

CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO SISTEMA AQUÍFERO RELACIONADO AOS DEPÓSITOS DE LEQUES ALUVIAIS NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC.

Antonio Sílvio Jornada Krebs¹ & Evandro Favaretto dos Santos²

Resumo – Os depósitos de leques aluviais, de ampla distribuição na bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC, constituem-se em uma importante unidade geológica no que diz respeito à disponibilidade de água subterrânea, não sendo, porém, até o presente momento, utilizados como aquífero. Os estudos realizados atualmente por este autor nesta bacia hidrográfica permitiram verificar-se que os depósitos de leques aluviais, juntamente com os demais depósitos arenosos costeiros, correspondem a uma imensa área de descarga das águas subterrâneas que fluem das encostas do planalto gonduânico e dos morros-testemunhos em direção ao mar. Os referidos estudos permitiram constatar também que os depósitos areno-conglomeráticos que formam os leques aluviais constituem um excelente aquífero. Desta maneira, a caracterização hidrogeológica, avaliação da vulnerabilidade e riscos de contaminação permitirão que sejam adotadas medidas de proteção e utilização racional deste sistema aquífero.

Abstract: The alluvial fan deposits, widely spread in the hydrographic basin of Araranguá Luzia River, in the state of Santa Catarina, are an important geological unit regarding the availability of groundwaters. But they have not been used as aquifers until now. The studies made by the author in this hydrogeological basin revealed that the alluvial fan deposits, together with the other costal sandy deposits refers to a large groundwater discharge area that flow from the hillsides of the gondwana plateau and from the monadnocks, running to the sea. Those studies evidenced that the sandy-conglomeratic deposits which form the alluvial fans make up excellent aquifers. A definition of the hydrogeological characteristics of this aquifer, the evaluation of its vulnerability and its contaminating risks will lead to protecting measures and a rational use of this natural resource.

¹ *Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Serviço Geológico do Brasil
Superintendência Regional de Porto Alegre, RS
Rua Banco da Província, 105. Santa Teresa
CEP 90840.030 Porto Alegre, RS
Fone: (051) 233-7311 - Fax: (051) 233-7772
E-Mail: krebs@cyber.com.br*

² *Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina - SIECESC
Rua Pascoal Meller, 73 Bairro Universitário
CEP 88805-350 Criciúma, RS
Fone: (048)431-7611 - Fax: (048) 431-7650
E-Mail: evandro@satec.rct-sc.br*

Palavras chave: sistema aquífero, leques aluviais, rio Araranguá

Caracterização da Área de Estudo

A bacia do rio Araranguá localiza-se no sul do estado de Santa Catarina e faz parte do sistema da vertente atlântica. Apresenta uma área de drenagem de 3.020 km² e o comprimento dos cursos hídricos chega a 5.916 km, com densidade de drenagem de 1,95 km/km², drenando os territórios de 16 municípios, entre os quais Araranguá e Criciúma. Como as demais vertentes do Atlântico, a do rio Araranguá tem suas nascentes localizadas junto a Serra Geral, tendo como formadores os rios Itoupava e Mãe Luzia. Cerca de 15 cursos d'água principais compõem o seu sistema hídrico, dos quais se destacam os rios Mãe Luzia, Amola Faca, Itoupava, Jundiá, dos Porcos, Turvo, das Pedras e São Bento. A Figura 1 mostra a localização da área.

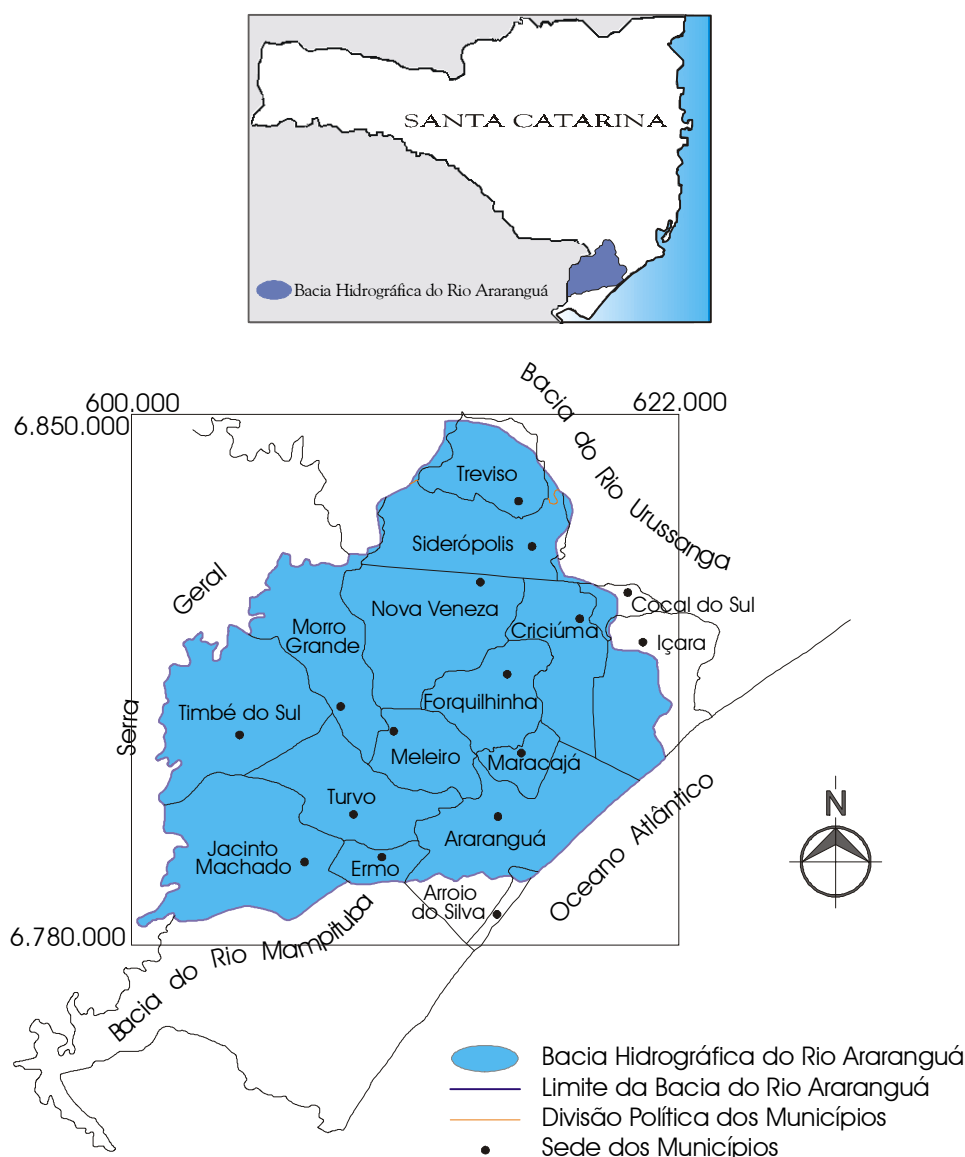


Figura 1: Localização da área correspondente à Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá.

