

ASPECTOS GEOLÓGICOS, HIDROGEOLÓGICOS E HIDROGEOQUÍMICOS DA REGIÃO DE MONTE ALEGRE (RN), BRASIL

Alessandra Maria Araújo de Lacerda¹ & José Geraldo de Melo²

Resumo - O presente trabalho corresponde a uma caracterização geológica, hidrogeológica e hidrogeoquímica na região de Monte Alegre-RN, situada na zona de transição entre os sedimentos da bacia costeira leste do RN e as rochas do embasamento cristalino pré-cambriano. Abrange, aproximadamente, 250km², incluindo os municípios de Monte Alegre e São José de Mipibú, bem como seus distritos.

Essa região está caracterizada, hidrogeologicamente, pelo Aquífero Barreiras que constitui a principal fonte de suprimento hídrico da região, abastecendo as comunidades locais.

A potenciometria da área está caracterizada pela existência de uma zona elevada da superfície das águas subterrâneas com fluxo divergente nos setores norte e central da área, correspondendo a zona principal de recarga do aquífero por infiltração de águas da chuva.

As águas subterrâneas do Aquífero Barreiras presentes na região de Monte Alegre são do tipo cloretadas sódicas e predominantemente ácidas, de dureza branda, doces e com teores de NO₃ sensivelmente elevados com relação ao nível geral de base (10mg/l).

Palavras-chaves - Geologia, Hidrogeologia e Hidrogeoquímica.

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar a geologia e a hidrogeologia da região de Monte Alegre-RN, bem como, avaliar o comportamento do

¹ Mestrado em Geociências - UFRN. Campus Universitário, Lagoa Nova – CEP 59072970 – Telefone: (084) 2153809 – Fax: (084) 2153806 – Natal – RN – Brasil. E-mail: araujo@geologia.ufrn.com.br

fluxo subterrâneo e as possíveis modificações hidroquímicas no âmbito dos diferentes tipos litológicos.

A área estudada compreende os municípios de Monte Alegre e São José de Mipibú, bem como seus distritos. Abrange uma área de aproximadamente 250Km² (figura 1) e encontra-se limitada pelas seguintes coordenadas geográficas: 06° 00' 00" e 06° 08' 17" de latitude sul e 35° 14' 27" e 35° 22' 40" de longitude oeste.

Encontra-se socialmente e economicamente ligada, principalmente, à extração de arenitos silicificados para a confecção de alicerces de casas e de argila para o uso em olarias e cerâmicas, além de atividades pesqueiras nas lagoas e rios da região. É dominada ainda, pela monocultura da cana-de-açúcar, seguida por plantação de mamão e coco.

A região de Monte Alegre-RN encontra-se numa zona de transição entre os climas As'- quente e úmido, e BSH - árido quente (Koppen 1948, in RADAMBRASIL, 1980), caracterizado por uma precipitação média anual de 1507mm, com maior concentração de chuvas entre os meses de março a julho.

Dados obtidos no posto de nº 3829135 de coordenadas 06°40'S e 35°20'E, localizado no município de Monte Alegre, cedidos pela EMPARN, forneceram uma precipitação pluviométrica média anual, no período de 1992 a 1998, de 858 mm.

Baseado em dados fornecidos pela Estação Meteorológica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a precipitação pluviométrica durante o período de 1988 a 1998 atingiu o máximo de 2159.3 mm (1988) e um mínimo de 858.2 mm (1993), com média anual de 1507 mm.

As temperaturas do ar, máximas e mínimas, durante o período de 1988 a 1998, variaram de 27.2°C a 26.7°C, 29.0°C a 30.1 e 27.2°C a 26.7°C, com médias anuais de 26.6°C, 29.5°C e 22.6°C, respectivamente. Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro representam os meses mais quentes do ano, ou seja, correspondem ao final da estação seca e início das chuvas. Já os meses de junho a agosto representam a estação chuvosa.

Baseado no Método de *Thornthwaite* foram estimadas as potencialidades hídricas no solo utilizando dados de precipitação e temperatura obtidos na estação climatológica da UFRN no período de 1988 a 1998. Pode-se observar que, o ano inicia-se com um *déficit* hídrico de 103mm, em seguida começa a infiltração de água no solo até a

² Mestrado em Geociências – UFRN. Campus Universitário, Lagoa Nova – CEP 59072970 – Telefone: (084)

saturação com um excedente de 500mm. A taxa de infiltração foi estimada em 33%. No mês de agosto inicia-se um novo *déficit* até o final do ano atingindo 367mm. O total de déficit hídrico anual foi da ordem de 526,6mm.

METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizado um mapeamento geológico (escala 1:50.000) e estrutural da área seguido de cadastramento de pontos d'água, avaliação hidroquímica e posterior análise dos resultados.

O cadastramento de pontos d'água que inclui poços rasos (cacimbões), poços profundos (tubulares), fontes e reservatórios superficiais. Consistiu da identificação e medição de parâmetros construtivos e na medição de níveis estáticos e dinâmicos de poços. Em cada ponto cadastrado foi coletado uma amostra d'água e mediu-se a condutividade elétrica das águas com o auxílio de um condutivímetro portátil *HACH*. A localização destes pontos em mapa foi feita com o auxílio de GPS e suas altitudes mediante o nivelamento topográfico.

Através de dados de níveis estáticos e cotas topográficas foi elaborado o mapa potenciométrico tendo em vista a caracterização do comportamento do fluxo subterrâneo na área.

Os parâmetros hidrodinâmicos da unidade aquífera Barreiras foram definidos com base na análise e reavaliação de dados de poços da Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN) e da Secretaria de Recursos Hídricos do RN (SERHID) e, posteriormente, tratados em *softs* específicos.

Na interpretação dos dados hidroquímicos foi aplicado o programa *Aquachem for windows 95/MT* elaborado por *waterloo hidrogeologic*.

