenvolvimento industrial e econômico, constitui um pólo abastecedor do comércio, indústria e serviços de toda porção sul do estado de Santa Catarina, cujos municípios integrantes somam uma população estimada em 600.000 habitantes.



**Figura 1:** Localização da área correspondente à Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá.

## ASPECTOS GEOLÓGICOS

O conhecimento dos aspectos geológicos, principalmente no que se refere aos diferentes tipos litológicos, suas características físicas, seus respectivos condicionamentos e grau de fraturamento é fundamental para a definição dos sistemas aquíferos presentes em uma determinada região.

Na área correspondente à bacia hidrográfica do Rio Araranguá, afloram rochas sedimentares e vulcânicas que constituem a seqüência da borda leste da Bacia do Paraná e sedimentos inconsolidados que constituem a Planície Costeira ou formam depósitos aluviais atuais. O embasamento cristalino regional (não aflorante), é composto de rochas granitóides tardi a pós-tectônicos. Com relação às rochas sedimentares que constituem a seqüência gonduânica da borda leste da Bacia do Paraná, procurou-se detalhar melhor a formação Rio Bonito porque esta apresenta freqüentes camadas de arenito com boas perspectivas de conterem água. A Formação Rio do Rasto (terço superior) e Formação Botucatu constituem unidades aquíferas no município de Jacinto Machado, nas demais porções da bacia hidrográfica do Rio Araranguá isto não acontece pelo fato de as referidas formações aflorarem nos bordos dos platôs e, portanto, atuarem somente como áreas de recarga para as unidades aquíferas subjacentes.

Os Depósitos Cenozóicos são resultados de processos pertencentes a dois tipos de sistemas deposicionais: Sistema de Leques Aluviais, que abrange os depósitos proximais de encostas e fluviais de canais meandrantés, e o Sistema Laguna-Barreira, englobando uma série de depósitos lagunares, deltaicos, paludiais, praias marinhos e eólicos, acumulados no Pleistoceno Superior e/ou Holoceno. (Caruso ,1995). A **Figura 2** sintetiza a coluna estratigráfica da área correspondente à bacia do Rio Araranguá.

## **ASPECTOS ESTRUTURAIS**

O entendimento do condicionamento estrutural de uma determinada região é fundamental para a determinação de estruturas aquíferas. Sabe-se que a capacidade de armazenamento e de transmissão de água subterrânea em rochas cristalinas está diretamente relacionado à existência de sistemas de juntas, fraturas ou falhas na rocha. No caso dos aquíferos do tipo intergranulares, a presença de zonas de falha pode contribuir para uma melhor recarga, ampliando a vazão dos poços.

As principais feições presentes na área são as falhas. Ocorrem também diques e soleiras de diabásio, relacionados a falhamentos que sustentam alguns morros testemunhos presentes na região. A leitura de mapas de contorno estrutural da lapa das camadas

de carvão, bem como verificações realizadas em subsolo, indicam que ocorrem também dobras abertas. Junto aos planos de falhas, são comuns pequenos “drags”, “sliken sides” e “sliken lines”, que indicam o movimento relativo dos blocos.

A análise das fotografias aéreas, demonstraram que as principais direções de falhamentos são N30°-60°W e N45°-60°E. Subordinadamente, ocorrem falhas com direção próxima de N-S ou próxima de E-W. As imagens do satélite LANDSAT-TM nos diversos canais escala 1:100.000 e escala 1:250.000, mostram que estes dois sistemas principais de falhamentos se interceptam e conferem à área uma forma de mosaico irregular. Mostram também que o sistema com direção próxima de N-S se prolonga por grande distância (dezenas de km) e encaixa cursos d'água importantes como o rio Mãe Luzia e trecho do rio São Bento. A geometria da zona de falha, verificada nas imagens, indica um traçado sinuoso para os grandes falhamentos de todos os sistemas citados.

IDADE		TERMINOLOGIA	AMBIENTE/FORMAÇÃO		DESCRIÇÃO LITOLÓGICA		
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Holoceno	Sistema Laguna-Barreira IV	Depósitos Aluvionares Atuais	Sedimentos argilosos, argilo-arenosos, arenosos e conglomeráticos depositados junto às calhas ou planícies dos rios.		
				Depósitos Praiais Marinhos e eólicos	Areias quartzosas, esbranquiçadas, com granulometria fina a média, com estratificação plano paralela( fácies praias) e cruzada de pequeno a grande porte (fácies eólica).		
				Depósitos Paludais	Turfas ou depósitos de lama rico em matéria orgânica.		
				Depósitos Lagunares	Areias quartzosas junto às margens e lamas no fundo dos corpos de água.		
				Depósitos Flúvio-Lagunares	Areias siltico-argilosas, com restos de vegetais, com frequentes depósitos biodetríticos		
CENOZÓICO	Pleistoceno	Sistema Laguna-Barreira III	Depósitos Praiais Marinhos e Eólicos e Retrabalramento Eólico Atual	Areais quartzosas médias, finas a muito finas, cinza-amarelado até avermelhado. Nas fácies praias são comuns estruturas tipo estratificação plano paralela, cruzada acanalada. Nas fácies eólicas é frequente a presença de matriz rica em óxido de ferro, que confere ao sedimento tons avermelhados.			
			Terciário/Quaternário	Sistema de Leques Aluviais	Depósitos de Encostas e Retrabalamento Fluvial	Cascalhos areias e lamas resultantes de processos de fluxos gravitacionais e aluviais de transporte de material. Nas porções mais distais, depósitos resultantes do retrabalamento por ação fluvial dos sedimentos colúvio-aluvionares.	
MESOZÓICO	Cretáceo	Inferior	Grupo São Bento	Serra Geral	Derrames basálticos, soleiras e diques de diabásio de cor escura, com fraturas conchoidais.		
				Jurássico	Superior	Botucatu	Arenitos finos , médios, quartosos, cor avermelhado, bimodais, com estratificação cruzada tangencial e acanaladas de médio e grande porte.
				Triássico	Inferior	Grupo Passa Dois	Rio do Rasto
PALEOZÓICO	Permiano	Superior	Grupo Passa Dois	Terezina	Argilitos folhelhos e siltitos,intercalados com arenitos finos , cor violáceos.		
				Serra Alta	Folhelhos , argilitos e siltitos cinza-escuros, com lentes de calcário impuro.		
				Irati	Folhelhos e siltitos pretos, folhelhos pirobetuminosos e margas calcáreas.		
		Inferior/Superior	Grupo Guatá	Palermo	Siltitos cinza-escuros, siltitos arenosos cinza claro, interlaminaados, bioturbados, com lentes de arenito fino na base.		
				Rio Bonito	Siderópolis	Arenitos cinza-claros, finos a médios, quartzosos, com intercalações de siltitos carbonosos e camadas de carvão	
					Paraguaçu	Siltitos cinza escuros com laminação ondulada intercalado com arenitos finos.	
		Inferior	Grupo Itararé	Rio do Sul	Triunfo	Arenitos cinza-claros, quartzosos ou feldspáticos, sigmoidais. Intercala siltitos.	
Folhelhos e siltitos várvidos com seixos pingados, arenitos quartzosos e arenitos arcoseanos, diamectitos e conglomerados.							
PRÉ-CAMBRIANO		Superior		Granitóides tardi a pós tectônicos	Granitóides cor cinza-avermelhados, porfiríticos ou porfiróides, aparentemente isotropos.		