Segundo SANTA CATARINA (1997), a bacia do Araranguá é um dos pontos considerados críticos no estado em relação à disponibilidade hídrica e à qualidade das águas, pois nessa bacia 2/3 dos seus rios encontram-se poluídos. A referida bacia apresenta grande diversidade em suas atividades. Nela encontramos áreas de mineração de carvão, cerâmicas de revestimento e estrutural, indústrias metal mecânica, curtumes e agroindústrias.

Do ponto de vista socioeconômico, a região sul é a maior produtora de arroz irrigado do Estado, pois que somente na bacia do rio Araranguá existem cerca de 32.900 ha de terra irrigada. 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.

Segundo dados obtidos na estação meteorológica de Urussanga, o tipo climático desta região é úmido mesotérmico. As maiores precipitações correspondem ao período compreendido entre janeiro e março, com um índice pluviométrico médio de 1474,9 mm, com temperaturas mais elevadas nos meses de janeiro e fevereiro, sendo os meses mais frios junho, julho e agosto. Apresenta evapotranspiração potencial, com valores mais elevados entre meses de outubro e março e os valores mais baixos entre os meses de abril e setembro.

Do ponto de vista geológico, na área desta bacia hidrográfica, afloram rochas sedimentares e efusivas básicas e intermediárias que constituem a seqüência da borda leste da Bacia do Paraná. Na região costeira, ocorre uma diversidade enorme de depósitos de cascalhos, areias, siltes e argilas, relacionados a processos marinhos e continentais. O embasamento cristalino regional é composto de rochas granitóides tardi a pós-tectônicas, não aflorantes na área desta bacia. A Figura 2 sintetiza a coluna estratigráfica da área desta bacia.

Com relação aos aspectos geológicos deste sistema de leques aluviais, seus depósitos são formados próximos às encostas do planalto gonduânico, a partir de processos gravitacionais e aluviais de transporte de material. As litologias resultantes são cascalhos, areias e lamas. Na parte superficial e mais moderna do pacote, predominam depósitos fluviais de canais meandrantés. Os processos responsáveis por sua gênese perduram por todo o Cenozóico, podendo ser constatados até nos dias atuais.

IDADE			TERMI - NOLO- GIA	AMBIENTE/FORMAÇÃO		DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Holoceno	Sistema Laguna-Barreira Holocênica	Depósitos Aluvionares		Sedimentos argilosos, argilo-arenosos, arenosos e cascalhos depositados junto às calhas ou planícies de inundação dos rios.	
				Depósitos Praiais Marinhos e Eólicos		Areias quartzosas, esbranquiçadas, com granulometria fina a média, com estratificação plano paralela (fácies praias) e cruzada angular de pequeno a grande porte (fácies eólica).	
				Depósitos Lagunares		Areias e lamas ricas em matéria orgânica.	
				Depósitos Paleolagunares		Turfeiras, pântanos e alagadiços	
				Depósitos Flúvio-Lagunares		Areias siltico-argilosas, com restos de vegetais, com freqüentes depósitos biodetríticos.	
	Pleistoceno		Sistema Laguna-Barreira Pleistocênica	Depósitos Praiais Marinhos e Eólicos e de Retrabalamento Eólico Atual		Areias quartzosas médias, finas a muito finas, cinza-amareladas até avermelhadas. Nas fácies praias são comuns estruturas tipo estratificação plano paralela. Nas fácies eólicas é freqüente a presença de matriz rica em óxido de ferro, que confere ao sedimento tons avermelhados e estratificação cruzada acanalada.	
	Terciário/Quaternário	Plioceno/Holoceno	Sistema 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 com freqüentes fraturas conchoidais. O litotipo preferencial é equigranular fino a afanítico, eventualmente porfirítico. Notáveis feições de disjunção colunar estão presentes.	
				Botucatu		Arenitos finos, médios, quartzosos, avermelhados, bimodais, com estratificação cruzada tangencial e acanaladas de médio e grande porte.	
				Rio do Rasto		Arenitos finos bem selecionados geometria lenticular, bordô com estratificação cruzada acanalada. Siltitos e argilitos bordô, com laminação plano paralela.	
PALEOZÓICO	Permiano	Superior	Grupo Passa Dois	Terezina		Argilitos folhelhos e siltitos, intercalados com arenitos finos, violáceos.	
				Serra Alta		Folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuros a violáceos, com lentes de marga.	
				Irati		Folhelhos e siltitos pretos, folhelhos pirobetuminosos e margas calcáreas.	
		Inferior/Superior	Grupo Guatá	Palermo		Siltitos cinza-escuros, siltitos arenosos cinza claros, interlaminaados, bioturbados, com lentes de arenito fino na base.	
				Rio Bonito	Membro Siderópolis		Arenitos cinza-claros, finos a médios, quartzosos, com intercalações de siltitos carbonosos e camadas de carvão
					Membro Paraguacú		Siltitos cinza escuros com laminação ondulada intercalado com arenitos finos.
		Inferior	Grupo Itararé	Rio do Sul		Arenitos cinza-claros, quartzosos ou feldspáticos, sigmoidais. Intercala siltitos.	
				Folhelhos e siltitos várvidos com seixos pingados, arenitos quartzosos e arenitos arcoseanos, diamictitos e conglomerados. Em nível de afloramento, constitui espessa seqüência rítmica.			
PRÉ-CAMBRIANO		Superior	Granitóides Tardi a Pós Tectônicos			Granitóides cinza-avermelhados, granulação média a grossa, textura porfirítica ou porfiróide, constituídos principalmente por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita. Como acessório ocorre titanita, apatita, zircão e opacos. São aparentemente isotropos e recortados por veios aplíticos ou pegmatíticos.	

FIGURA 2: Coluna estratigráfica da área da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá. Seqüência Gonduânica adaptada de MÜHLMANN et. al. (1974), Coberturas Cenozóicas adaptada de CARUSO JR., 1997. Embasamento cristalino e Grupo Itararé (não aflorantes) foram estabelecidos a partir de observações realizadas em testemunhos de sondagens realizadas para carvão (PB 5, 13, 15, 18 e 19). KREBS (1997)

A seqüência basal, constituída pelos leques aluviais relacionados ao soerguimento inicial desta área, ocorrido no Pleistoceno, formou extensos leques junto às bordas do planalto gonduânico. Esta sedimentação grossa inicial perdurou por longo período, permitindo que estes leques aluviais formassem extensos depósitos que capearam toda esta região costeira (BIGARELLA & ANDRADE, 1964).