HIDROGRAFIA E RELEVO

A área de estudo encontra-se delimitada pelas bacias hidrográficas do Rio Trairí e o Riacho Pium. O Rio Trairí limita ao sul a área, correspondendo ao principal curso d'água e corre segundo a direção E-W. O Riacho Pium limita a área a norte, sendo de menor porte e está encravado nos sedimentos do tipo Barreiras, segundo a direção SW-NE.

Geomorfologicamente, a área expõe uma drenagem simples com reduzidos escoamentos e elevadas taxas de infiltração, que propicia extensas áreas de cultivo.

Destacam-se ainda, planícies aluviais do Rio Trairí que ocorrem na direção E-W atravessando toda a área.

No aspecto geral, o relevo é suavemente ondulado com cotas topográficas que variam de 23m a 92m, demarcado pelos sedimentos Barreiras. Encontram-se ainda, elevações de cotas atingindo até 96m compostas por terrenos cristalinos.

GEOLOGIA DA ÁREA

A área de estudo situa-se em uma região de transição entre os sedimentos da bacia costeira leste do RN e as rochas do embasamento cristalino pré-cambriano.

É composta por um embasamento cristalino pré-cambriano (gnaisses e rochas graníticas), por sedimentos cretáceos (calcários arenosos), por uma sequência terció-quaternária (arenitos de cores variegadas) e por sedimentos quaternários (sedimentos recentes).

Foi possível mapear cinco unidades distintas e propor uma coluna estratigráfica conforme a figura 3. A seguir será feita uma descrição detalhada de cada uma destas unidades.

EMBASAMENTO PRÉ-CAMBRIANO

O embasamento cristalino presente está representado por gnaisses de composição granítica, aflorando na porção WSW da área, e por um corpo granítico de composição tonalítica aflorante no povoado de Olho D'água, porção central da área.

SEQUÊNCIA SEDIMENTAR CRETÁCEA (FORMAÇÃO BEBERIBE)

Esta unidade está representada por um calcário arenoso de coloração amarelada, aflorante no povoado de Retiro (Distrito de Monte Alegre-RN), encontra-se sobreposta ao embasamento cristalino. Esta unidade é correlacionada à Formação Beberibe do Grupo Paraíba pertencente à Bacia PE-PB (Feitosa, 1998).

SEQUÊNCIA SEDIMENTAR TÉRCIO-QUATERNÁRIA (FORMAÇÃO BARREIRAS)

Esta sequência, predominante na área, atinge aproximadamente 80% das unidades aflorantes mapeadas. Domina toda a porção norte e sudeste da área. No setor sul e sudoeste encontra-se em contato com rochas do embasamento cristalino. No povoado de

Retiro, está sobreposta ao calcário arenoso. A espessura desta sequência sedimentar varia de 4 a 40m, conforme dados de poços.

Os afloramentos desta unidade estão representados tipicamente por arenitos argilosos de coloração predominantemente avermelhada, com níveis amarelados (ferruginosos) e esbranquiçados (caulinitizados).

SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS

Os sedimentos quaternários presentes na área mapeada estão representados pelos terraços fluviais e aluviões.

Os terraços fluviais situam-se topograficamente, na quebra do vale do Rio Trairí, representam pequenos patamares que terminam próximos às drenagens, suavizados por processos erosivos.

Os aluviões encontram-se dispostos nas margens e nos canais de drenagens. Estão posicionados estratigraficamente sobre as unidades pelas quais atravessam, e são compostas por areias quartzosas finas e grossas, mal selecionadas, com seixos de quartzo.

ESTRUTURAS

Estruturalmente, a área de estudo apresenta falhamentos localizados a sul da área, no contato do Barreiras com o embasamento e na porção central, entre o Barreiras e o calcário arenoso da Formação Beberibe .

Esta região foi afetada por extensos falhamentos com direções preferenciais NW/SE e ENE/WSW, que condicionam a drenagem superficial tanto no domínio da rochas cristalinas como nos sedimentos, parecendo também influenciar no comportamento do fluxo subterrâneo.

HIDROGEOLOGIA

A região em apreço, é caracterizada, hidrogeologicamente, pelo Aquífero Barreiras do tipo livre. Este aquífero constitui o principal reservatório de água da região abastecendo as comunidades da área em apreço. Litologicamente, é caracterizado por arenitos com intercalações argilosas, de granulometria fina na porção superior, tornando-se mais grossa na porção inferior. Ocorre com espessuras variáveis, evidenciando uma tendência de crescimento no sentido oeste-leste, em direção ao mar.

INVENTÁRIO DE PONTOS D'ÁGUA

O inventário de pontos d'água compreendeu o cadastramento de 55 poços, 39 tipo amazonas ou cacimbões, 3 piezômetros e 13 poços tubulares. Foram definidos os parâmetros construtivos dos poços (profundidade, diâmetro da boca do poço e natureza do material do material utilizado) e profundidade do nível d'água dos mesmos. Durante essa etapa, foram coletadas amostras d'água para análises químicas parciais.

Os cacimbões ou poços amazonas apresentam as seguintes características: profundidade: 3,0 - 40,0m; diâmetro: 6"; altura da boca do poço: 0,23 - 0,84m; nível estático: 2,25 - 35,15m; cota do terreno: 21,232 - 87,000m; cota do nível potenciométrico: 15,943 - 64,778m.

Os poços tubulares apresentaram as seguintes características: profundidade: 28,0 - 69,0m; diâmetro: 4" - 6"; altura do Boca do Poço: 0,23 - 0,56m; nível estático: 6,02 - 28,18m; cota do Terreno: 32,159 - 76,645m; cota do nível potenciométrico: 29,259 - 66,145m.

A captação d'água nos cacimbões é realizada, geralmente, manualmente ou com a utilização de baldes, auxiliados com cordas e sarilho, e em poucos casos, são utilizadas bombas centrífugas. Com base nos resultados do cadastramento, o volume d'água explotado anualmente nestes poços é em torno de $1,18 \times 10^4 \text{m}^3/\text{ano}$.