**FIGURA 2:** Coluna estratigráfica da área da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá. A parte referente a Seqüência Gonduânica foi adaptada de Muhlmann et. al.,1974 e a parte referente às Coberturas Cenozóicas foi adaptada de Caruso Jr., 1995.

O sistema de falhas N45°E está presente ao longo de praticamente toda a área estudada e apresenta algumas falhas que se estendem por vários km. O sistema N-S, embora menos freqüente na área, é constituído por falhas extensas que se prolongam por grandes distância. Do ponto de vista hidrogeológico é muito importante porque grande parte dos diques de diabásio estão encaixados em falhas deste sistema, sugerindo tratar-se de um sistema de falha aberto. O rio Mãe Luzia tem seu médio e alto curso parcialmente controlado por este sistema de falhas.

O sistema de falha E-W, embora pouco freqüente na área, é muito importante do ponto de vista hidrogeológico, porque também encaixa diques de diabásio e, portanto, deve tratar-se de um sistema de falhas aberto. Os mapas de controle de lavra em subsuperfície mostram que na região do alto curso do rio Mãe Luzia ocorrem alguns diques de diabásio encaixados em falhas E-W que podem ser acompanhados por vários km. Sabe-se que o resfriamento rápido destes corpos ígneos propicia a formação de um sistema de juntas perpendiculares ao comprimento do dique, por onde geralmente ocorre grande infiltração de água.

A análise dos mapas de contorno estrutural da lapa das camadas de carvão Barro Branco e Bonito Inferior, realizados por Krebs (1983) na região compreendida entre as cidades de Lauro Müller e Treviso, sugere a existência de calhas estruturais geralmente orientadas segundo N30°W, que devem atuar como áreas de descarga das águas subterâneas para os sistemas aquíferos relacionados às formações Rio Bonito e Rio do Sul.

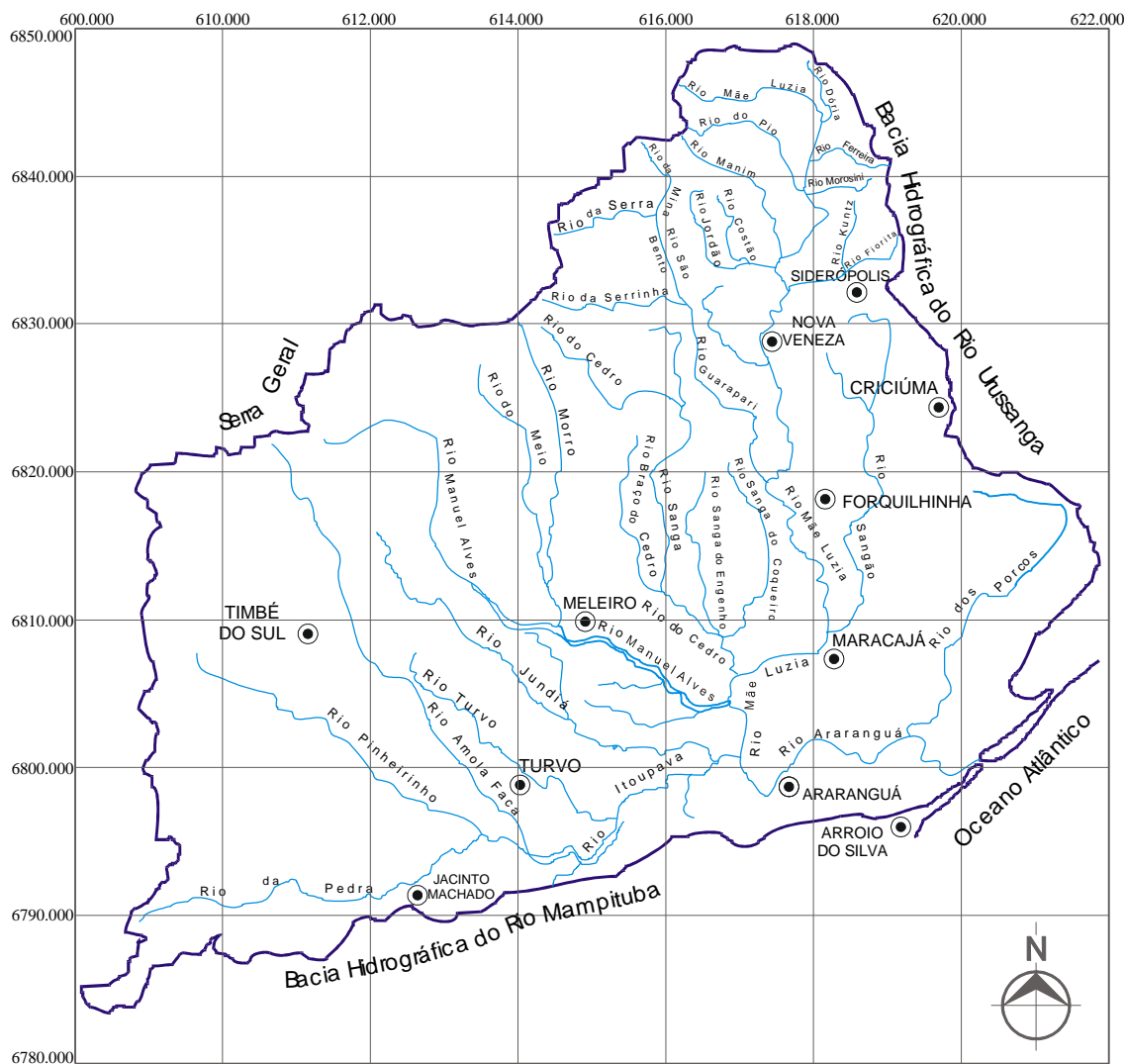
A leitura do mapa geológico realizado por Krebs (1983) para a região correspondente a Bacia Carbonífera de Santa Catarina, mostra que o rejeito das falhas muitas vezes coloca lado a lado litologias arenosas e pelíticas, das formações Palermo e Rio Bonito principalmente. Este fato é muito importante do ponto de vista hidrogeológico porque constitui “trapes” estruturais que podem atuar como aquíferos.