Litologicamente são constituídos por camadas lenticulares, com grânulos, seixos, cascalhos e blocos de rochas basálticas e, subordinadamente, areníticas ou pelíticas, com ou sem matriz arenosa.

A seqüência superior, que nem sempre está presente, é formada, predominantemente, de material argilo-arenoso, originado por processos de tração + suspensão, que constituem as porções mais distais desses leques aluviais (KREBS, 1997).

Litologicamente é constituída de camadas de material predominantemente argiloso, que se intercalam com camadas de material siltico-argiloso. Geralmente apresenta cor cinza-escuro a cinza-amarelado.

O trabalho de DUARTE (1995), apresenta uma série de perfis de sondagens a trado realizadas na porção central e oeste desta bacia, onde se pode verificar que a seqüência superior está ausente ou é constituída por um manto de alteração dos próprios seixos, cascalho e blocos que constituem a seqüência inferior. Este fato pode ser constatado em vários cortes de encosta existentes dentro da área urbana de Timbé do Sul.

Porém, ao longo da planície aluvial do rio Mãe Luzia, observações realizadas por este autor em afloramentos existentes ao longo do rio Mãe Luzia, em seu trecho compreendido entre as cidades de Nova Veneza e Maracajá, permitiram identificar várias estruturas sedimentaras do tipo “draps” de lama, laminação plano paralela, e gradação normal. A interpretação destas estruturas indica que nesta porção esta seqüência superior é localmente constituída por depósitos de rompimento de diques marginais. A predominância de material argiloso, rico em matéria orgânica, com laminação plano-paralela, indica também que geralmente esta seqüência corresponde a depósitos de planícies de inundações que ocorrem periodicamente nesta área.

Com relação à espessura desta seqüência superior, os perfis litológicos das sondagens realizadas para a pesquisa de carvão indicam que ela varia de 0.5 metro a 13 metros, com uma espessura média de 5 metros. A Figura 03 mostra as isópacas da cobertura (seqüência superior).

Em afloramentos descritos ao longo das margens do rio Mãe Luzia, nas proximidades da cidade de Maracajá, a interlaminação de material argilo-arenoso, originado por processos de tração + suspensão evidenciados pela presença de estruturas sedimentar tipo laminação plano-paralela, “wavy”, “linsen” e “climbing ripples” sugere que esta seqüência superior constitui as porções mais distais dos próprios depósitos de leques aluviais.

Do ponto de vista geomorfológico (IBGE, 1986), a Unidade Serra Geral limita a bacia a oeste-noroeste. Corresponde aos terminais escarpados abruptos do Planalto dos Campos Gerais (este último fora da área estudada), desenvolvidos principalmente sobre rochas efusivas básicas. Ainda de acordo com este mesmo trabalho, a área da Bacia do Rio Araranguá corresponde ao trecho de maior recuo da escarpa no sul de Santa Catarina. As escarpas possuem desníveis acentuados que alcançam cotas superiores a 1000 m. Os vales são fechados, com aprofundamentos superiores a 500 m. As vertentes são íngremes, com manto de intemperismo, o que favorece a ocorrência de movimentos de massa, os quais dão origem a depósitos de encostas nas porções baixas.

A Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral, na área desta bacia, apresenta-se como prolongamento do escarpamento da Serra Geral, em formas alongadas, digitadas e irregulares que avançam sobre as Regiões Geomorfológicas Planícies Costeiras Interna e Externa, como verdadeiros esporões interfluviais. Está representada por uma dissecação que compreende grandes desníveis altimétricos e profundos entalhamentos fluviais que alcançam 260m. Fazem parte desta unidade alguns morros-testemunhos que ocorrem isolados.

No trecho correspondente à Unidade Depressão da Bacia Carbonífera, que compreende o alto vale do Rio Mãe Luzia, predomina um relevo colinoso, com vales encaixados e vertentes íngremes. À medida que se dirige para o sul, isto é, em direção à planície costeira, o relevo torna-se gradativamente mais suave, predominando formas côncavo-convexas, com vales abertos, pouco profundos, com densidade de dissecação grosseira, com aprofundamento variando de 20 m a 50 m.

A Planície Alúvio-Coluvionar, de acordo com IBGE (1986), corresponde aos modelados planos ou embaciados, resultantes da convergência de leques coluviais de espriamento, cones de dejeção ou concentração de depósitos de enxurradas nas partes terminais de rampas de pedimentos. Os principais rios que drenam a área correspondente a esta unidade possuem planícies fluviais ou correm encaixados em terraços fluviais.

A Unidade Geomorfológica Planície Marinha corresponde a uma faixa situada na região costeira onde ocorrem depósitos arenosos de origem marinha e retrabalhamento eólico. Próximo à foz do rio Araranguá, ocorre pequeno campo de dunas as quais ainda se encontram ativas. Nas proximidades de Maracajá pode-se verificar alguns cordões de restingas os quais se intercalam com depósitos lagunares.