Nos poços tubulares a captação d'água é feita com o auxílio de bombas centrífugas ou, em sua maior parte por bombas injetoras. Estes poços são revestidos em sua maioria por tubos e filtros geomecânicos. Segundo dados do cadastramento, o volume total d'água explotado por poços tubulares na área é da ordem de $0,758 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$.

Os poços do Sistema Público de Abastecimento (CAERN) que abastecem as cidades de Monte Alegre e São José de Mipibú, bem como seus distritos, operam em regime de 24/24h, e o volume explotado anualmente é da ordem de $0,576 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$.

Baseado no conhecimento dos níveis estáticos e cotas potenciométricas foram definidas as cotas dos níveis d'água e, em seguida, elaborado o mapa potenciométrico dessa região.

PARÂMETROS HIDRÁULICOS

Os parâmetros hidráulicos apresentados para a área de estudo são baseados em dados extraídos de relatórios técnicos de captação d'água de poços pertencentes ao

Sistema Público de Abastecimento, e na interpretação de resultados de testes de bombeamento e perfis de poços.

LITOLOGIA E DIMENSÕES

O Aquífero Barreiras está representado litologicamente por arenitos de granulometria variando de fina a grossa, com a presença de cascalhos. Ocorrem também intercalações argilosas que limitam a sua espessura útil, e, desta forma, contribuem para a complexidade do sistema hidrogeológico.

Os níveis argilosos são mais presentes na porção superior. A freqüente mudança lateral de fácies e a passagem brusca de argila para arenito pouco ou não argiloso, pode estar facilitando a conexão hidráulica entre as camadas inferiores e as superiores. Na porção inferior, o Aquífero Barreiras encontra-se limitado por calcários arenosos finos de coloração amarelada.

Os perfis dos poços do Sistema Público de Abastecimento (CAERN), juntamente com perfis de poços perfurados pela SERHID mostram que o Aquífero Barreiras apresenta uma espessura variando de 31 a 56m (Figura 4). A média verificada é de 43,5m.

A espessura saturada verificada na figura 4 varia de 18,35m (poço 40) a 35,970m (poço 51), com média de 27,16m.

Baseado em que as argilas praticamente não produzem água, avaliou-se as espessuras saturadas efetivas, sem considerar os pacotes argilosos. Desta forma, verificou-se que as variações são de 0,85 m (poço 41) a 18,45m (poço 17), com média geral de 9,65m.

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

Os parâmetros hidrodinâmicos do Aquífero Barreiras na região de Monte Alegre são apresentados com base na reavaliação de dados de seis testes de bombeamento realizados e interpretados três pela CAERN e três pela SERHID.

Estes testes foram realizados utilizando uma bomba submersa acionada por um grupo gerador. As vazões foram medidas em descarga livre através de um recipiente de volume conhecido (tonel de 200l). A tabela 1 apresenta os resultados dos testes de bombeamento, representados pelo nível estático (NE), nível dinâmico (ND), vazão (Q), vazão específica (q) e rebaixamento(Sw).

POÇO	NE (m)	ND (m)	Q (m ³ /h)	q (m ³ /h)	SW (m)
17	33,05	35,207	13,091	6,279	2,085
39	13,110	21,600	4,235	0,499	8,490
40	13,450	22,700	8,000	0,865	9,250
41	12,650	16,050	1,411	0,415	3,400
52	7,870	10,040	18,461	2,477	7,452
53	3,780	11,230	19,230	1,469	13,091

Tabela 1. Resultados dos testes de bombeamentos realizados pela CAERN e SERHID.

Os testes de bombeamento foram realizados no próprio poço, sem dispositivo do poço de observação ou piezômetro. Desta forma, o valor de r (distância entre o piezômetro ao poço bombeado) será o valor do raio do próprio poço. Como o valor do r , no nosso caso é pequeno, o método mais indicado para a avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos é o de *Jacob*. Este método consiste na obtenção de uma curva obtida através dos valores de rebaixamento e seus tempos correspondentes em ciclos logarítmicos. Após a construção desta curva, identifica-se o trecho mais representativo da mesma e encontra-se o Δs , que corresponde a diferença de rebaixamento. A recuperação dos poços durante os testes de bombeamento ocorreu no período de 2h.

Os parâmetros hidrodinâmicos foram obtidos através das seguintes fórmulas:

$$T = 0,183 \times Q/\Delta S \times \log t_1/t_2 \quad , \quad S = 2,25 \times T \times t / r^2 \quad e \quad K = T/b \quad ;$$

Onde:

T = Transmissividade (m²/s)

Q = Vazão (m³/h)

ΔS = Variação do rebaixamento por ciclo logarítmico (m)

t = Tempo (s)

K = Condutividade hidráulica (m/s)

b = Espessura saturada do aquífero (m)

r = Raio dos filtros (m)

S = coeficiente de armazenamento

Devido os testes de bombeamento terem sido realizados no próprio poço, não foi possível a determinação de valores satisfatórios para o coeficiente de armazenamento

Os parâmetros hidrodinâmicos calculados e seus respectivos valores estão sumarizados na tabela 2.

POÇO	LOCAL	PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS				
		b(m)	Q(m ³ /h)	Δs (m)	T(m ² /s)	K(m/s)
17	São José de Mipibú	18,45	13,091	0,150	4,44x10 ⁻³	2,41x10 ⁻⁴
39	São José de Mipibú	16,89	4,235	0,220	1,80X10 ⁻⁴	1,06X10 ⁻⁵
40	Monte Alegre	18,35	1,411	0,200	2,03X10 ⁻³	1,11X10 ⁻⁴
41	São José de Mipibú	0,85	8,000	0,1530	5,00X10 ⁻⁵	5,88X10 ⁻⁵
52	Monte Alegre	7,38	18,461	0,382	2,45X10 ⁻³	3,31x10 ⁻⁴
53	Monte Alegre	8,22	19,230	0,514	1,90X10 ⁻³	2,31x10 ⁻⁴

Tabela 2. Parâmetros Hidrodinâmicos do Aquífero Barreiras.