A variação lateral e vertical de fácies litológicas, que ocorre principalmente na Formação Rio Bonito, também é muito importante do ponto de vista hidrogeológico porque pode constituir “trapes” estratigráficos que poderão atuar como estruturas aquíferas.

## **CARACTERIZAÇÃO E COMPROMETIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.**

A bacia do rio Araranguá apresenta uma área de drenagem de 3.020 Km<sup>2</sup> e o comprimento dos cursos hídricos chega a 5.916 Km, com densidade de drenagem de 1,95 Km/Km<sup>2</sup>, drenando os territórios de 16 municípios, entre os quais Araranguá, Criciú-

ma e Nova Veneza (Santa Catarina, 1997a). Como as demais vertentes do Atlântico, a do rio Araranguá possui suas nascentes localizadas junto à Serra Geral, tendo como formadores os rios Itoupava e Mãe Luzia. Cerca de 15 cursos d'água principais compõem o seu sistema hídrico, dentre os quais se destacam os rios Mãe Luzia, Amola Faca, Itoupava, Jundiá, dos Porcos, Turvo, das Pedras, Araranguá e São Bento. A **Figura 3** ilustra a distribuição dos cursos de água nesta bacia.



**Legenda**

**LIMITES**

- Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá
- Limite Municipal

**HIDROGRAFIA**

- Cursos d'água

**CONVENÇÕES**

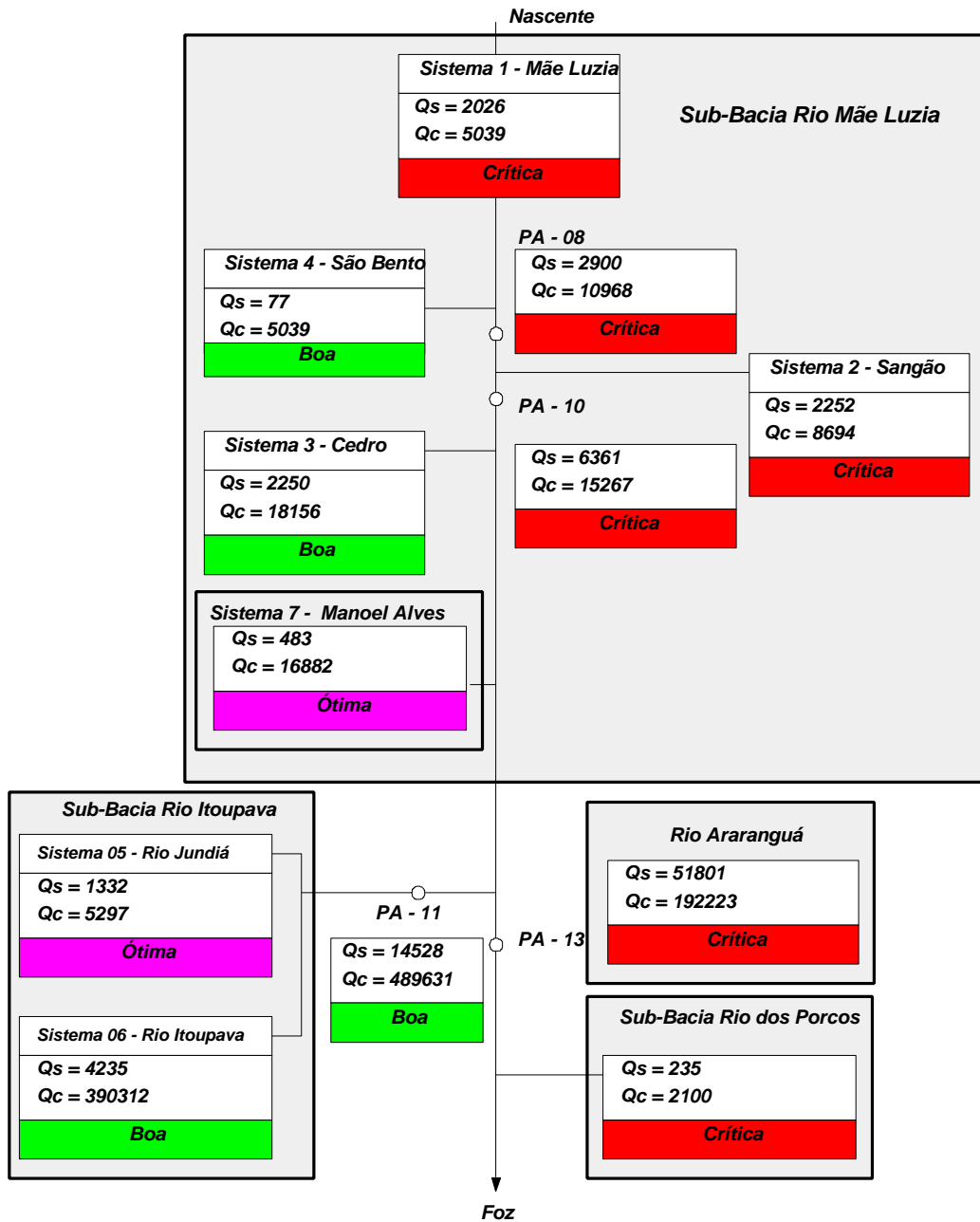
- Sede do Município

Escala Aprox. 1/400.000

**Figura 3:** Rede hidrográfica da Bacia do rio Araranguá, no sul de Santa Catarina.

As atividades de mineração e beneficiamento de carvão, as atividades industriais, a falta de rede de canalização e tratamento de esgoto em todos os municípios, a utilização de defensivos agrícolas nas áreas cultivadas estão entre os principais fatores responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos, degradação do solo e, conseqüentemente, pelo comprometimento ambiental de toda a área correspondente à bacia hidrográfica do Rio Araranguá. A **Figura 4** ilustra a disponibilidade qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos superficiais.