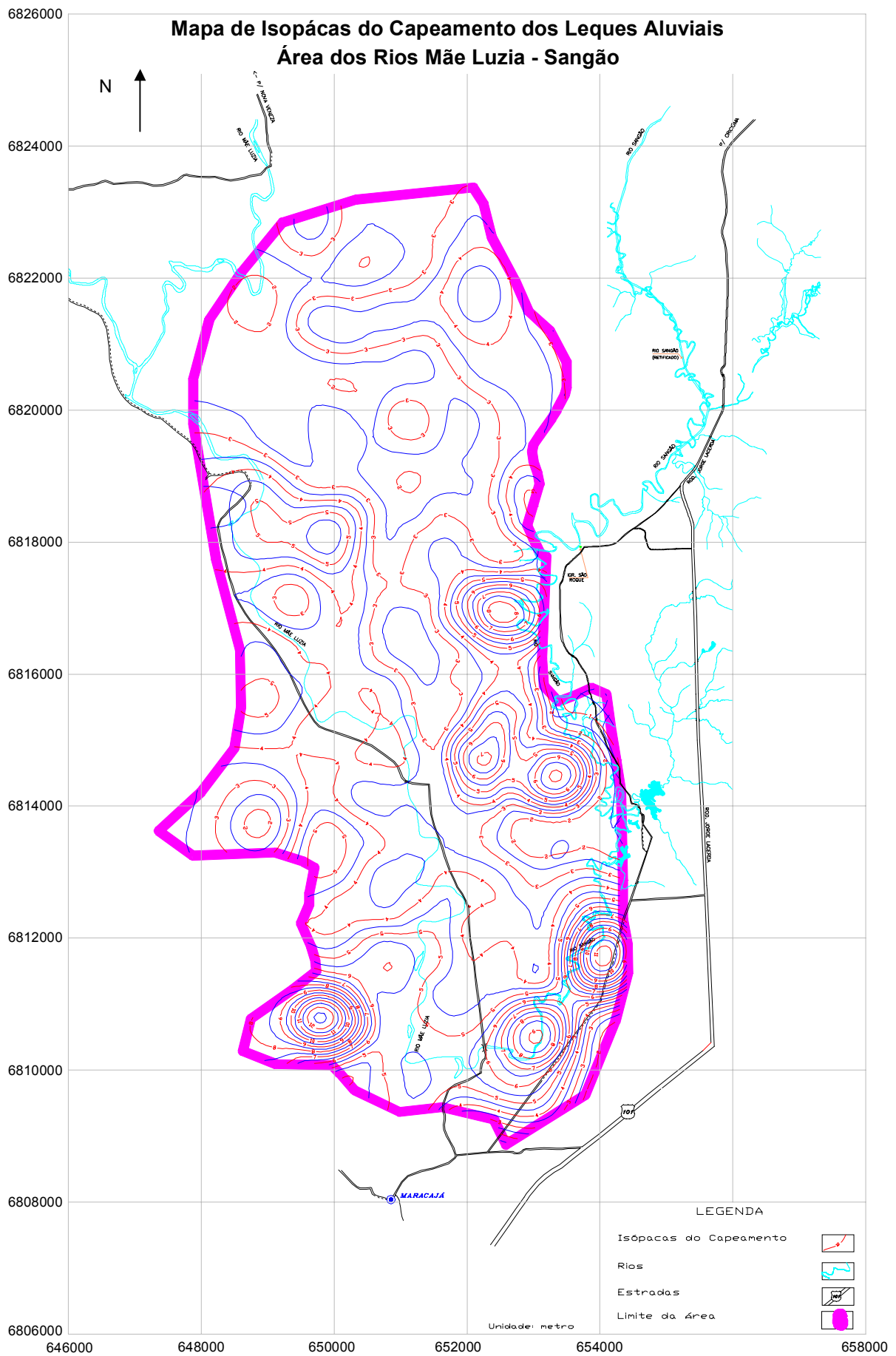


Figura 3: Mapa de Isópacas do Capeamento dos Leques Aluviais.

Distribuição e Caracterização Hidrogeológica

Estes depósitos possuem a maior distribuição em área nesta bacia hidrográfica. Ocorrem de maneira contínua a partir da encosta inferior do planalto gonduânico e dos morros-testemunhos ao longo de toda a porção norte, centro e oeste da bacia. A leste sua área de ocorrência é limitada aproximadamente pelo curso do rio Sangão e a sul estes leques aluviais são cobertos pelos depósitos arenosos de origem marinha e retrabalhamento eólico. A Figura 4 ilustra sua área de ocorrência.

A caracterização hidrogeológica foi realizada com base nos critérios geológicos interpretados do ponto de vista hidrogeológico, bem como nas características hidráulicas e hidroquímicas disponíveis até o presente momento. Também foram consideradas as atividades de superfície e subsuperfície (minas de carvão em subsolo) que poderão interferir no comportamento e qualidade das águas deste aquífero.

Com relação aos aspectos geológicos, esta unidade está muito bem representada na área compreendida entre Nova Veneza, Forquilha e Maracajá. Nas proximidades da cidade de Forquilha, existem boas exposições junto às margens do rio Mãe Luzia e de outros cursos d'água menores, bem como ocorre um grande número de poços-ponteiras relacionados a estes depósitos. Nesta área também foram realizadas centenas de furos de sonda para a pesquisa de carvão. Os perfis litológicos destes furos fornecem informações a respeito da espessura dos depósitos de leques aluviais. Em alguns furos pode-se verificar também a profundidade do lençol freático.

A descrição dos afloramentos bem como a interpretação dos perfis litológica permitiram verificar-se que nesta porção da bacia estes depósitos são constituídos por duas seqüências distintas: uma inferior, formada quase que exclusivamente por material grosso, grânulos, seixos, cascalhos e blocos (que constitui o intervalo aquífero), e outra superior, de natureza areno-argilosa .

Este intervalo inferior, constituído predominantemente por material rudáceo, com pequena cobertura de material argilo-arenoso, apresenta boas perspectivas para a exploração de água através de poços escavados ou ponteiras.

Litologicamente estes depósitos são formados por grânulos, seixos, cascalhos e blocos de rochas basálticas e, subordinadamente, areníticas ou pelíticas, com ou sem matriz arenosa. Nesta posição da bacia, onde o fluxo já está desconfinado, estes conglomerados são clastos suportados e, de uma maneira geral, possuem pouca ou nenhuma matriz, o que confere a eles um alto valor de permeabilidade. A geometria das camadas é lenticular. Porém, em nível de afloramentos apresentam uma forma aproximadamente tabular.