Os valores médios de transmissividade e condutividade hidráulica determinados na interpretação dos testes foram $1,83 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ e $1.64 \times 10^{-4} \text{m/s}$, respectivamente. A porosidade efetiva adotada para a área de estudo foi de 10%, baseada em dados obtidos por *Melo* (1995) na região de Natal.

Mapa Potenciométrico

O mapa potenciométrico da área expressa o comportamento do fluxo subterrâneo, na região do domínio do Barreiras e do cristalino. Podem ser observadas, as direções gerais das linhas de fluxos subterrâneos e os respectivos divisores d'água (figura 5).

A configuração das curvas potenciométricas expressa a existência de uma zona elevada da superfície das águas subterrâneas com fluxo divergente nos setores norte e central da área, correspondendo a zona principal de recarga do aquífero por infiltração de águas da chuva. Na área destacam duas frentes principais de escoamentos: a frente de escoamento no setor norte, em direção ao Riacho Pium, com gradientes hidráulicos médios de 0,3%, e a frente no setor central e sul, em direção ao Rio Trairí, com gradientes médio de 0,6%.

No domínio Barreiras, os gradientes hidráulicos mostram-se mais baixos, variando de 0,2 a 0,7%, sugerindo condições favoráveis de recarga e/ou elevadas condutividades hidráulicas para o aquífero Barreiras.

No domínio do cristalino, os gradientes hidráulicos apresentam-se mais elevados, variando de 1,5 a 3,7%, sugerindo condutividades hidráulicas mais baixas.

A vazão do fluxo subterrâneo no domínio Barreiras em direção ao Rio Trairí avaliada a partir da lei de DARCY pela equação:

$$Q = T.I.L$$

onde:

Q = descarga do fluxo subterrâneo (m^3/s ou m^3/ano)

T = transmissividade (m^2/s)

I = gradiente hidráulico (%)

L = largura da frente de escoamento (m).

Na área do cristalino não foi possível calcular a vazão do fluxo subterrâneo, pela falta de parâmetros hidrodinâmicos neste domínio. Considerando que os gradientes hidráulicos são elevados, acredita-se que a vazão do fluxo subterrâneo seja pequena.

A tabela 3 apresenta os valores de transmissividade, gradiente hidráulico, frente de escoamento e a vazão do fluxo subterrâneo natural obtida, para a referida frente em direção ao Rio Trairí.

DOMÍNIO	T (m^2/s)	I (%)	L (km)	Q (m^3/ano)
BARREIRAS	$1,83 \times 10^{-3}$	0,45	14,130	$3,49 \times 10^6$

Tabela 3. Valores de transmissividade, gradiente hidráulico, frente de escoamento e vazão do fluxo subterrâneo para a área do domínio Barreiras.

POTENCIALIDADES HIDROGEOLÓGICAS DO AQÜÍFERO BARREIRAS

O Aqüífero Barreiras, caracterizado como do tipo livre, apresenta o seu nível potenciométrico flutuando de acordo com as variações sazonais. Desta forma, suas potencialidades estão diretamente relacionadas à infiltração das chuvas em suas coberturas superficiais. O volume infiltrado alimenta o fluxo subterrâneo e restitui as águas subterrâneas retiradas nos escoamentos naturais e nas explorações dos poços (Melo, 1995).

As reservas reguladoras, em condições de equilíbrio, ou seja, sem exploração dos poços, encontram-se situadas entre os níveis potenciométricos máximos e mínimos, sendo equivalentes à infiltração eficaz e à vazão do fluxo subterrâneo, de acordo com as

variações sazonais. Devido não se conhecer com precisão a amplitude da variação de carga em consequência das estiagens, as reservas reguladoras foram estimadas como sendo equivalentes a vazão do fluxo subterrâneo (Q) avaliada em $3,49 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Para o cálculo da variação de carga dH relacionada às flutuações sazonais dos níveis d'água, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\mu = \frac{Q}{A \cdot dH} \quad \text{onde}$$

μ = porosidade específica (10%)

Q = vazão do fluxo subterrâneo ($3,49 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$)

A = área aproximada do domínio Barreiras (200 Km^2)

Utilizando a porosidade específica de 10%, equivalente da área de Natal, calculou-se a dH obtendo-se um valor de 1,75m.

As reservas permanentes do Aquífero Barreiras podem ser estimadas pela seguinte fórmula:

$$RP = A \times E_m \times \mu \quad \text{onde:}$$

RP = reservas permanentes

A = área (200 Km^2)

μ = porosidade específica (10%)

E_m = espessura saturada mínima do aquífero (0,85m)

A reserva permanente obtida foi da ordem de $17 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. As reservas exploráveis serão atribuídas como equivalentes às reservas reguladoras ou à vazão do fluxo subterrâneo, correspondendo a $3,49 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Baseando-se que, o volume explorado pelos poços é da ordem de $0,733 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, conclui-se que a disponibilidade hídrica média anual da área de estudo é de $2,76 \times 10^6 \text{ m}^3$, considerando as reservas permanentes intocáveis.

HIDROGEOQUÍMICA

Para a realização da caracterização hidrogeoquímica da área de estudo foram medidos os valores de condutividade elétrica durante o cadastramento de poços, os quais variam de 39,7 a 540,0 μ s/cm. Baseado nestes valores, elaborou-se o mapa de condutividade elétrica da área (Figura 6).

O mapa de iso-condutividade elétrica mostra que de um modo geral, a condutividade elétrica das águas subterrâneas no domínio sedimentar, notadamente onde o Aquífero Barreiras possui maior transmissividade (setor nordeste), apresenta-se mais baixa, da ordem de 39,7 μ s/cm, divergindo das condutividades obtidas no setor sudoeste, onde ocorrem influência das rochas cristalinas, atingindo até 540,0 μ s/cm.

O resultado das análises químicas foi representado no diagrama trilinear de *Piper* (figura 7). As águas, em geral, são do tipo cloretadas sódicas. Verifica-se que há um aumento de concentração do cátion magnésio e do ânion bicarbonato na direção sudoeste, onde ocorre influência de rochas carbonáticas e cristalinas.