**Diagrama de Drenagem Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá**



**Figura 4:** Diagrama de drenagem da Bacia do Rio Araranguá. Onde: Qs= Vazão de seca, Qc= Vazão de cheia,  $\Sigma Qs$ = Somatória das vazões de seca e  $\Sigma Qc$ = Somatória das vazões de cheia. Vazões em l/s. Classificação da qualidade das águas segundo IQAxIT. Fonte: Santa Catarina (1997b).



De acordo com JICA (1997), somente as áreas de mineração a céu aberto, minas de subsolo e áreas de deposição de rejeitos piritosos, são responsáveis por 3668 ha de áreas degradadas. Neste contexto, o uso racional e a preservação dos recursos hídricos adquirem uma importância vital, pois estes são imprescindíveis a quase todas as atividades do homem.

Objetivando determinar a variação de intensidade da poluição proveniente de pilhas de rejeito formadas em diferentes períodos na mesma região (mesma unidade espacial e espaços temporais distintos), a CPRM, em parceria com a UNESCO, avaliou o potencial poluidor de várias pilhas de rejeito piritosos na região de Criciúma. Através de ensaios de lixiviação foram analisadas as concentrações resultantes de chumbo, cromo total, ferro total, cobre, zinco, manganês, sulfatos, acidez, carbono orgânico total (COT) e pH.

Os resultados obtidos indicaram claramente que o efeito degradador destas fontes de poluição persistem por várias décadas praticamente com a mesma intensidade, conforme ficou comprovado pelos resultados de análises de pilhas de rejeito com idade superior a trinta e quarenta anos, situadas na localidade de Mina 4 e Rio Maina, respectivamente.

A sub-bacia do rio Mãe Luzia tem sua qualidade comprometida praticamente em toda sua extensão, pois concentrou cerca de 70% das atividades produtoras de carvão mineral do País durante as décadas de 70 e 80. A partir da confluência com o rio Sangão, aproximadamente na latitude 28 49'10"S e longitude 49 26'34"W, o rio Mãe Luzia torna-se ainda mais poluído porque além da contribuição da poluição relacionada às atividades de beneficiamento de carvão o Rio Sangão transporta também elevadas cargas de poluição industrial, resíduos urbanos e esgotos domésticos, provenientes da cidade de Criciúma.

Segundo a resolução CONAMA n. 20/86 (Santa Catarina, 1998), na sub-bacia do Itoupava, os rios apresentam águas com condição de uso como classe I e II. Nos períodos que antecedem o plantio do arroz, durante o preparo das *canchas* ou *quadras*, o volume de sólidos transportados pelos rios aumenta demasiadamente, implicando dois sérios problemas de ordem ambiental: a perda de solos agricultáveis e o comprometimento desses rios por assoreamento, aumento da turbidez e arraste de defensivos agrícolas incorporados ao solo. Além disso, deve-se considerar o crescimento das atividades agrícolas e daquelas ligadas ao ramo das agroindústrias, as quais poderão alterar a qualidade das águas.

Durante o trabalho Santa Catarina (1997b), foram efetuadas análises em amostras de água coletadas em dez pontos de diferentes cursos d'água que se acreditava estarem contaminados pelo uso de agrotóxicos, verificando-se dezesseis princípios ativos. Porém,

os resultados obtidos não acusaram a presença de nenhum deles. Pretende-se realizar um estudo em parceria com os técnicos da EPAGRI, no sentido de determinar a época mais adequada para coleta de amostra e definir os parâmetros que deverão ser analisados conforme os agrotóxicos mais utilizados na região.

Segundo Hadlich e Bortoluzzi (1999), dependendo de fatores como pH e granulometria, o cobre é adsorvido de forma diferenciada em solos e sedimentos devido à adsorção forte que os compostos orgânicos sofrem em óxidos e hidróxidos de Alumínio, Ferro e Sílica. Por outro lado, Petersen (1992), estuda o equilíbrio de adsorção em meio redox de sedimentos e mostra o forte efeito de transporte por microrganismos.

Em ambos os casos encontram-se informações sobre o fenômeno de adsorção tanto de pesticidas e outros compostos orgânicos nos sedimentos, o que dificulta a detecção após algum tempo, de pesticidas em águas, bem como a discussão da biodegradação e decomposição de contaminantes traços no meio ambiente. Os organofosforados e carbonatos tendem a apresentar uma meia vida menor que 45 dias no meio ambiente, enquanto os organoclorados tendem a apresentar uma meia vida superior a cinco anos (Otaway, 1982).

Lopes; Scheibe e Furtado (1998), estudando áreas próximas, avaliam a contaminação das águas da bacia do Rio D'Una, SC, por metais pesados em áreas de cultivo de arroz. Os referidos autores realizaram duas campanhas de coletas de amostra em diferentes épocas: uma em maio de 1997 e outra durante fevereiro e março de 1998. A primeira campanha coincide com um período de baixa precipitação pluviométrica e que o solo está em repouso. A outra coincide com meses de alta precipitação e as amostras de água foram coletadas junto à drenagem das quadras de cultivo, logo após colheita do arroz. Os resultados de análise das águas referentes a primeira campanha (maio de 1997), mostraram um sensível enriquecimento em Ni e Pb, mesmo em período do solo em repouso. Este fato, ficou evidente nos cursos d'água em cujas planícies era cultivado arroz. Os resultados de análises das amostras de água coletadas em áreas de cultivos de arroz em épocas coincidentes com a irrigação, apresentaram altas taxas de metais pesados (Co, Zn, Cu, e Ni), que ultrapassaram 750 vezes os parâmetros admitidos pelo CONAMA. Este fato, evidenciou a contaminação das águas pelos herbicidas e pesticidas utilizados por ocasião da irrigação das áreas de cultivo de arroz.