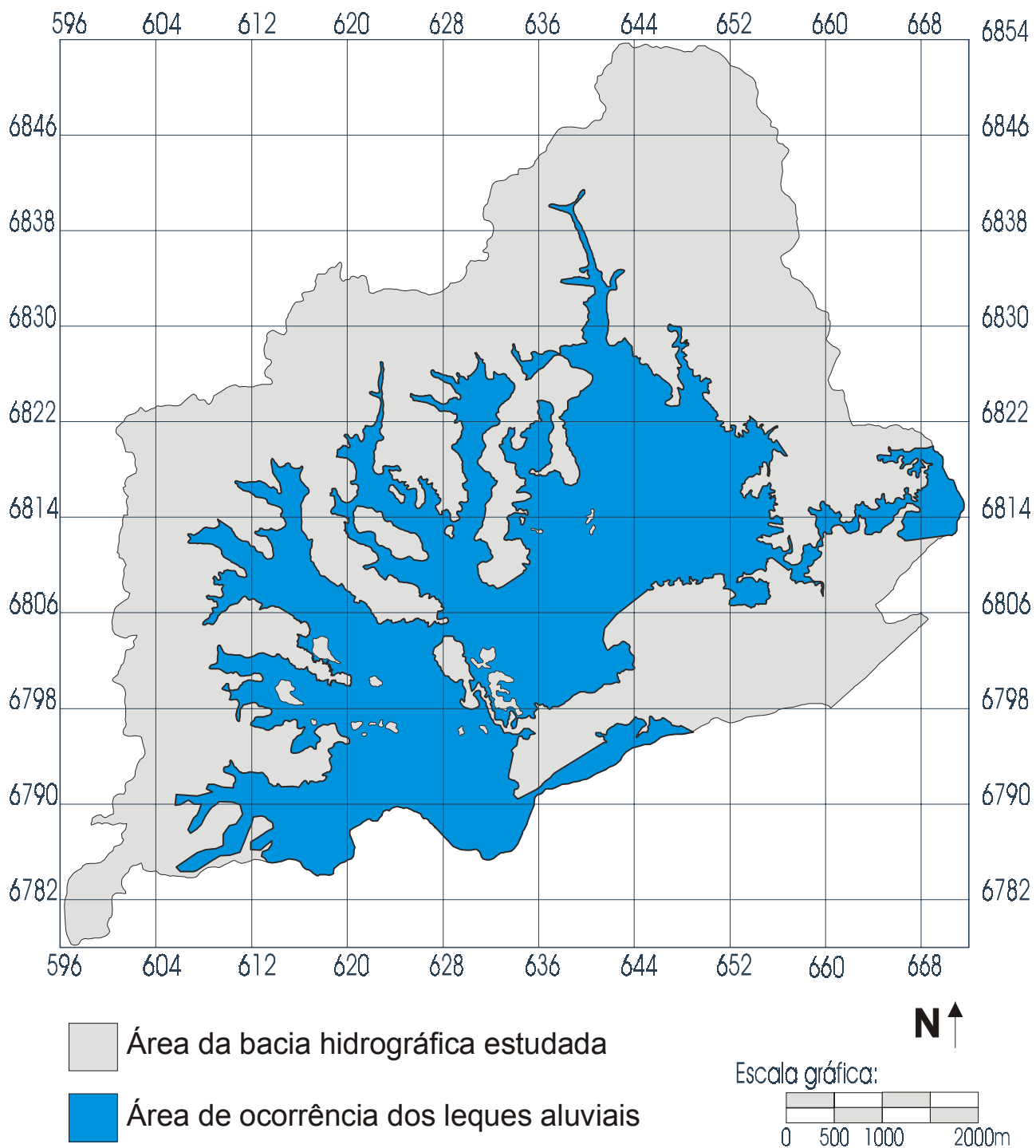


Figura 4: Mapa da Área de Ocorrência dos Leques Aluviais.

Com relação à espessura e aos limites deste intervalo inferior, a análise dos perfis litológicos dos furos de sonda, realizados para a pesquisa de carvão pela CPRM e pela Carbonífera Criciúma nos municípios de Forquilha, Criciúma, Nova Veneza e Maracajá, permitiram verificar que nesta porção da bacia, ou seja, na sub-bacia do Rio Mãe Luzia, a espessura aumenta gradativamente das proximidades do Rio Sangão, que corresponde ao limite leste destes depósitos, onde não ultrapassam 5,5 metros, como demonstram os perfis dos furos MT-09, MT-11, VD-10, CR-27 e CR-69, todos com valores inferiores a 0,50 metros e os furos MA-02, MA-04, MA-07 e MA-31, com espessuras de 5,5 metros, 3,9 metros, 4,0 metros e 5 metros, respectivamente. À medida que se avança para o oeste, isto é, no sentido do Rio Mãe Luzia, a espessura aumenta, como demonstram os perfis dos furos PV-84, PV-85 e PV-86, com espessuras de 20,4 metros, 22,2 metros e 15,55 metros, respectivamente. As maiores espessuras destes leques foram verificadas na planície aluvial do rio Mãe Luzia, nas proximidades de Maracajá, conforme os perfis dos furos MA-22 e CR-12, com 40 metros e 32 metros, respectivamente. A interpretação das curvas de isópacas permite verificar que logo à montante da confluência do rio Sangão com o rio Mãe Luzia, na planície aluvial do rio Mãe Luzia, ao norte da cidade de Maracajá, existe uma calha estrutural, onde se verificam as maiores espessuras destes depósitos, de acordo com os perfis dos furos MA-22 e CR-12, com 40 metros e 32 metros, respectivamente. Do ponto de vista hidrogeológico, a identificação desta calha reveste-se de maior importância, visto que os poços aí construídos deverão apresentar as maiores vazões. A Figura 05 mostra as isópacas desta seqüência inferior (leques) e a localização da calha estrutural.

Com relação à profundidade do nível estático deste aquífero, as informações obtidas através de medidas realizadas em poços escavados existentes nos municípios de Forquilha e Maracajá, bem como a leitura em poços piezométricos existentes nestes mesmos municípios, indicam que a profundidade varia de 1,80 metros até 6,50 metros, com valor médio de 2,20 metros. Os valores de vazão são ainda pouco conhecidos. Em um poço do tipo Amazonas, com 5 metros de diâmetro e 12 metros de profundidade, existente em uma indústria de beneficiamento de arroz no município de Meleiro, constatou-se que são explorados 12 m³/h durante 8 horas ao dia durante a época de safra. No referido poço estão instaladas duas bombas submersas. Constatou-se que após 2 horas de bombeamento, o nível, que estava a uma profundidade de 3,20 metros (NE), rebaixou para 4,10 metros (ND) e manteve-se estável.