As águas subterrâneas do Aquífero Barreiras apresentam pH variando de 5.0 a 8.3, com 70% de águas ácidas e 30% de águas básicas. Os teores de CaCO₃ obtidos entre 7 e 30 mg/l, classificam as águas como de dureza branda. Os sólidos totais dissolvidos (STD) variam de 25,4 a 360,0 mg/l. São, portanto, águas doces.

As águas dos poços cadastrados apresentam teores de nitrato variando de 0.078 a 34.43mg/l. Alguns destes poços, embora ainda dentro dos limites de potabilidade (45mg/l), apresentam teores de nitrato elevados com relação ao nível geral de base, ou seja 10mg/l (Melo, 1990). Os poços afetados correspondem aos poços rasos tipo “cacimbão”, os quais não apresentam nenhuma proteção e, portanto, são muito vulneráveis à poluição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista litoestratigráfico a área de estudo é formada por rochas gnáissicas e graníticas pré-cambrianas sobrepostas por calcários arenosos cretáceos, provavelmente correlacionados à Formação Beberibe do Grupo Paraíba. A sequência cretácea encontra-se os sedimentos terciário-quadernários correlacionados à Formação Barreiras. Em algumas porções da área os sedimentos Barreiras encontram-se recobertos por sedimentos recentes (terraços fluviais e aluviões).

Hidrogeologicamente, o Aqüífero Barreiras, do tipo livre é caracterizado por arenitos com intercalações argilosas. Os parâmetros hidráulicos determinados foram: a transmissividade da ordem de $1,83 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$ e a condutividade hidráulica de $1.64 \times 10^{-4} \text{m/s}$.

As reservas reguladoras e as exploráveis do Aqüífero Barreiras foram avaliadas em $3,49 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$. A reserva permanente obtida foi da ordem de $17 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$. Considerando o volume explorado pelos poços é da ordem de $0,733 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$, verificou-se que existe um saldo que poderá ser explorado de $2,76 \times 10^6 \text{m}^3$. Observa-se que, o volume d'água utilizado do aqüífero é de apenas 26% dos recursos exploráveis.

A área mapeada é caracterizada pela existência de uma zona elevada da superfície das águas subterrâneas com fluxo divergente nos setores norte e central da área, correspondendo a zona principal de recarga do aquífero por infiltração de águas da chuva.

As águas subterrâneas da Região de Monte Alegre são de boa qualidade em suas condições naturais sendo, em geral, do tipo cloretadas sódicas, ácidas, de dureza branda, doces. Os teores de nitrato, embora ainda dentro dos limites de potabilidade (45mg/l), são superiores a 10mg/l sugerindo que, a qualidade das águas pode estar afetada por contaminantes. Verificou-se um aumento dos teores salinos e dos íons magnésio e bicarbonato em direção ao setor sudoeste da área, provavelmente por influência das rochas carbonáticas e do embasamento cristalino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAERN, 1995 – Avaliação dos riscos de contaminação e proteção das águas subterrâneas de Natal. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. Natal.
- CASTANY, G., 1975. Prospección y explotación de las aguas subterráneas. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, Spain, 738 p.
- COSTA, W.D., 1970. Estudo hidrogeológico de Natal/RN. Consultoria Técnica de Geologia e Engenharia (CONTEGE), Companhia de Água e Esgoto do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN). Recife, PE., 224 P.
- FEITOSA, E.C. 1998. Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos do Rio Grande do Norte In: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, Natal-RN. SERHID.96p. Vol.6.

- FEITOSA, E.C. 1998. Estudo Geofísico por Eletroresistividade da Região do Complexo Lagunar do Bonfim. Recife-PE, FUNPEC. 44p.
- IPT, 1982 - Estudo Hidrogeológico Regional Detalhado do Estado do Rio Grande do Norte. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Estado de São Paulo. Vol. 1/ Vol. 7 (Rel. I P T) nº 15.795.
- MABESSONE, J.M., DAMASCENO, J.M.; OLIVEIRA, L.D.D. & OLIVEIRA, M.I.M. 1991. Sedimentos cretáceos do litoral leste do Rio Grande do Norte. In: Estudos sedimentológicos, UFPE, Série B, vol. 10. p.73-76.
- MELO, J. G, 1995 – Impactos do Desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/Rn – Zona Sul. Tese de Doutorado, USP – São Paulo. 196 p.
- MELO, J.G. & FIGUEREDO, E.M., 1990. Comportamento hidráulico e vulnerabilidade do sistema aquífero Dunas/Barreiras à poluição na área de Natal/RN. Ver. Águas Subterrâneas, ABAS, São Paulo, 13: 112-124.
- PIPER, A.M. & GARRETT, A.A., 1953. Native and Contaminated ground waters in the Long Beach – Santa Ana area, California. Geological Survey Water-Supply Paper, 1136, 320p.
- PLANAT, 1983. Estudo hidrogeológico da região metropolitana de Natal. Planejamento em Recursos Naturais, Recife, PE. Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN), Relat. Final, Natal, RN, 180 p.
- RADAM BRASIL, 1980 - Folhas SB 24 / 25 - Jaguaribe / Natal, Levantamento de Recursos Naturais, Rio de Janeiro.
- SCHOELLER, H. Les eaux souterraines. Paris, Masson. 642p.