A sub-bacia do rio dos Porcos drena a zona industrial de Criciúma através dos córregos Eldorado e Quarta Linha e, conseqüentemente, recebe grande carga de poluentes oriundos dos efluentes industriais e esgotos domésticos. A qualidade da água fica ainda mais comprometida pelo fato de este curso d'água drenar também extensas áreas de-

gradadas pela mineração de carvão, localizadas no município de Içara. Essa sub-bacia apresenta sérios conflitos gerados pelo uso da água, uma vez que nela se concentra boa área de rizicultura e fumicultura.

Sabe-se que a água superficial pode transformar-se em água subterrânea através da infiltração da água da chuva, do excesso de água para irrigação, da percolação proveniente dos rios, canais e lagos como também através da recarga artificial. Por outro lado, água subterrânea pode transformar-se em água superficial através de descarga de base de rio, escoamento em fontes e drenagem agrícola (Cabral, 1997). Neste contexto as águas superficiais deste região, que já se encontram em grande parte comprometidas, poderão interferir negativamente na qualidade das águas subterrâneas.

Aspecto importante é a salinização da sub-bacia da foz do rio Araranguá a qual limita o uso da água para agricultura e consumo doméstico. Não fosse o problema da má qualidade dessas águas, decorrente da exploração e beneficiamento do carvão, essa porção da bacia certamente teria uma expressiva contribuição para a pesca.

O Sistema Lagunar, constituído pelas lagoas do Faxinal, Esteves, Mãe Luzia, da Serra e do Bicho, tem grande importância socioeconômica na porção costeira por constituir-se de mananciais de abastecimento urbano pouco ou ainda não explorados. Porém, a especulação imobiliária tem provocado a ocupação das margens dessas lagoas, principalmente as da Lagoa dos Esteves, o que certamente, num curto período de tempo, ocasionará o comprometimento de suas águas para fins de abastecimento.

## **CARACTERIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**

Na área correspondente a esta bacia hidrográfica, devido à grande diversidade geológica, ocorrem tanto aquíferos fraturados como aquíferos porosos. Os principais sistemas aquíferos presentes na referida bacia são:

- Aquíferos fraturados relacionados a rochas vulcânicas;
- Aquíferos intergranulares relacionados às Formações: Rio do Sul, Palermo, Irati, Estrada Nova e Rio do Rastro;
- Aquífero relacionado à Formação Rio Bonito;
- Aquífero intergranulares relacionados à Formação Botucatu;
- Aquíferos intergranulares relacionados aos depósitos coluvionares e aluvionares

- Aqüíferos intergranulares relacionados aos depósitos arenosos marinho-transgressivos;
- Aqüíferos intergranulares relacionados aos depósitos lagunares;
- Aqüíferos intergranulares relacionados aos depósitos de dunas e barreiras litorâneas atuais.

Os trabalhos de campo indicaram que no caso desta bacia as rochas vulcânicas aflorantes no topo dos morros-testemunhos constituem os principais aqüíferos fraturados. Indicaram também que estas intrusões correspondem a soleiras que ocorrem no intervalo estratigráfico correspondente à Formação Rio Bonito (junto às camadas de carvão) ou no intervalo correspondente à Formação Irati. As rochas basálticas que constituem o topo dos platôs gonduânicos, no caso desta bacia, estão presentes somente nos bordos dos referidos platôs e, portanto, não constituem sistemas aqüíferos. Sua importância reside no fato de produzirem a recarga para os aqüíferos subjacentes, bem como de formarem diversas fontes que dão origem aos cursos d'água da região.

Todas as soleiras, em especial aquela correspondente ao morro-testemunho conhecido por Montanhão (situado entre os municípios de Nova Veneza, Siderópolis e Criciúma), apresentam um denso fraturamento, provavelmente devido ao rápido resfriamento. Além dessas fraturas superficiais, ocorrem outras, relacionadas a movimentos tectônicos, que são mais extensas e profundas e se refletem, também, nas rochas sedimentares subjacentes, com pode ser facilmente verificado nas fotografias aéreas. A capacidade de armazenamento desses aqüíferos é pequena e vai depender das dimensões, geometria e espaçamento das fraturas.

Dentre os sistemas de aqüíferos porosos, destaca-se aquele relacionado à Formação Rio Bonito na região de Criciúma, Siderópolis e Forquilha. Na região de Jacinto Machado, Turvo e Sombrio, o sistema relacionado ao topo da Formação Rio do Rasto (no caso de Jacinto Machado, ocorre também outro intervalo aqüífero relacionado à base da Formação Botucatu) é o mais importante. Na região costeira os sistemas aqüíferos relacionados aos sedimentos marinhos com retrabalhamento eólico são muito explorados para complementação do abastecimento doméstico. Na região de Araranguá e Forquilha, o sistema aqüífero relacionado aos leques aluviais são bastante utilizados para abastecimento industrial (agroindústrias).

A Formação Rio Bonito, de ampla distribuição em toda região carbonífera, representa uma importante unidade geológica no que diz respeito à disponibilidade de água subterrânea. É constituída predominantemente por rochas areníticas que intercalam ca-

madras de siltitos carbonosos e carvão, possui múltiplos aquíferos, geneticamente relacionados a diferentes intervalos litológicos.

O terço superior da Formação Rio do Rasto, bem como a base da Formação Botucatu, constitui também importantes sistemas aquíferos na porção sudoeste desta bacia hidrográfica. Ambas as unidades geológicas são formadas predominantemente por camadas arenosas porosas e permeáveis, que se comportam como eficientes intervalos aquíferos.

Os estudos realizados por Krebs (1997) mostram, claramente, que os depósitos arenosos costeiros correspondem a uma imensa área de descarga das águas subterrâneas, que fluem das encostas dos platôs em direção ao mar. O referido estudo permitiu constatar, também, que os depósitos areno-conglomeráticos que formam os leques aluviais na bacia do Rio Araranguá originam excelente unidade aquífera.

O modelo hidrogeológico, estabelecido a partir das características de relevo, características granulométricas, mudanças litológicas, variações de permeabilidade e do fato de esta porção atuar como uma imensa área de descarga, sugere um regime de fluxo livre a semi-confinado, com nível estático próximo à superfície.

As **Figuras 5 e 6** mostram a disponibilidade de água subterrânea nos diversos municípios situados nesta bacia hidrográfica.