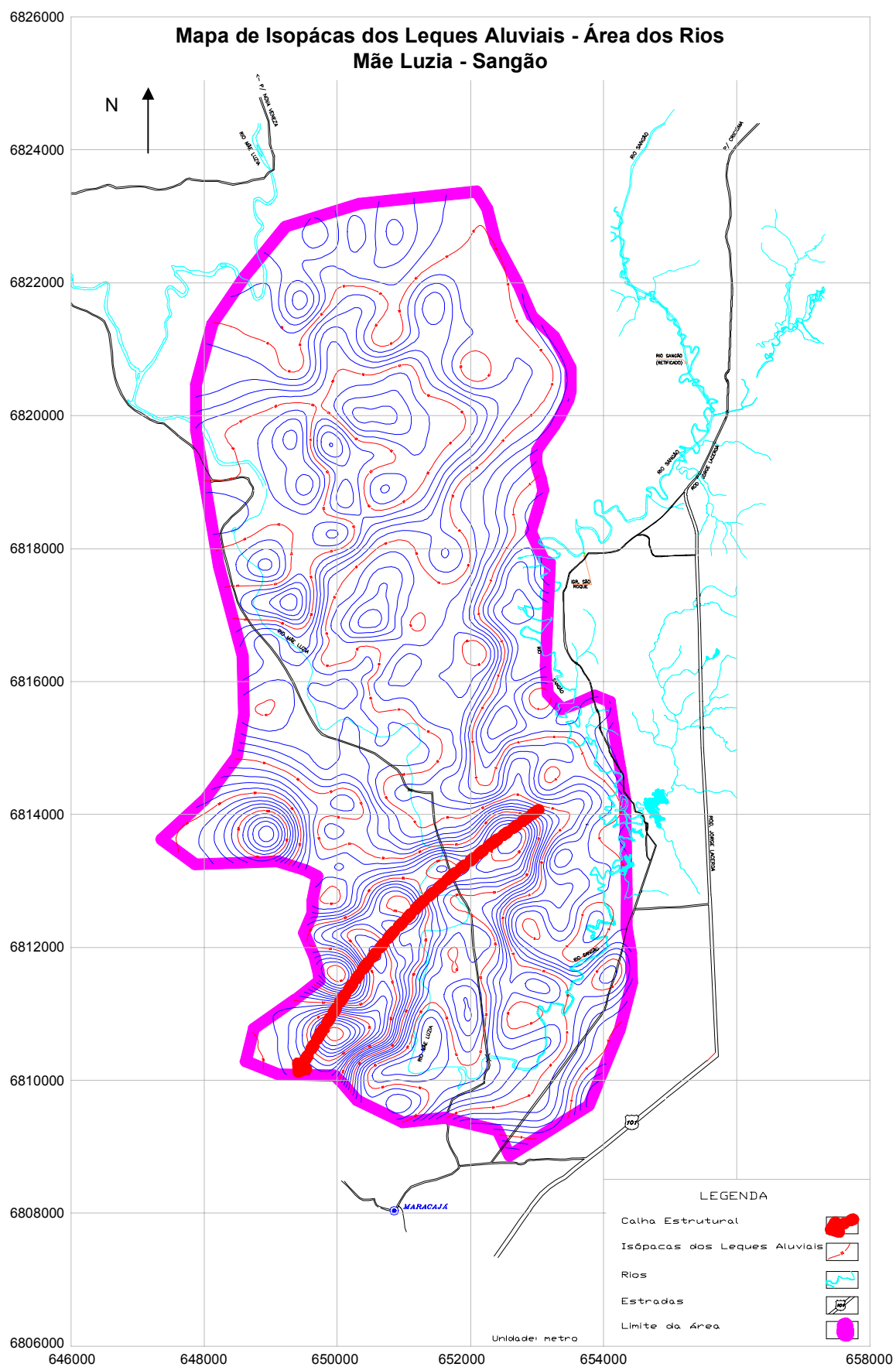


Figura 5: Mapa de Isópacas da seqüência inferior (Leques).

Com o objetivo de definirem-se as características hidrodinâmicas, foi realizado um teste de bombeamento em um poço tubular com 28 metros de profundidade e diâmetro de 6 polegadas. O referido poço situa-se no pátio de uma agroindústria existente nas proximidades da cidade de Forquilha. De acordo com o boletim de campo de referido poço, verificou-se que ele foi encerrado após ter ultrapassado o intervalo estratigráfico correspondente aos leques aluviais, tendo, portanto, penetração total no aquífero. O teste teve duração de 12 horas. Para uma vazão de 10 m³/h o nível rebaixou de 3,58 metros para 5,12 metros e estabilizou após 3 horas de bombeamento. Os valores de transmissividade (T) e armazenamento(S), calculados através da superposição da curva de campo com curva teórica de Theis, foram de 2,0 m³/h/m e 0,006, respectivamente.

Para se ter uma idéia a respeito do desempenho dos poços, calculou-se a capacidade específica, utilizando-se as informações disponíveis nos laudos (Nível Estático, Nível Dinâmico e Vazão), através da fórmula:

$$C = \frac{Q}{ND - NE} \quad \begin{array}{l} C = \text{Capacidade Específica;} \\ Q = \text{Vazão; ND = N. Dinâmico} \\ \text{(rebaixamento)} \quad \quad \quad NE = \text{Nível Estático} \end{array}$$

Constatou-se que existe uma variação muito grande nos valores de capacidade específica para este aquífero. O menor valor foi de 0,55 m³/h/m e o maior foi de 2,1 m³/h/m. Este fato demonstra que existem imperfeições na construção e dimensionamento da unidade de bombeamento na maioria dos poços em operação nos municípios de Forquilha e Maracajá. MACHADO (1998), estudando os aquíferos da região costeira de Santa Catarina, apresenta valores de capacidade específica para este sistema aquífero que variam de 0,61 a 1,33 m³/h/m.

O sentido de fluxo das águas subterrâneas, estabelecido a partir da cota dos níveis d'água verificado nos poços escavados bem como de piezômetros instalados e monitorados pela Carbonífera Criciúma no município de Forquilha, indica um sentido de norte para sul, como é mostrado na Figura 06.

Com relação à seqüência superior, ela é de fundamental importância para a proteção deste aquífero. Porém, constatou-se que na porção oeste da área desta bacia bem como nas proximidades da encosta do planalto, onde ocorrem os leques proximais, ela nem sempre está presente. A Figura 03 mostra a espessura da seqüência superior (cobertura dos leques) na planície aluvial do rio Mãe Luzia. Nesta porção da bacia ela é constituída de camadas de material predominantemente argiloso que se intercalam com camadas de material siltico-argiloso. Geralmente apresenta cor cinza-escuro a cinza-amarelado. A alternância de tonalidades evidencia a laminação fina plano-paralela.

No município de Timbé do Sul, Meleiro e Jacinto Machado, constatou-se que a cobertura é pouco espessa, dificilmente ultrapassando 2 metros. Verificou-se também que existe uma área que engloba grande parte do município de Timbé do Sul, onde estes leques apresentam-se capeados por um espesso solo de cor vermelho escuro, originado a partir da alteração residual dos próprios clastos de rochas efusivas que constituem os depósitos de leques aluviais.

O perfil litológico do poço tubular profundo, realizado em 2001 pela HIDROGEO no pátio do hospital de Araranguá, demonstrou que na porção costeira estes depósitos de leques são onlapados pelos depósitos arenosos de origem marinha. O referido perfil demonstra que neste local os depósitos de leques encontram-se a uma profundidade de 28 metros e têm espessura de 3 metros.

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

A recarga se processa de maneira direta a partir das precipitações através dos próprios depósitos de leques ou de seus solos residuais e de maneira indireta a partir da infiltração d'água nas encostas e deslocamento para as planícies onde se encontram os leques, isto é, no sentido do declive hidráulico. As verificações realizadas em minas de subsolo permitiram constatar que em alguns trechos dos rios Mãe Luzia e Sangão estes contribuem para a recarga do aquífero relacionado à Formação Rio Bonito, subjacente aos leques. Este fato permite afirmar que os referidos cursos d'água contribuem também para a recarga do aquífero relacionado aos leques aluviais. Estas verificações de subsolo indicaram também que a falha N-S (conhecida como Falha Mãe Luzia) a qual encaixa trecho do rio homônimo também contribui para a recarga do aquífero Rio Bonito. Pelo exposto, embora os rios tenham geralmente um caracter efluente, isto é, recebam água do aquífero, em alguns locais desta bacia, como os citados, eles apresentam caracter influente, isto é, contribuem para a recarga.