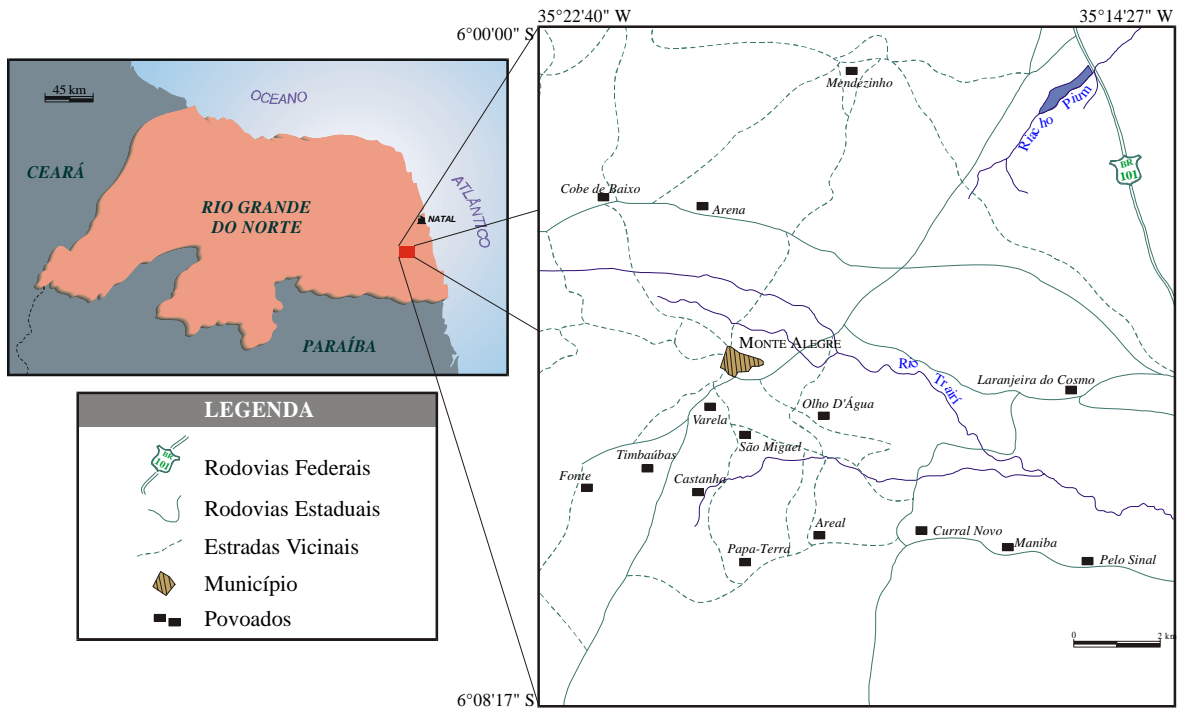


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

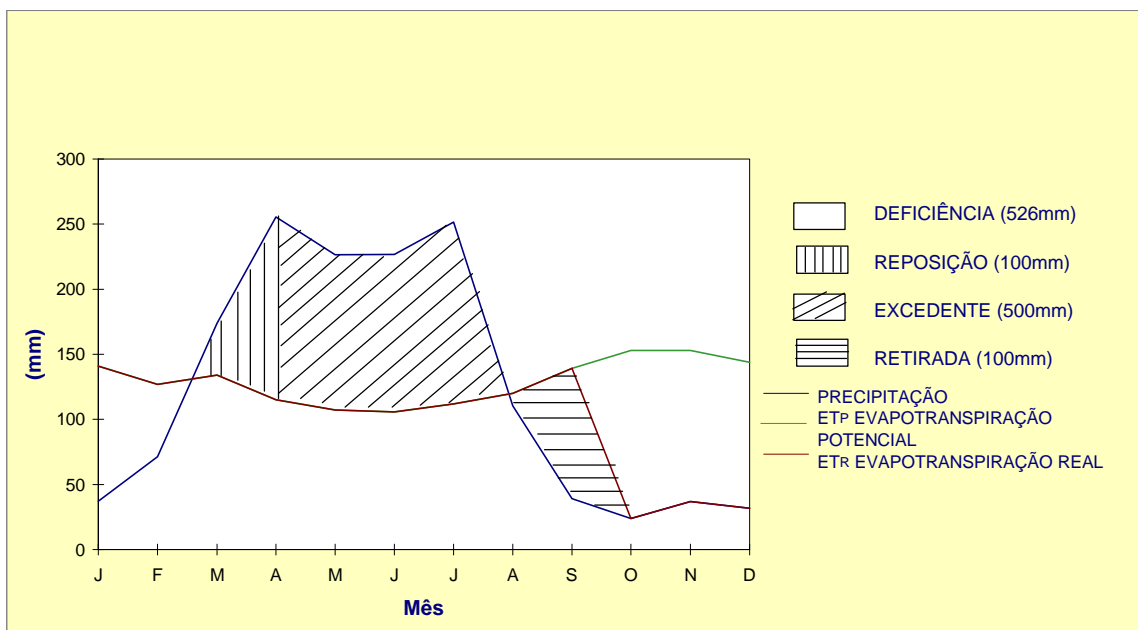


Figura 2. Representação Gráfica da disponibilidade de água no solo no período de 1988 a 1998. Fonte: Estação Climatológica da UFRN.

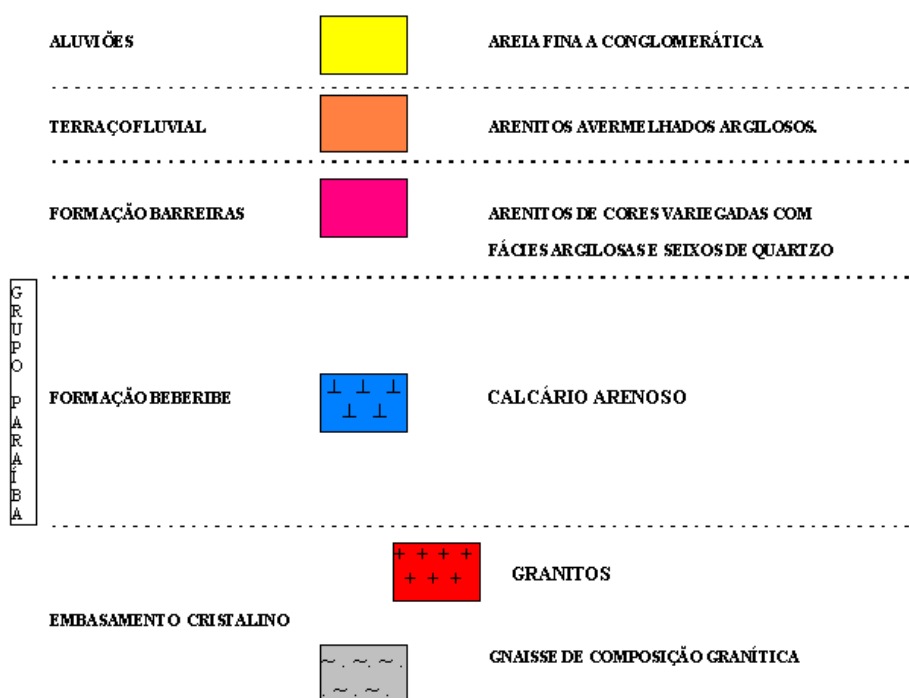


Figura 3. Coluna Estratigráfica proposta para a área mapeada.