Os principais problemas relacionados aos recursos hídricos subterrâneos referem-se à possibilidade de contaminação pelas diferentes fontes de poluição presentes na área dessa bacia hidrográfica e, no caso da região costeira, à possibilidade de salinização dos aquíferos. Na região de Criciúma, pode haver problemas de exaustão do aquífero devido à superexploração.

As atividades de mineração e beneficiamento de carvão são, sem dúvida alguma, as maiores responsáveis pela contaminação dos aquíferos na bacia hidrográfica do rio Araranguá. Em casos extremos, provocam a destruição total de importantes intervalos aquíferos devido à inversão de todo o maciço de cobertura da camada de carvão Barro Branco, como ocorreu nas proximidades de Siderópolis, em áreas mineradas a céu aberto.

Nos balneários da região costeira de Morro dos Conventos e Arroio do Silva (este último fora do limite da bacia), bem como nas proximidades da cidade de Araranguá, existe um grande número de poços (sistema de ponteiros interligadas para captação d'água para fins industriais) que exploram água dos sistemas aquíferos relacionados aos depósitos arenosos costeiros, sem nenhuma preocupação com a possibilidade de salinização dos referidos sistemas. Porém, sabe-se que a água salgada, devido a sua maior densidade, forma uma cunha, penetrando pela parte inferior da região de água doce. A

pressão da água doce e o contínuo escoamento para o mar conseguem manter a posição da cunha salina em equilíbrio. No entanto, quando se dá a exploração do aquífero costeiro, o bombeamento reduz a pressão de água doce, diminuindo sua descarga para o mar. A cunha salina começa, então, a avançar, podendo atingir poços e contaminar todo o aquífero.

A possibilidade de poluição dos aquíferos pelas cargas difusas rurais, originadas pelo uso de agrotóxicos nas áreas de cultivo de arroz irrigado, é outro problema que ainda está para ser equacionado. Outro tipo de fonte difusa muito preocupante com relação aos recursos hídricos subterrâneos constitui o lançamento dos efluentes industriais e domésticos. Sabe-se que grande parte das indústrias da região não possui sistema de tratamento e lança seus efluentes diretamente nos cursos d'água. Sabe-se também que nenhuma cidade dispõe de rede canalizada e tratamento de esgotos, os quais também são lançados diretamente nos corpos d'água. Estes dois tipos de cargas poluentes difusas, em algum ponto da bacia, atingirão certamente o nível freático e, com o passar do tempo, acabarão por contaminar o aquífero.

Os trabalhos de cadastramento dos poços tubulares profundos realizados no município de Criciúma indicaram que dentro da mancha urbana existe um grande número de poços que captam um enorme volume de água, várias horas por dia, durante o ano todo, para atender à demanda industrial. Todos estes poços captam água do mesmo sistema aquífero (aquífero poroso relacionado ao topo da Formação Rio Bonito- Membro Siderópolis). Este fato vem causando a gradativa exaustão do referido sistema devido à superexploração que acarretará a retirada de parte da reserva permanente. As áreas de recarga deste aquífero têm sido alvo de intensa ocupação urbana, resultando na impermeabilização do solo, na modificação do regime de escoamento superficial, na dificuldade de infiltração, não permitindo, por conseguinte, que as reservas reguladoras reponham a reserva permanente.

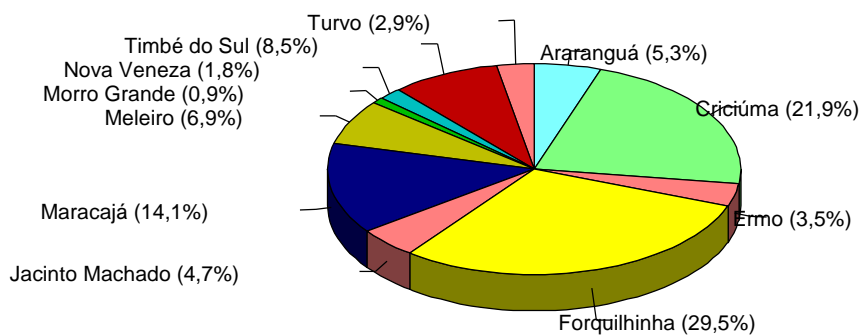
Recentemente, no município de Criciúma, uma comunidade local (comunidade do Morro Esteves) mobilizou-se e impediu a mineração de carvão naquela área, o que culminou com o fechamento da mina e a paralisação das atividades da empresa mineradora. O motivo do conflito foi a possibilidade de fuga de água devido à mineração em subsolo.

No município de Siderópolis, também houve mobilização por parte da comunidade no sentido de protegerem-se os recursos hídricos em uma área em que os mesmos encontram-se ainda preservados e na qual atualmente estão sendo reiniciadas as atividades de mineração em subsolo (Mina do Trevo). A comunidade acionou o Ministério Públi-

co e exigiu da empresa mineradora o monitoramento qualitativo e quantitativo durante o período de um ano, a contar da data de abertura da mina, ou seja, a partir de outubro de 1998.

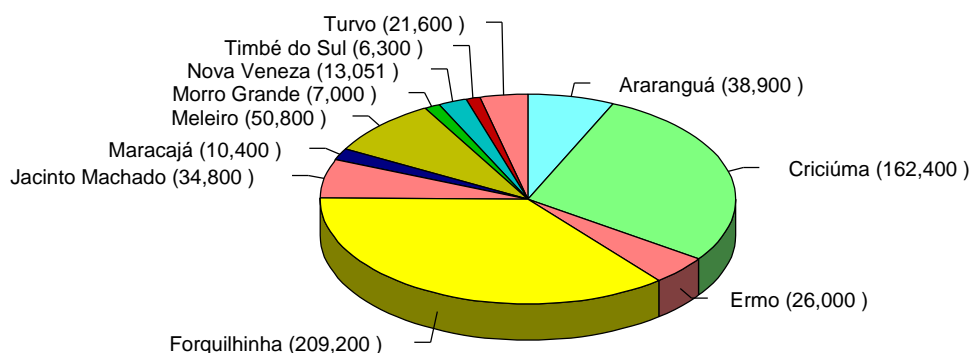
Segundo Santa Catarina (1997b), dados preliminares demonstram que na bacia hidrográfica do Rio Araranguá, e com maior intensidade no município de Criciúma, existe um problema ainda não identificado de contaminação das águas provenientes de poços tubulares, evidenciando, principalmente, concentrações de ferro total que ultrapassam em até 59 vezes os padrões de potabilidade (padrão de ferro total, Ministério de Estado da Saúde = 0,3 ml/L, concentrações encontradas = 17, 70 ml/ L). O problema pode estar relacionado às atividades de mineração de carvão em subsolo, disposição de rejeitos piritosos em áreas de recarga do aquífero, infiltração a partir das águas superficiais já contaminadas ou ainda a aspectos construtivos do próprio poço.