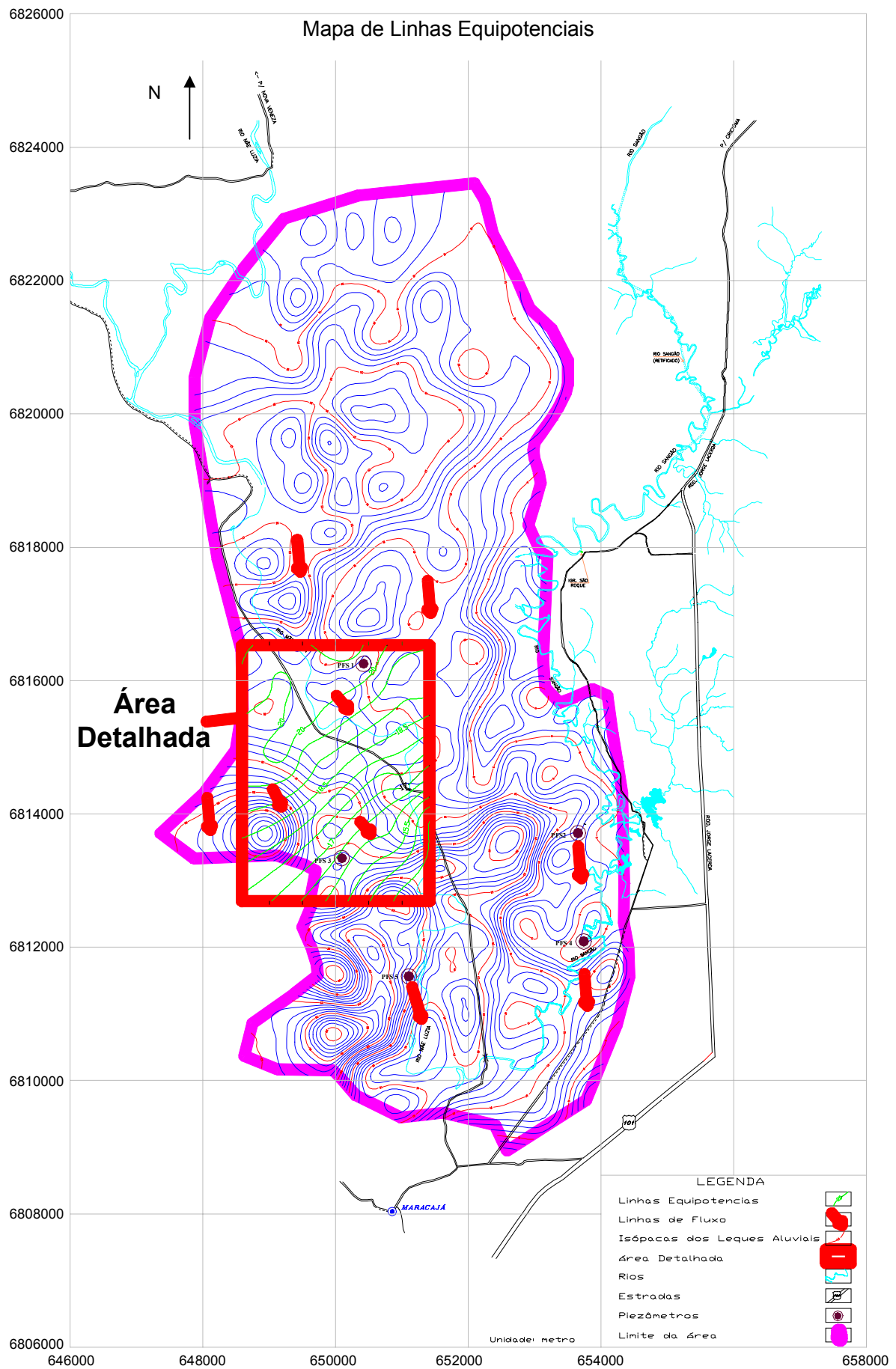


Figura 6: Mapa de Linhas Equipotênciais e Sentido de Fluxo.

Vulnerabilidade e Riscos de Contaminação

Devido à complexidade dos parâmetros envolvidos, a avaliação da vulnerabilidade do aquífero foi efetuada levando-se em conta o tipo de ocorrência das águas subterrâneas (semi-confinadas e livres), as características dos estratos da zona não-saturada (interlaminações de areia, silte e argila) e a profundidade do aquífero (variável de 0 a >20 m). Cada um desses parâmetros foi identificado por um fator numérico que variou de 0 a 1 e cujo produto permitiu classificar-se a vulnerabilidade conforme o sistema DIOS para Avaliação do Índice de Vulnerabilidade do Aquífero, segundo FOSTER et al.(1987).

Em toda a porção oeste da área de ocorrência destes leques aluviais bem como nas proximidades da encosta, onde a cobertura (seqüência superior) está praticamente ausente, a vulnerabilidade natural é alta.

À medida que se desloca para sul, isto é, no sentido do litoral, a cobertura aumenta gradativamente pelo fato de estes depósitos rudáceos serem coberto pelos depósitos arenosos de origem marinha e pelos depósitos argilo-arenosos de origem lagunar. Nesta porção a vulnerabilidade é moderada à baixa.

Junto à planície aluvial do rio Mãe Luzia, principalmente em seu baixo curso, estes depósitos conglomeráticos são cobertos por depósitos essencialmente argilosos, que correspondem aos depósitos de transbordamento do rio Mãe Luzia. Nesta porção, a vulnerabilidade natural é moderada.

Para a avaliação do risco de contaminação das águas subterrâneas, considerou-se a vulnerabilidade de cada aquífero e a carga contaminante potencial que atua sobre o mesmo.

Como vulnerabilidade, conforme FOSTER et al.(1987) e FOSTER e HIRATA (1993), entende-se a maior ou menor suscetibilidade à contaminação do material de subsuperfície a um evento contaminador. Partindo-se deste princípio, pode haver alguns casos em que o aquífero apresenta alta vulnerabilidade sem riscos de contaminação, pela ausência de uma carga significativa e vice-versa.

Com relação aos riscos de contaminação, cabe ressaltar que a planície costeira onde aflora esta unidade geológica é largamente utilizada para o cultivo de arroz irrigado, com uso de defensivos agrícolas e também que ao longo do alto e médio curso do rio Mãe Luzia existem várias áreas de lavra e beneficiamento de carvão. Estes fatos trazem preocupações no que se refere à possibilidade de contaminação deste aquífero pelas cargas difusas relacionadas ao uso indiscriminado de defensivos agrícolas e também pelas águas já poluídas em épocas passadas pelos efluentes de beneficiamento de carvão que eram lançados nos rios Mãe Luzia e Sangão.

No caso do uso de defensivos agrícolas, embora até o presente momento ainda não se tenha dados concretos, pode-se admitir que naquelas áreas de cultivo de arroz irrigado situadas nas proximidades da encosta do planalto gonduânico ou dos morros-testemunhos, onde a cobertura praticamente não existe e a velocidade de circulação das águas subterrâneas é elevada, o risco de contaminação deste aquífero é muito alto. À medida que se dirige para sul, no sentido do litoral, o risco de contaminação torna-se gradativamente mais baixo.