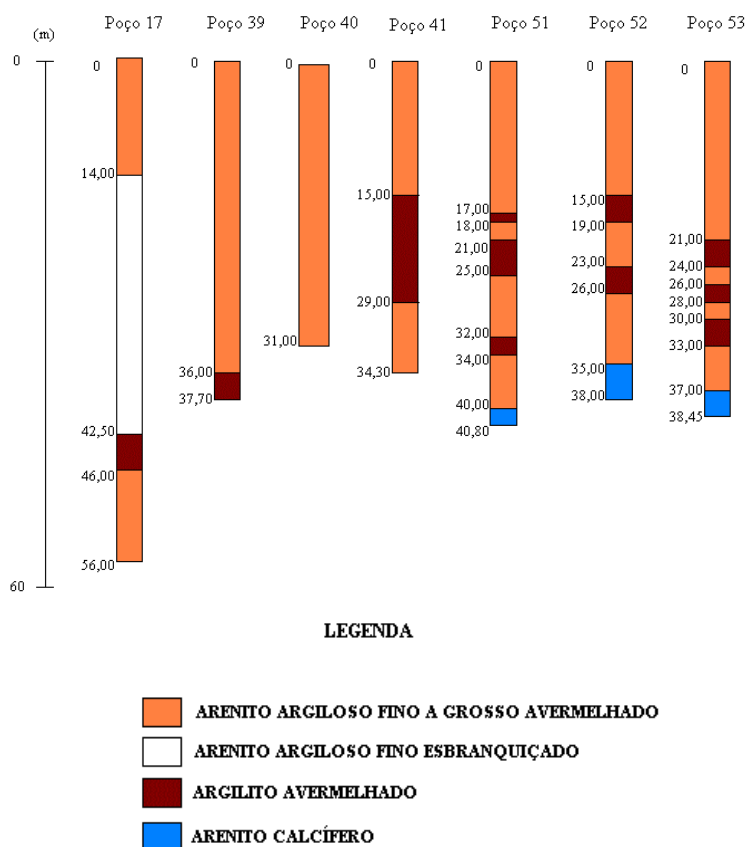


Figura 4. Perfis dos poços perfurados pela CAERN e SERHID.