**Estimativa da Disponibilidade**  
Água Subterrânea (m<sup>3</sup>)



**Figura 5:** Estimativa (%) da Disponibilidade de água subterrânea nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá. Fonte: Santa Catarina (1997b).

### **Estimativa da Disponibilidade** Água Subterrânea (milhões m<sup>3</sup>)



**Figura 6:** Estimativa da Disponibilidade de água subterrânea nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá. Fonte: Santa Catarina (1997b).

Pode-se verificar claramente que são os municípios de Criciúma e Forquilha os que apresentam maior disponibilidade. No caso de Criciúma, os recursos hídricos estão relacionados ao sistema aquífero da Formação Rio Bonito. No caso do município de Forquilha, existe uma significativa contribuição de águas subterrâneas relacionadas aos aquíferos porosos dos Leques Aluviais.

No município de Araranguá, os recursos hídricos relacionam-se principalmente aos aquíferos intergranulares dos sedimentos arenosos costeiros e também ao aquífero intergranular relacionado aos Leques Aluviais. Os trabalhos de cadastramento mostraram claramente que é principalmente neste município que ocorre exploração do sistema aquífero relacionado aos Leques Aluviais.

Com relação a qualidade das águas, Machado (1997), afirma que as águas subterrâneas relacionadas à Formação Rio Bonito são bicarbonatadas cálcicas, com pH predominantemente alcalino entre 7,1 e 7,8. O total de sais dissolvidos varia entre 60 e 497 mg/l, e as águas em geral são moles a moderadamente duras. O teor de ferro varia entre 0,05 até 1,4 mg/l, tornando necessário o tratamento para utilização para fins de abastecimento público. O referido autor, analisando água de poço relacionado a este intervalo aquífero no município de Içara, constatou que o referido poço produziu água com potabilidade de primeira classe (BRGM), inodora, insípida, coloração de 5,00 mg/l PtCo, turbidez 0,55 JTU, pH 7,20, alcalinidade total de 100,00 mg/l CaCO<sub>3</sub>, dureza total de 88,28 mg/l CaCO<sub>3</sub>, resíduo total de 186,00 mg/l, condutibilidade específica de 276,25 us/cm, cloretos



15,00 mg/l, ferro 0,30 mg/l, cálcio 29,90 mg/l, magnésio 3,24 mg/l, sódio/potássio 1,95 mg/l.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Criciúma, a exemplo dos demais município da região carbonífera, tem seus recursos hídricos bastante comprometidos pelas diferentes fontes de poluição presentes na região, principalmente por aquelas relacionadas às atividades de lavra e beneficiamento de carvão e ao lançamento de efluentes industriais e esgotos domésticos.

O Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas do Estado Santa Catarina, realizado em 1997, demonstra ser esta bacia hidrográfica extremamente crítica no que diz respeito à disponibilidade hídrica em épocas de estiagem.

A **Figura 4** mostra o diagrama de drenagens da bacia do rio Araranguá, onde estão inseridos os rios Mãe Luzia, São Bento e outros. O referido diagrama mostra que o rio Mãe Luzia, desde seu alto curso, onde entra em contato com a mineração de carvão, tem suas águas poluídas e impróprias para os usos previstos na Resolução n.º 20/86, do CONAMA

O aporte de poluentes inorgânicos (metais pesados) para o rio Mãe Luzia é extremamente alto. Esta sub-bacia apresenta o maior déficit quanto à qualidade das águas. A má qualidade de suas águas faz com que mais de 60% do total do potencial hídrico esteja indisponível para quaisquer usos, conforme mostra a **Figura 4**.

Em Nova Veneza, o rio Mãe Luzia, apesar de receber o Jordão e o Manin, que possuem águas de boa qualidade, continua impróprio para os usos previstos na referida Resolução. Trata-se de uma área onde a agricultura é intensa. Observam-se aí, sérios conflitos, pelo fato de não se dispor destas águas para este fim. Para abastecimento público, agricultura, dessedentação de animais e abastecimento industrial, é necessário captar águas de rios com menor capacidade hídrica, normalmente acrescentando custos, devido à sua distância ou, então, recorrer-se às águas subterrâneas, que nem sempre se apresentam de boa qualidade.

Em Forquilha e Maracajá, a situação não é diferente, sendo que os agricultores da cidade de Forquilha, em época de estiagem, quando o nível do rio São Bento é extremamente baixo, captam águas do rio Mãe Luzia, com pH próximo de 3, para auxiliar no preparo e até na irrigação da lavoura de arroz.

A sub-bacia do rio São Bento caracteriza-se por apresentar grandes conflitos no que diz respeito à disponibilidade de água. Em épocas de estiagem, verificou-se que pontos situados à jusante chegam a apresentar um déficit de água com relação aos pontos à

montante, da ordem de onze vezes. Esta diferença deve-se à água que é retirada para abastecimento urbano e para irrigação. Verificou-se que em épocas de estiagem a vazão medida próxima ao ponto de captação da CASAN é duas vezes inferior à vazão medida em pontos situados bem mais à montante. Esta diferença pode ser atribuída à água retirada pela CASAN para o abastecimento das cidades de Criciúma, Nova Veneza e Forquilha.

Constata-se, também, conflitos relacionados ao uso da água, pois grande volume de água de ótima qualidade, que poderia ser usado para o abastecimento humano, vem sendo desviado para a irrigação de arroz e outras atividades industriais, principalmente aquelas relacionadas ao beneficiamento de carvão. A lavoura de arroz irrigado vem crescendo a cada ano nas extensas planícies aluviais da bacia do rio Araranguá. Este crescimento tem ocorrido sem os devidos cuidados com a preservação ambiental, o que vem acarretando problemas que tendem a se agravar, tanto pela disponibilidade (conflitos entre usuários) quanto pela qualidade das águas, pelo aumento da turbidez, presença de agrotóxicos e concentração de sólidos em suspensão.