No caso da planície aluvial do rio Mãe Luzia, onde atualmente existem atividades de lavra e beneficiamento de carvão e o próprio rio Mãe Luzia já apresenta suas águas contaminadas, verificam-se duas situações distintas. No médio curso, isto é, no trecho situado entre Forquilha e Nova Veneza, o risco de contaminação é alto porque a cobertura está ausente ou é pequena. No seu baixo curso, da cidade de Forquilha até sua foz com o rio Araranguá, pelo fato de estes depósitos conglomeráticos serem capeados por material predominantemente argiloso com espessura superior a 10 metros, o risco de contaminação é moderado a baixo.

Aspectos Qualitativos

Sabe-se que para definir a qualidade natural das águas deve-se considerar os vários fatores que influenciam suas características, tais como: clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, natureza do solo e subsolo, além da contaminação antrópica. Estes fatores podem mudar significativamente as características das águas.

Com relação a este sistema aquífero, a qualidade das águas para fins de abastecimento público, industrial e agrícola é praticamente desconhecida devido à falta de captações.

Os trabalhos de campo permitiram verificar-se que a água de vários poços escavados nos municípios de Timbé do Sul e Meleiro, após um certo tempo de uso, tornou-se inadequada para consumo humano devido ao alto teor de ferro. Esta área apresenta características rurais, não havendo até o presente momento nenhuma indústria poluente nem tampouco apresentando atividades de lavra e beneficiamento de carvão.

Acredita-se que o alto teor em Fe, identificado nas águas dos referidos poços, esteja relacionado à alteração residual dos clastos de rochas efusivas básicas que compõem os depósitos de leques aluviais. As verificações de campo demonstraram também que esta faixa correspondente aos leques proximais atua como uma área de circulação das águas subterrâneas, onde são frequentes as oscilações do lençol freático devido a variações climáticas.

No município de Maracajá e Turvo, constatou-se que várias famílias na área rural possuem poços-ponteiras que exploram água para fins de abastecimento humano.

De acordo com MACHADO (1997), na região de Forquilha, o pH é ácido e o teor de sais dissolvidos está entre 100 mg/l e 200 mg/l.

A tabela 01 apresenta os resultados de análises realizadas em amostras de água coletadas em poços piezômetros monitorados pela Carbonífera Criciúma, no município de Forquilha.

	pH	Acidez	Al	Cu	Fe	Mn	Nitrato	Zn	SO ₄	Solid. Tot	Sol. Sed.
PFS 1	5,7	327	1,5	0,03	8,40	0,21	5,3	0,03	5	149	0,2
PFS 2	4,7	473	< 0,1	0,02	0,39	0,12	26,4	0,02	5	81	< 0,1
PFS 3	6,5	40	1,1	0,02	13,0	0,88	0,4	0,02	43	230	< 0,1
PFS 4	7,6	3	0,5	0,02	1,90	0,31	0,1	0,02	38	271	< 0,1
PFS 5	6,4	41	< 0,1	0,02	17,80	1,24	1,3	0,01	58	734	< 0,1

Tabela 01 Resultados de análise de poços piezômetros (Amostragem de 14/11/2001)

Como se pode observar na Tabela 01, dos parâmetros físico-químicos avaliados o ferro é o que se apresenta como o mais restritivo ao uso das águas subterrâneas. Segundo a Portaria n.º 36/GM, o valor máximo permissível para o ferro em água potável é de 0,3mg/l.

Considerações finais

Sabe-se que a bacia do rio Araranguá é uma das áreas mais críticas do Estado com relação à disponibilidade e à qualidade das águas superficiais. Neste contexto, a caracterização deste sistema aquífero reveste-se da mais alta importância, principalmente no que se refere ao planejamento de uso deste recurso para complementação do abastecimento doméstico e industrial no âmbito desta bacia hidrográfica.

Constatou-se que este aquífero possui boa potencialidade, apresentando ótimas condições para a exploração através de poços escavados ou sistema de ponteiros interligadas, a um baixo custo de implantação e operação. Por outro lado, na maior parte de seu domínio, devido à sua natureza areno-conglomerática e à pequena cobertura, possui alta vulnerabilidade natural e alto risco de contaminação às cargas contaminantes de superfície. Por este motivo, é fundamental que sua exploração se realize embasada em critérios técnicos, respeitando-se suas fragilidades naturais.

Quanto à adequabilidade de sua água para os diferentes usos praticados no âmbito desta bacia, pouco se avançou neste sentido. Os resultados de análises realizados em trabalhos anteriores indicaram que as águas deste sistema aquífero apresentam características bastante distintas, dependendo do local onde foi coletada a amostra. É necessário, portanto, que se realize um trabalho de maior detalhamento no que se refere à geologia desta unidade, definindo-se os locais onde ocorre a alteração dos clastos e relacionando-se a oscilação do lençol freático com esta zona de alteração dos clastos. Deve-se também relacionar a qualidade da água com as fontes de poluição de superfície.

No que se refere às características hidroquímicas de suas águas, recomenda-se a realização de uma série de análises físico-químicas, tratando-se os dados através de *softwares* para modelamento matemáticos.

Bibliografia

- CARUSO Jr., F. 1997. **Mapa Geológico da Região Sul de Santa Catarina**. [Itajaí] : UNIVALI/OSNLR/CECO/UFRJ. Mapa color. 90 x 90 cm. Escala 1: 100.000.
- DUARTE, G. M. 1995. **Depósitos Cenozóicos Costeiros e a Morfologia do Extremo Sul de Santa Catarina**. São Paulo : USP. 300 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar).
- FOSTER, S. & HIRATA, R. 1993. **Determinação do risco de contaminação de águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. São Paulo : Instituto de Geológico. (Boletim n. 10)
- FOSTER, S., VENTURA, M. & HIRATA, R. 1987. **Contaminacion de las aguas subterraneas: un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación com el suministro de agua potable**. Lima : OMS/OPS-HPE/CEPIS. 42 p.
- FOLHA SH-22. Porto Alegre e parte das Folhas SH-21. Uruguaiana e SI-22. Lagoa Mirim: **geologia, pedologia, geomorfologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: IBGE., 1986. 796p. 6 mapas (Levantamento de Recursos Minerais, v.33).
- KREBS, A.S.J. 1997. **Avaliação do potencial hidrogeológico da área correspondente à bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC**. Criciúma : UNESC. (Relatório inédito)
- MACHADO, J.L.F. **Mapa hidrogeológico escala 1:250.000 da Folha de Criciúma**. Porto Alegre CPRM, 1997.
- MUHLMANN, M. et. al. 1974. **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná** . Ponta Grossa: PETROBRÁS, 1v.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. 1997a. **Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica da bacia do rio Araranguá: Caracterização Hidrológica**. Florianópolis. v. 2. 47 p.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.1997b **Bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina : diagnóstico geral**. Florianópolis. 163p.