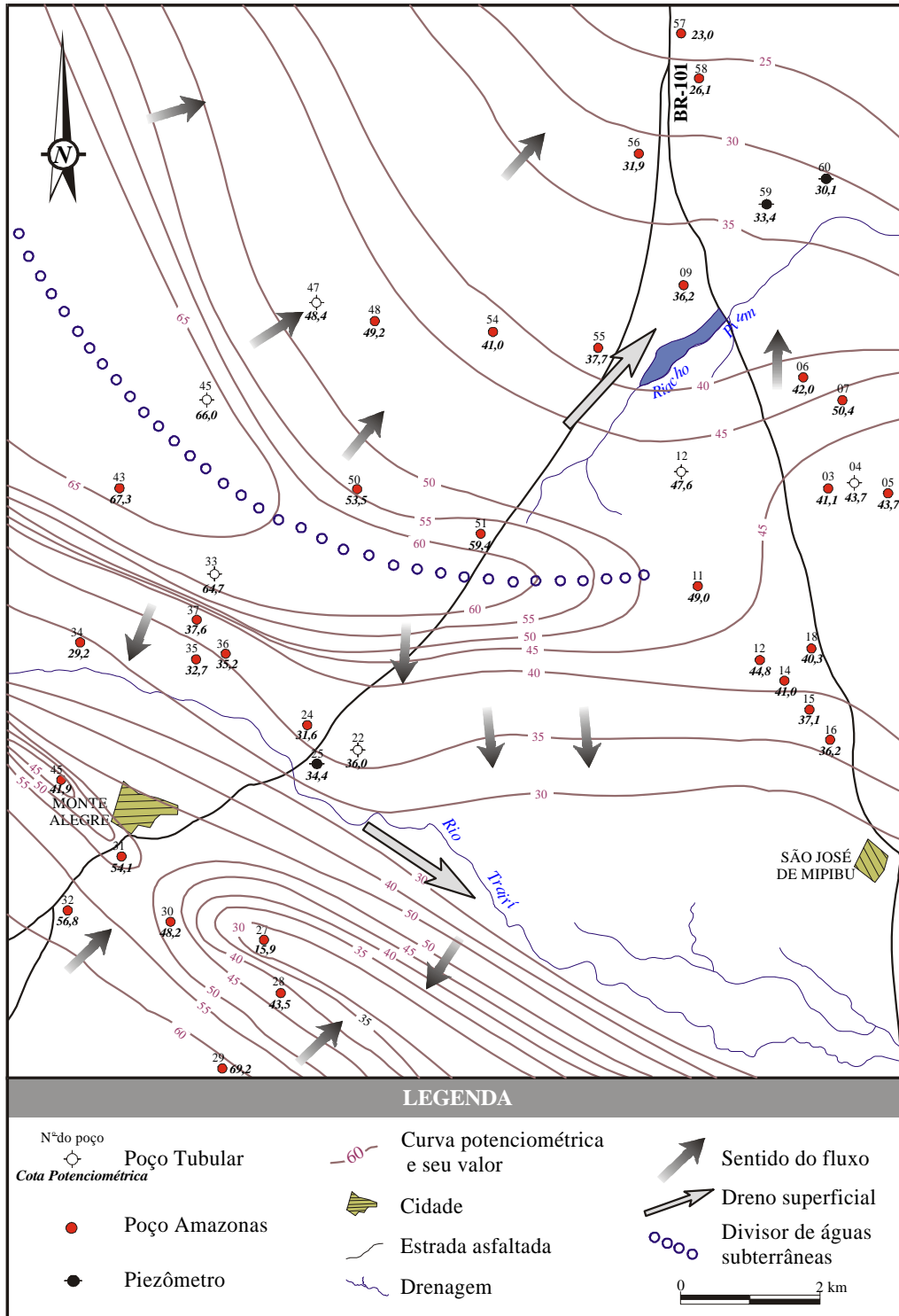


Figura 5. Mapa potenciométrico do aquífero Barreiras na região de Monte Alegre.

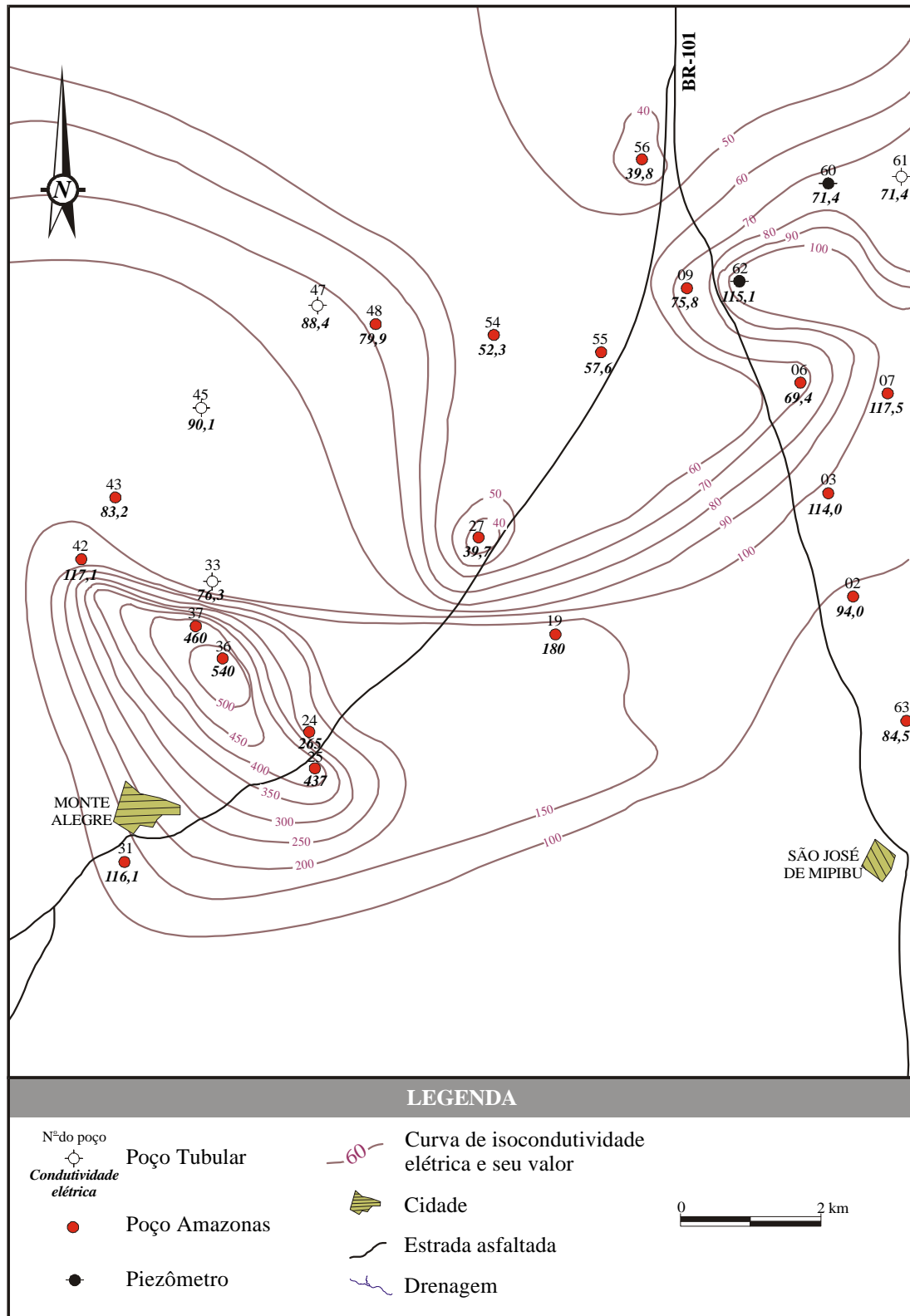


Figura 6. Mapa de iso-condutividade elétrica do aquífero Barreiras na região de Monte Alegre.

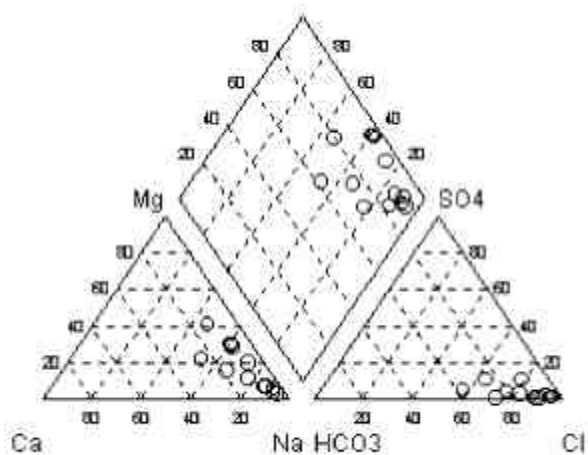


Figura 7. Diagrama trilinear de *Piper*.