Se houver uma estiagem prolongada na época de irrigação das lavouras (outubro/fevereiro), certamente haverá um enorme colapso, pondo em risco inclusive o abastecimento para consumo humano.

Caso seja efetivada a instalação de uma usina termelétrica no alto curso do rio Mãe Luzia, o que demandaria uma grande quantidade de água para a sua operacionalização, novos conflitos poderão ocorrer na mesobacia, tendo em vista o comprometimento do consumo para as atividades desenvolvidas à jusante da usina.

Esta bacia devido às suas características geológicas e geomorfológicas, apresenta um alto potencial para exploração de água subterrânea. Porém, com exceção do município de Criciúma, este potencial não tem sido utilizado.

Os principais sistemas aquíferos presentes nesta bacia, estão relacionados à Formação Rio Bonito e aos Depósitos Cenozóicos.

Os aquíferos do topo da Formação Rio Bonito (Membro Siderópolis), tanto aqueles relacionados à Seqüência Superior (Areias Transgressivas), como da Seqüência Média (Seqüência Barro Branco), são aflorantes na área estudada e são constituídos predominantemente por litologias arenosas. Estas características confere aos respectivos aquíferos uma alta vulnerabilidade natural. O fato de ocorrerem pilhas de rejeito piritoso sobre estas rochas arenosas, conferem aos aquíferos um alto risco à contaminação.

Os aquíferos múltiplos relacionados à Seqüência de Areias Transgressivas (Seqüência Superior) pelo fato de capearem a camada de carvão Barro Branco, são os mais

comprometidos. em toda área onde houve atividades de mineração de carvão a céu-aberto e em subsuperfície, bem como disposição de rejeito piritoso. Constata-se que os referidos aquíferos relacionados à esta seqüência estão bastante comprometidos e, em casos extremos, foram destruídos, como pode ser verificado nas proximidades de Siderópolis, em uma área minerada à céu aberto.

Os intervalos aquíferos relacionados à Seqüência Inferior ( Seqüência Bonito) e aqueles relacionados à base da Formação Rio Bonito ( Membro Triunfo), pelo fato de estarem capeados por uma seqüência de rochas predominantemente argilosas, apresentam vulnerabilidade e risco de contaminação baixo a moderado.

O sistema aquífero relacionado aos leques aluviais apresentam excelentes perspectivas para captação através de ponteiras (sistema de ponteiras interligadas que permite obter vazões superiores a 30 m<sup>3</sup>/h), que pode ser instalado a custos bastante reduzidos.

Recomendamos que os recursos hídricos subterrâneos desta bacia hidrográfica sejam mais utilizados principalmente para complementação do abastecimento doméstico e industrial, tendo em vista o enorme comprometimento das águas superficiais. Ressalta-se, no entanto, a necessidade de utilização racional das águas subterrâneas, tendo em vista o alto risco que estas apresentam às diferentes fontes de poluição presentes nesta bacia hidrográfica.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CABRAL, J. 1997. Movimento das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F.A.C.& MANOEL FILHO, J.; coords. 1997. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABBHID-UFPE. p.35-51.
- CARUSO Jr., F. 1995. **Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Sudeste de Santa Catarina, escala 1 : 100.000** : texto explicativo e mapa. Brasília: DNPM. 52 p. mapa.
- COSTA, W.D.1997. Uso e gestão de água subterrânea. In: FEITOSA, F.A.C.& MANOEL FILHO, J.; coords. 1997. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABBHID-UFPE. p.341-389.
- FEITOSA, E.C.1997. Pesquisa de Água Subterrânea. In: FEITOSA, F.A.C.& MANOEL FILHO, J.; coords. 1997. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABBHID-UFPE. p.341-389.
- HADLICH, G. M., BORTOLUZZI, I.P. **Extração sequencial de cobre e de zinco adicionados ao solo pela atividade agrícola e contaminação de recursos hídricos.** Em submissão ao Congresso Brasileiro de Solos, 1999.

- JICA. Japan International Cooperation Agency. 1997. **Interim report for the feasibility study on recuperation of mined-out areas in the South Region of Santa Catarina in the Federative Republic of Brazil.** Japão.
- KREBS, A.S.J et. al. 1983. **Projeto Carvão na Área da Mina Esperança:** Relatório Final de Pesquisa. Porto Alegre. DNPM/CPRM.
- KREBS, A.S.J. 1997. **Avaliação do potencial hidrogeológico da área correspondente à bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC.** Criciúma : UNESCO. ( Relatório inédito)
- LOPES, .L.J., SCHEIBE, L.F. & FURTADO, S.M. de A. 1999. Rice culture and heavy metal contamination in the D'Una River Hydrographic Basin, Santa Catarina State, Brazil. (Trabalho aprovado para publicação nos anais do INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY IN TROPICAL COUNTRIES a realizar-se em Salvador, 1999)
- MACHADO, J. L. F.1997 Mapa hidrogeológico da folha de Criciúma escala 1:250.000. In: SILVA, M.A.S.; LEITES, S. R.; (org.). **Porto Alegre. Folha SH - 22-X-B, Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre : CPRM. 1 mapa (Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil)
- MUHLMANN, M. et. al. 1974. **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná.** Ponta Grossa: PETROBRAS/DESUL, 186p. (Relatório técnico interno, 414).
- OTAWAY, J. H. 1982. **Bioquímica da poluição.** São Paulo: EPU/EDUSP.
- PETERSEN, W., et al. 1992. Release of trace contaminants during reoxidation of anoxic sediment slurries in oxic water. **Arc. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 47:** 295-305.
- SANTA CATARINA.1997a. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina:** diagnóstico geral. Florianópolis. 163 p.
- SANTA CATARINA. 1997b. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura.. **Zonamento da disponibilidade e da qualidade hídrica da bacia do rio Araranguá:** documento síntese. Florianópolis. v. 1. 219 p.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Conselho Estadual de Recursos Hídricos. 1998. **Legislação sobre recursos hídricos.** Florianópolis.

ZIM-ALEXANDRE, N.& KREBS, A.S.J. 1994. **Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma**. Porto Alegre: CPRM. v. 1. (Série Recursos Hídricos – Porto Alegre, v. 05). (Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina).