



Avaliação das Águas Subterrâneas no Município de Paraipaba, Costa Oeste do Estado do Ceará

Caio Rena Pereira SARAIVA¹; Enéas Oliveira LOUSADA²,
José Antonio Beltrão SABADIA²; Elves Pereira da SILVA¹

Resumo: Essa pesquisa visa avaliar a água subterrânea com base na elaboração do inventário de poços direcionado à gestão dos recursos hídricos. A área de estudo tem 22 Km², e está localizada no Município de Paraipaba, costa oeste do Estado do Ceará. Foram cadastrados 43 poços em duas campanhas, nos meses de maio e junho de 2017. Dos 43 poços, 38 são poços escavados, e 5 são poços tubulares com profundidade variando entre 50 e 60 m. Foram identificados 6 poços inativos, sendo todos eles poços escavados. Estes poços estão dispersos em dois domínios hidrogeológicos distintos: Barreiras e Depósitos Aluvionares. O nível estático dos poços da região apresenta profundidade média de 12 metros. A concentração média de pH na área foi de 5,34 caracterizando um caráter ácido às águas. A condutividade elétrica (CE) média foi de 626 µS/cm, com picos acima de 1000 µS/cm na água de 4 poços. A concentração média de sólidos totais dissolvidos (STD) foi de 405 mg/L. A temperatura manteve-se em uma média de 28,96 °C. Recomenda-se que os poços no município de Paraipaba sejam constantemente monitorados a fim de garantir água de boa qualidade para toda a população local para seus mais diversos usos como Irrigação, uso doméstico, dessedentação animal e consumo humano.

Palavras-chave: Paraipaba, água subterrânea, poços.

Abstract: *The objective of this paper is to characterize the ground water based on an inventory of water wells in order to monitor the water resources management. The study area is located in the Municipality of Paraipaba at the west coast of a Brazilian state called Ceará. Its area is approximately 22 km². Thus, 43 water wells were mapped during the months of May and July. It is composed by 38 dug wells and 5 shallow or profound drilled wells. During the work field were identified 6 inactive dug wells. The entire number was constructed over an area divided in two Hydrogeological Domains, Barreiras and Depósitos Aluvionares. The static water level measured in the studied area has an average of 12 m. The mapped area has an acid behavior with pH varying around 5,34. Furthermore, the average of the electric conductivity is 626µS/cm, but some peaks overpasses 1000µS/cm in 4 water wells. The behavior of the total dissolved solids is very*

¹ Graduação em Geologia – Universidade Federal do Ceará

² Departamento de Geologia – Universidade Federal do Ceará

Autor para correspondência: Caio Rena Pereira Saraiva

Av. Odilon Guimarães 3935, Lagoa Redonda, Fortaleza/CE. CEP: 60.831-295

E-mail: caiogeologia11.1@gmail.com

Recebido em 23 de Agosto de 2017 / Aceito em 31 de Outubro de 2017.

similar to that shown by the electric conductivity with an average of 441 mg/L, since both are intimately related. The temperature maintained its expected pattern to the region of study about 28,9°C. It is recommended that the water wells of the municipality of Paraipaba should be constantly monitored in order to ensure good groundwater quality to the people who usually utilize the water supply to irrigation, domestic use, human consumption and animal consumption.

Keywords: Paraipaba, groundwater, wells.

1. INTRODUÇÃO

Estudos apontam que a água subterrânea corresponde a 97% de toda a água doce disponível no planeta e tem se mostrado de suma importância para o abastecimento público, bem como o atendimento da demanda requerida pela iniciativa privada (MORAIS, 2015). Em função de fatores como baixo custo, boa qualidade, captação relativamente fácil e ausência de custos adicionais, o uso da água subterrânea tem crescido substancialmente ao redor do mundo, principalmente em áreas que sofrem com baixa precipitação anual.

As águas subterrâneas ocupam patamar de extrema importância no equilíbrio do ciclo hidrológico, uma vez que são resultado da infiltração das chuvas nos solos e ainda fluem para abastecer rios, riachos, lagos e lagoas, fomentando os processos de evaporação e também evapotranspiração quando conectada às coberturas vegetais.

O elevado custo para captação e despoluição dos recursos hídricos superficiais ou para dessalinização da água do mar tem contribuído sobremaneira para aumentar a busca por este recurso estratégico. Um exemplo é a faixa costeira do Estado do Ceará, que registra escassa disponibilidade hídrica superficial e encontra na água subterrânea uma grande possibilidade para suprimento da demanda crescente por parte de indústrias, irrigação e para o próprio abastecimento humano. É cada vez mais comum encontrar nessas

regiões comunidades que são abastecidas totalmente por poços construídos pelo poder público, sejam eles rasos (Profundidade inferior a 20 metros) ou profundo (profundidade superior a 50 metros) que captam água de boa qualidade utilizada para as mais diversas atividades diárias de uma população (CAVALCANTE *et al.*, 2007). Um exemplo útil e eficaz é a construção de poços tubulares relativamente rasos e poços escavados, portanto, de baixo custo, sobre os Aquíferos Barreiras e Aluvionar, região onde está localizado o Município de Paraipaba. Esse aquíferos fornecem água de excelente qualidade responsável pelo abastecimento de comunidades e equipamentos turísticos como hotéis e pousadas.

2. LOCALIZAÇÃO

A área de estudo está inserida no Município de Paraipaba (Figura 1), localizada na Região Norte do Estado do Ceará. O município faz parte do litoral Oeste e pode ser posicionado pelas coordenadas geográficas 3° 26' 22" de Latitude Sul e 39° 08' 54" de Longitude Oeste (IPECE, 2016). O posicionamento topográfico é delineado nas cartas topográficas Paracuru (SA.24-Y-D-III) e São Luís do Curu (SA.24-Y-D-VI) (CPRM, 1998). Paraipaba faz parte da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

A sede do Município está localizada a 93 km da capital do Estado, Fortaleza. O principal acesso se dá,

saindo de Fortaleza pela Rodovia BR-222 até o município de Caucaia, entrando pela CE-085 e logo em seguida a CE-162. A área de estudo engloba parte da sede municipal e compreende uma área de aproximadamente 22 km².

3. OBJETIVO

Essa pesquisa visou caracterizar qualitativamente a água subterrânea com base na elaboração do inventário de poços direcionado à gestão dos recursos hídricos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Levantamento bibliográfico

Como base para a realização deste trabalho, buscou-se diversas fontes como artigos acadêmicos, monografias, livros e publicações de órgãos públicos. A fim de garantir maior confiabilidade,

buscou-se bancos de dados em órgãos públicos como Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos (COGERH), Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). A principal informação resgatada nestas fontes referem-se aos dados construtivos e hidrodinâmicos dos poços na área de estudo.

4.2 Etapa de Campo

A etapa de campo foi dividida em duas campanhas realizadas nos meses de maio e junho. A primeira ocorreu dos dias 15 a 21 de maio, e a segunda do dia 15 a 18 de junho de 2017.

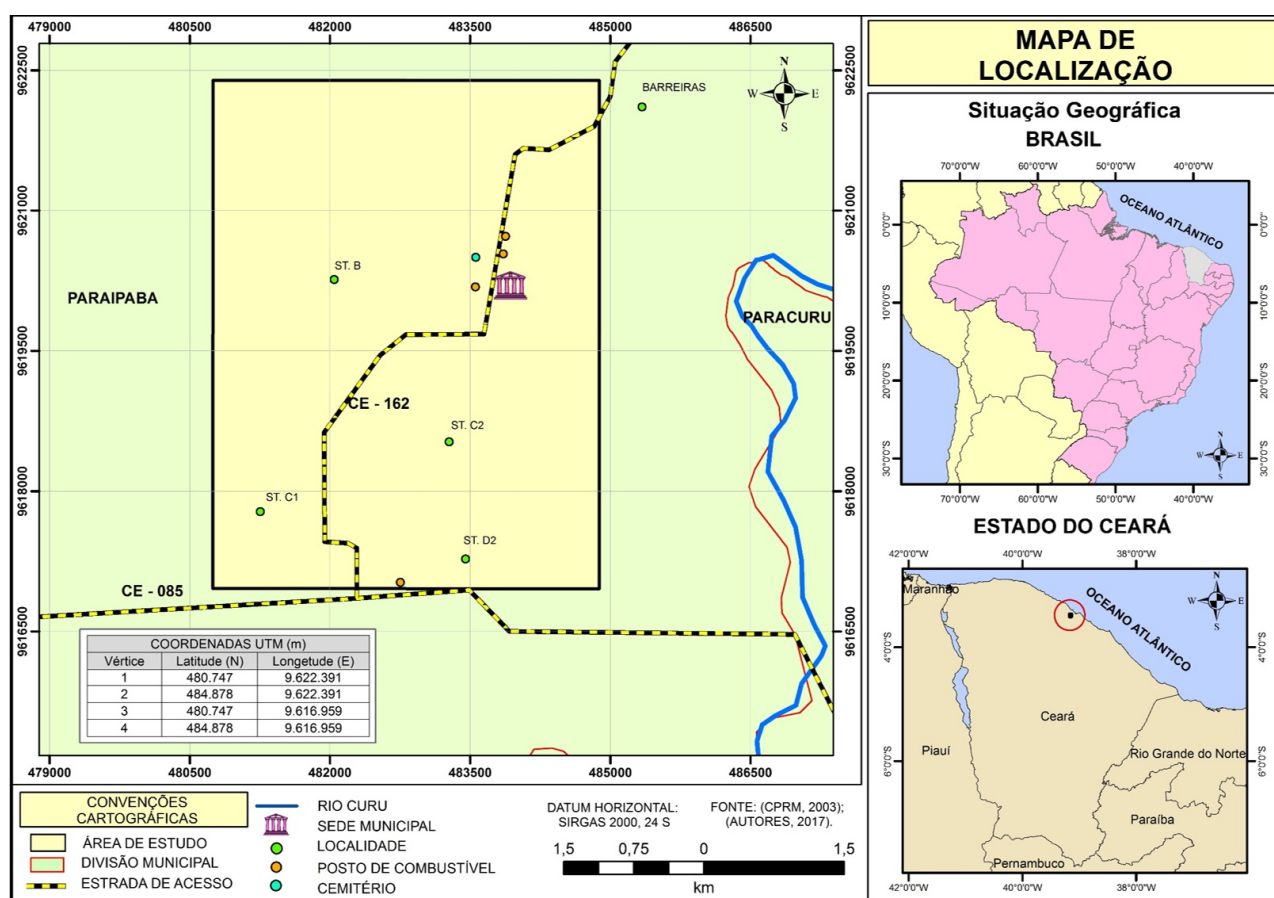


Figura 1: Localização da área de estudo no Município de Paraipaba-CE.

O intuito desta etapa consistiu na aquisição de dados in loco para composição de toda a base cartográfica aqui apresentada, além da verificação das bases adquiridas durante o processo de levantamento de dados prévio junto aos órgãos públicos e empresas privadas. Juntaram-se os dados obtidos junto à COGERH, CPRM/SIAGAS, SOHIDRA e outros, mas grande parte dos dados obtidos através destas fontes estavam desatualizados, impulsionando-nos a intensificar as atividades de campo a fim de adquirir novos dados.

Visitou-se 43 poços, entre confirmação de dados e novas aquisições. Esses poços foram enumerados seguindo uma sequência alfanumérica de P01 a P43 (Figura 2). Durante o campo, foram coletados os dados de pH, condutividade elétrica (CE),

temperatura, nível estático (NE), sólidos totais dissolvidos (STD), situação das obras de captação, profundidade e natureza do poço.

Os equipamentos utilizados durante o campo foram, o GPS (Marca GARMIM ETREX 10) para localização geográfica dos poços, medidor de nível d'água com sensor eletro-sonoro (modelo HSNA – 30) e sonda medidora de pH, condutividade elétrica (CE) e temperatura (°T) (marca OAKTON WATTERPROOF).

4.3 Elaboração de bases temáticas e produto final

Todas as informações coletadas em campo foram integradas em um arquivo de planilha eletrônica, formando uma base de dados.

Para isto foi utilizado o programa Excel, com o arquivo gerado em formato

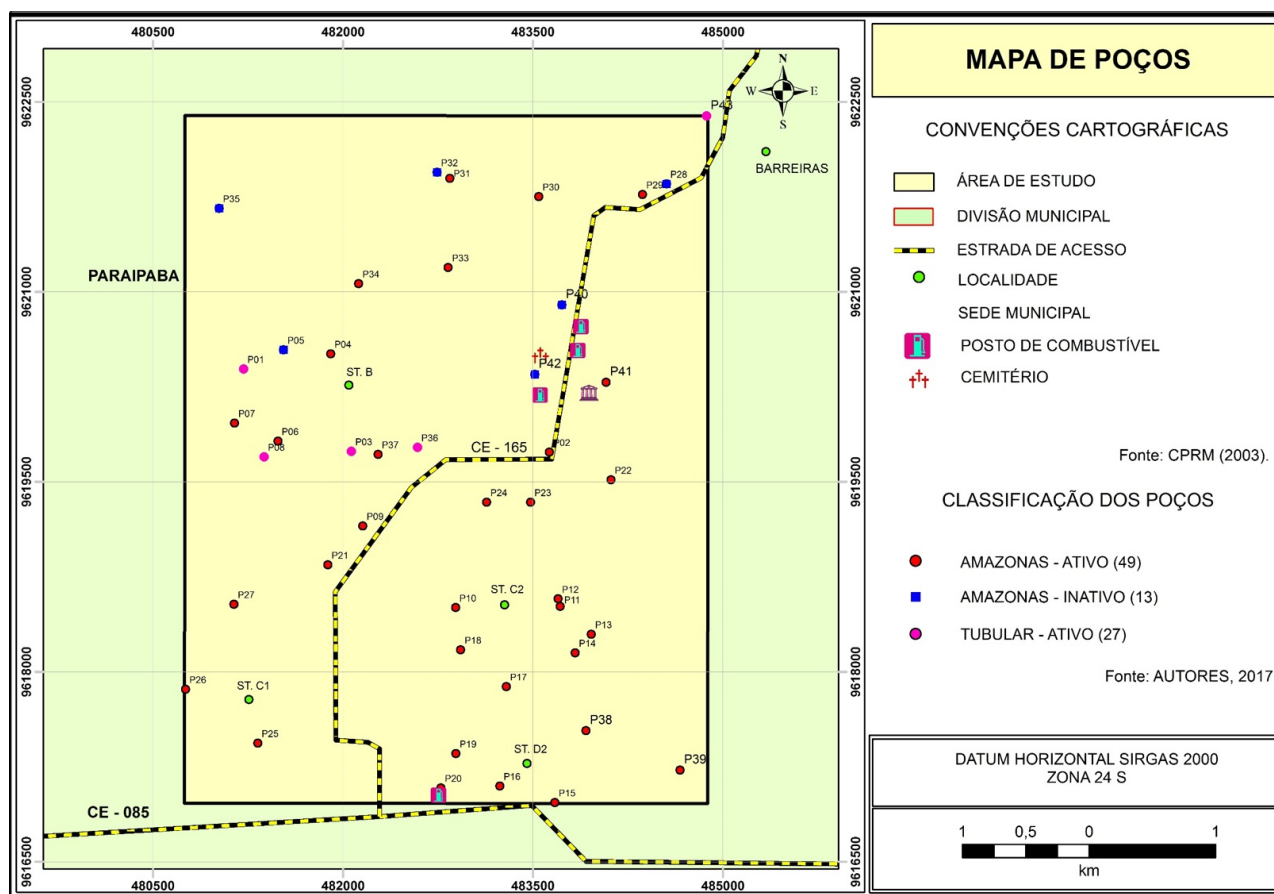


Figura 2: Distribuição dos pontos de captação de água subterrânea na área de estudo.

“xls”. As bases temáticas finais foram realizadas em ambiente SIG. Integrou-se os dados da planilha eletrônica com o intuito de projetar em mapa as informações adquiridas em campo para uma melhor observação e interpretação dos dados.

Os mapas finais contendo os isovalores para nível estático, pH e condutividade, que servirão de base para as conclusões e recomendações, foram confeccionados com base no método de interpolação conhecido como *Inverse Distance Weighting* (IDW), ferramenta de interpolação em ambiente SIG.

5. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

O município de Paraipaba apresenta clima variando do tropical quente até o semiárido brando com uma variação de temperatura média anual entre 26°C e 28°C. Seu período chuvoso ocorre entre os meses de janeiro a maio. Em média a pluviosidade anual da região varia em torno de 1238,2 mm, levemente abaixo da média apresentada por Fortaleza, que possui média pluviométrica anual de 1338 mm (IPECE, 2016 e FUNCEME, 2017).

Quanto à geomorfologia, a área de estudo está inserida dentro do Domínio Geomorfológico dos Tabuleiros Costeiros (DGTC), que pertencem à Formação Barreiras. Caracterizam-se por sua forma tabular esculpida em rochas sedimentares. Caracterizam-se como antigas superfícies deposicionais que hoje são dissecadas por redes de canais de baixa drenagem, onde encontra-se a planície fluvial do rio Curu. Esse Domínio apresenta gradientes suaves em direção à linha de costa e é limitado pela Planície Costeira ao norte, e a Depressão Sertaneja ao sul, com pediplanos que sobressaem próximo ao litoral e se estendem em direção ao interior (BRANDÃO & FREITAS, 2014).

A área está inserida na Bacia Hidrográfica do rio Curu, localizado na porção noroeste do Estado do Ceará. Limita-se, ao norte, com o Oceano Atlântico, a oeste, com a Bacia do Litoral e do Acaraú, a leste, com a Bacia Metropolitana, e ao sul com a Bacia do Banabuiú. O rio Curu se apresenta como o principal coletor desta bacia e se estende por 195km correndo preferencialmente no sentido sudoeste-nordeste (CEARÁ, 2009).

Drena uma área de 8.750,75 km², o equivalente a 6% do território cearense e drena 78,25% do município de Paraipaba (CEARÁ, 2009). A área de estudo localiza-se no Baixo Vale do Curu, onde há a ocorrência dos sedimentos da Formação Barreiras e os depósitos arenosos da Planície Litorânea (IPECE, 2016; CEARÁ, 2009).

A Bacia do rio Curu caracteriza-se como área de relevo moderado a forte e com alta taxa de ačudagem para os mais diversos fins, como abastecimento humano, irrigação e manutenção da indústria. Os principais centros de dispersão de drenagem da área são formados pelas Serras da Uruburetama, a noroeste, e do Machado, ao sul (GORAYEB, 2004).

6. GEOLOGIA

O Município de Paraipaba é geologicamente caracterizado por rochas Pré-cambrianas que compõem o embasamento cristalino, recobertas por sedimentos Cenozóicos. A região é composta geologicamente por uma coluna estratigráfica da base para o topo, constituídas de rochas Pré-cambrianas, sedimentos Plio-pleistocênicos do Terciário, Formação Barreiras e as unidades do Quaternário representadas principalmente por depósitos de praia, eólicos e fluviais (MAIA, 1998).

6.1 Geologia Local

Sedimentos Barreiras e Sedimentos Quaternários do rio Curu, são geologicamente predominantes da área limite para a pesquisa (Figura 3).

6.2 Embasamento

As rochas do embasamento cristalino não afloram na área de pesquisa, porém podem ser interceptadas quando da perfuração de poços tubulares profundos. Em contexto regional, são litotipos Arqueanos, representados por intrusões básicas e ultrabásicas acamadadas e por terrenos graníticos-migmatíticos. Ocorrem também os metassedimentos do Grupo Ceará de idade proterozóica. Salienta-se que associados a estes terrenos, estão presentes os quartzitos, mármore e calcissilicáticas, além de gnaisses sub

alcalinos, alcalinos e sieníticos. (CABY & ARTHUD, 1986).

6.3 Terciário

Sedimentos da Formação Barreiras representam o Terciário, amplamente distribuídos ao longo da sua faixa costeira, representando uma das unidades mais importantes do Terciário-Quaternário (SOUZA, 1988). Carvalho (2003) afirma que a Formação Barreiras pode ser interpretada como resultado da deposição em um sistema fluvial do tipo meandrante. O domínio representado pelo Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica, com intercalações de níveis mais e menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos variáveis de acordo com o contexto local, que induzem potencialidades diferenciadas

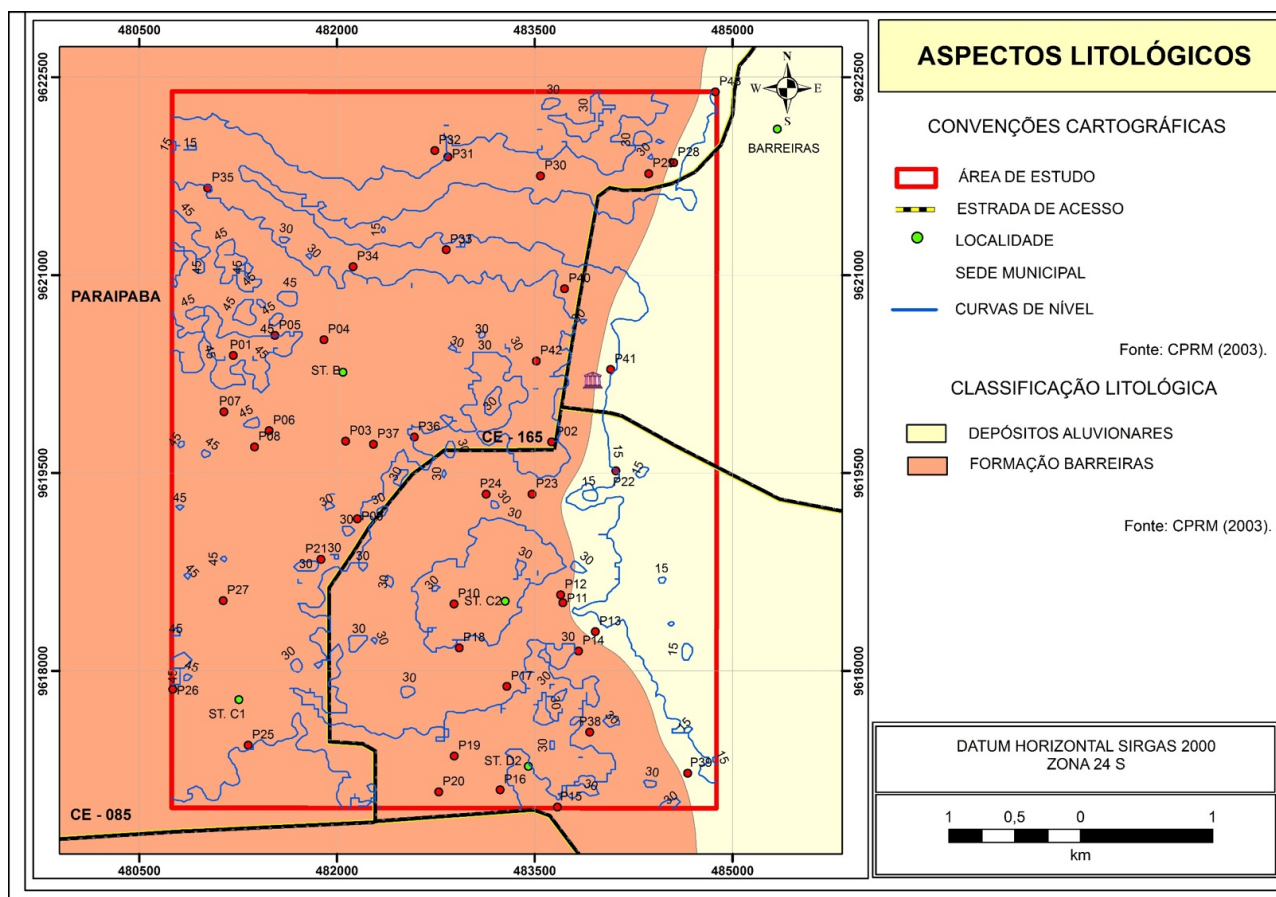


Figura 3: Aspectos litológicos da área de estudo na região de Paraipaba-CE.

quanto à produtividade de água subterrânea (MAIA, 2015).

6.4 Quaternário

Sedimentos do Quaternário constituem a Planície Fluvial do Curu apresentando as melhores condições de solos e de disponibilidade hídrica da região da bacia. Integram-se ao domínio dos depósitos sedimentares Cenozóicos, constituídos por areias finas a grossas, cascalhos e blocos (SOUZA, 1988). À medida que o rio Curu atinge seu baixo curso, entalha terrenos dos tabuleiros e amplia sua faixa de deposição pela diminuição do gradiente fluvial (SOUZA, 1988). Gorayeb (2004) o classifica como um ambiente de deposição sem elevados topográficos.

7. HIDROGEOLOGIA

7.1 Aquífero Barreiras

O Barreiras é composto por arenitos argilosos, de cores variadas, com matrizes avermelhadas, amarelados e cinza esbranquiçados. Apresenta comumente matriz caulínica, contendo diversas vezes cimento argiloso e ferruginoso, com presença de níveis lateríticos e marcada variação faciológica (MORAIS, 2015). Este domínio registrou a maior concentração dos poços mapeados, 38 em um total de 43, correspondendo a aproximadamente 88% de todos aqueles monitorados. Apesar da ampla dispersão de poços neste ambiente litológico, não se pode relacionar diretamente com as melhores condições hidrogeológicas da região, pois existem descontinuidades laterais e faciológicas significativas que restringem a disponibilidade hídrica, comprometendo as vazões resultantes.

Como é dominado por variações faciológicas, neste domínio predomina a variação entre níveis mais e menos

permeáveis, o que lhe garante uma variação nos padrões hidrogeológicos de nível para nível, refletindo na potencialidade e na produtividade de águas subterrâneas, o que confere a este, localmente, características de um aquífero, ou seja, uma formação geológica que possui baixa permeabilidade e que transmite água lentamente (CAVALCANTE, 2007).

7.2 Aquífero Aluvionar

Os aquíferos aluvionares são evidenciados por sedimentos areno-argilosos recentes, alternando-se em camadas de granulometria muito fina que são frequentemente intercalados com níveis argilosos e orgânicos (MORAIS, 2015). Esse domínio ocorre associado a calhas de rios e riachos, evidenciado a aluviões do rio Curu presentes na área em estudo. No geral, se apresentam como uma boa alternativa ao armazenamento de água, devido aos seus bons níveis de porosidade e permeabilidade, garantindo, mesmo em se tratando de um pacote sedimentar pouco espesso, uma razoável disponibilidade e vazões bastante significativas do ponto de vista hidrogeológico (CPRM, 1998).

De forma geral, esse sistema é bastante utilizado pela população ribeirinha que capta água através de poços de baixa profundidade e pequeno diâmetro para o uso doméstico em geral. De todos os poços mapeados, 12% deles (5 poços) foram mapeados em Domínio Aluvionar, sendo o que menos apresentou poços. Observou-se na área o fácil acesso às águas superficiais do rio Curu, que representa uma solução menos onerosa, sendo a primeira opção de captação em detrimento da construção de poços. Sua recarga ocorre por intermédio da precipitação pluviométrica, dos rios

influentes e das águas subterrâneas acumuladas nos Domínios Dunas/Paleodunas. Nas proximidades do oceano, esse sistema pode sofrer influência do mar, alterando a qualidade da água armazenada, principalmente nos períodos de estiagem, quando os rios estão com baixa carga. Já nas épocas de cheia, as faixas aluvionares podem ser cobertas pelas águas do rio, pelo extravasamento deste (MORAIS, 2015).

8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No trabalho realizado em Paraipaba, levou-se em conta as variáveis físico-químicas como temperatura, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), e pH (Tabela 1), a fim de termos uma noção geral da qualidade do abastecimento da região no que se refere à demanda subterrânea, além de outras características inerentes aos poços como natureza do poço, nível estático, profundidade, situação de uso e propriedade.

Os poços cadastrados em campo foram diferenciados em escavados (PE) e tubulares (PT). Assim, 88% destes são escavados, o que corresponde a 38 poços do total. São cacimbas ou cacimbões utilizados principalmente para uso doméstico de abastecimento. Quanto aos tubulares, estes se apresentaram em menor número, mapeou-se apenas 5, registrando o principal uso na irrigação de cultura de coqueiros, principal movimentador da economia do município, e também cultivo de frutíferas, principalmente acerola.

Todos os poços tubulares cadastrados se encontram em atividade, e em bom estado de conservação, uma vez que são utilizados na irrigação e, portanto, requerem alto desempenho e eficiência. O mesmo não se repete com

os poços escavados quanto ao estado de conservação. Grande parte destes estavam sem tampa e a menos de 15 metros de distância de fossas sépticas, como estabelece as normas da ABNT NBR 7229 como distância mínima para este tipo de construção.

Dentre os 38 poços escavados, 6 (14%) deles estão desativados, variando entre poços que secaram devido à proximidade com poços tubulares construídos recentemente, ou por terem sido entulhados para funcionarem como fossas sépticas, lançando dejetos e efluentes direto no lençol freático, contribuindo para a alteração das variáveis físico-químicas das águas subterrâneas da região de estudo e adjacências.

Dos 43 poços cadastrados, em apenas 19 (44%) foram possíveis obter informação da profundidade, uma vez que nem todos os proprietários tinham essa informação. A partir desses, obteve-se uma média de 15,1 m de profundidade para os poços escavados, e 55,0 m para os poços tubulares profundos (Tabela 1). Não é possível apresentar os dados de profundidade média para os poços tubulares rasos, uma vez que nenhuma informação foi adquirida junto aos moradores locais.

8.1 Nível Estático

O nível estático na região apresentou profundidade mínima de 1, m e máxima de 27,4m. A profundidade média do nível estático é de 12m, mostrando que o aquífero é raso na região monitorada e, portanto, mais susceptível à contaminação superficial, principalmente porque a maioria dos poços encontrados na área são escavados, não possuindo selo sanitário, tampa ou laje de proteção para proteger os poços da contaminação superficial.

Tabela1: Parâmetros hidráulicos dos poços e físico-químicos das águas subterrâneas (maio e junho/2017).

Nº	Tip o	Coordenadas UTM (m)		NE (m)	pH	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	STD (mg/L)	T (°C)	P (m)	Situação	CT (m)	Altura do revestimento (m)	CP (m)
1	PT	481215	9620391	27,4	4,9	590	377,6	25,8	50	Ativo	50	0,18	22,78
2	PE	483630	9619735	14,1	4,9	747	478,0	29,2	—	Ativo	43	0,50	29,38
3	PT	482066	9619741	16,4	5,8	764	488,9	29,2	60	Ativo	38	0,5	22,10
4	PE	481902	9620510	25,4	5,6	870	556,8	29,2	—	Ativo	47	0,45	22,09
5	PE	481530	9620542	26,2	4,7	728	465,9	27,8	28	Inativo	49	0,36	23,21
6	PE	481486	9619821	20,8	5,4	596	381,4	26,2	—	Ativo	45	0,44	24,69
7	PE	481143	9619964	22,4	4,5	760	486,4	29,8	—	Ativo	49	0,57	27,17
8	PT	481376	9619697	19,0	4,6	616	394,2	32,1	—	Ativo	49	0,16	30,16
9	PE	482156	9619152	9,9	5,8	499	319,3	28,7	16	Ativo	35	0,18	25,33
10	PE	482889	9618507	6,4	5,9	976	624,6	29,7	—	Ativo	35	0,20	28,80
11	PE	483715	9618517	2,6	4,0	624	399,3	29,3	7	Ativo	26	0,63	24,06
12	PE	483698	9618576	5,0	5,0	264	168,9	31,1	12	Ativo	28	0,70	23,70
13	PE	483960	9618297	4,2	5,8	499	319,3	27,8	15	Ativo	27	0,83	23,68
14	PE	483833	9618150	6,5	5,0	296	189,4	29,4	11	Ativo	30	0,52	24,02
15	PE	483673	9616968	6,2	5,1	784	501,7	28,8	—	Ativo	29	0,22	23,07
16	PE	483238	9617098	8,3	5,3	474	303,3	29,6	—	Ativo	36	0,22	27,89
17	PE	483289	9617883	2,8	4,7	405	259,2	29,3	—	Ativo	29	0,58	26,80
18	PE	482929	9618174	3,5	5,6	546	349,4	29,1	12	Ativo	31	0,65	28,15
19	PE	482891	9617355	7,3	4,6	598	382,7	27,8	—	Ativo	34	0,50	27,20
20	PE	482773	9617083	7,5	5,9	708	453,1	28,7	12	Ativo	32	0,5	25,00
21	PE	481880	9618845	8,3	5,3	462	295,6	25,4	12	Ativo	37	0,16	28,83
22	PE	484116	9619516	1,3	5,6	546	349,4	29,1	8	Ativo	27	0,60	26,35
23	PE	483481	9619339	4,3	4,6	1136	727,0	29,0	—	Ativo	25	0,27	20,97
24	PE	483133	9619339	6,6	5,1	636	407,0	30,1	—	Ativo	25	0,33	18,78
25	PE	481327	9617437	12,0	5,7	1057	676,48	28,9	—	Ativo	37	0,22	25,22
26	PE	480756	9617862	16,5	4,3	1119	716,1	30,5	23	Ativo	51	0,46	34,96
27	PE	481138	9618533	16,3	4,8	856	547,8	28,8	—	Ativo	47	0,55	31,25
28	PE	484555	9621852	7,5	5,4	423	270,7	28,8	—	Inativo	30	0,40	22,90
29	PE	484365	9621769	13,4	3,8	602	385,2	28,6	18	Ativo	34	0,71	21,36
30	PE	483545	9621752	12,0	4,2	835	534,4	31,9	14	Ativo	30	0,69	18,69
31	PE	482843	9621896	17,4	3,9	442	282,8	28,5	20	Ativo	32	0,90	15,54
32	PE	482743	9621944	21,5	5,9	976	624,6	29,7	—	Inativo	40	0,90	19,40
33	PE	482830	9621192	8,6	3,9	1021	653,4	29,2	13	Ativo	27	0,50	18,90
34	PE	482123	9621064	11,1	6,3	569	364,1	26,0	20	Ativo	36	0,35	25,28
35	PE	481021	9621659	15,1	5,0	205	131,2	26,4	17	Inativo	38	0,85	23,80
36	PT	482588	9619772	13,4	4,3	733	469,1	27,9	—	Ativo	43	0,20	29,84
37	PE	482277	9619717	15,4	5,4	423	270,7	28,8	—	Ativo	38	0,65	23,29
38	PE	483919	9617536	6,9	5,6	546	349,4	29,1	—	Ativo	28	0,65	21,75
39	PE	484662	9617224	6,4	4,6	598	382,7	27,8	—	Ativo	27	0,70	21,30
40	PE	483728	9620897	16,2	5,6	610	390,4	28,8	—	Inativo	32	0,90	16,70
41	PE	484077	9620285	14,4	5,1	515	329,6	28,7	—	Ativo	36	0,90	22,50
42	PE	483513	9620349	15,1	6,1	595	380,8	28,0	—	Inativo	34	0,50	19,40
43	PT	484871	9622389	13,5	6,3	595	380,8	28,7	—	Ativo	30	0,30	16,80

Legenda:

PT - Poços tubulares; PE - Poços escavados; UTM - Universal Transversa de Mercator; NE - Nível estático; Ph - Potencial hidrogeniônico; CE - Condutividade elétrica; STD - Sólidos totais dissolvidos; T - Temperatura; P - Profundidade; CT - Cota topográfica; CP - Cota potenciométrica.

A Figura 4 mostra a variação do nível estático dentro da área de estudo. É perceptível que a profundidade do nível estático varia de mais profundo a raso seguindo de Noroeste para Sudeste.

A região Sudeste da área, onde verificam-se os níveis estáticos mais superficiais, correlaciona-se com a planície de inundação do rio Curu, dominado por Depósitos Quaternários Aluvionares, sedimentos arenoargilosos recentes, alternando-se em camadas de granulometria muito fina que são frequentemente intercaladas com níveis argilosos e orgânicos. Esta porção representa uma boa alternativa para a

captação de água subterrânea, haja vista a superficialidade do nível estático nesses depósitos. As regiões que apresentaram as maiores profundidades do nível estático estão localizadas dentro do Domínio Barreiras, típico por apresentar alternância de grau de permeabilidade entre os níveis que o constituem. Um exemplo disto são os poços P1, P4 e P5 que apresentaram os maiores valores para a variável em questão. Destes, o poço P1 é tubular, com profundidade de 50 metros e nível estático de 27,4m. Os poços P4 e P5 são escavados, apresentando níveis estáticos de 25,4 e 26,2m respectivamente.

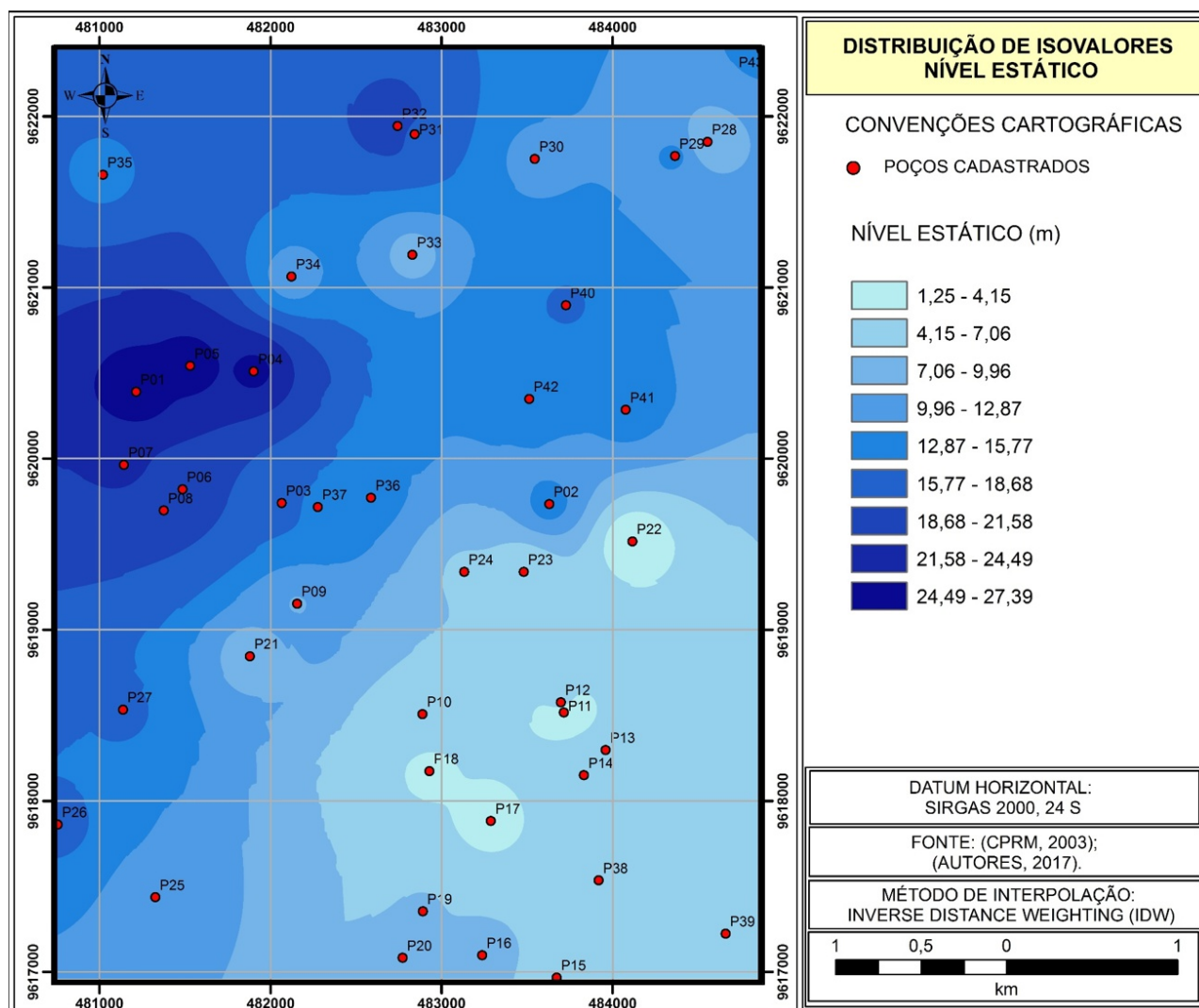


Figura 4: Distribuição de isovalores do nível estático de água coletada em poços na região de Paraipaba-CE (maio e junho/2017).

8.2 Superfície Potenciométrica

A partir dos dados de cota potenciométrica foi possível elaborar um modelo que idealiza a distribuição do fluxo subterrâneo na área de estudo (Figura 5). Os níveis topográficos foram balizados considerando-se as medidas adquiridas através de aparelho de GPS e também das imagens SRTM. De posse das medidas do nível estático e das alturas das bocas dos poços, obteve-se as cotas da superfície freática, que foram interpoladas com auxílio do software Surfer para gerar o modelo de fluxo (Figura 5).

É possível observar, localmente, a direção preferencial de fluxo de água subterrânea em quatro direções: Ao norte, coincidindo com a posição espacial da Lagoa da Canabrava e seus lagos localizados que se conectam com a planície de Inundação do rio Curu; a sudoeste, em direção a um dos tributários do rio Curu; mais timidamente ao centro da área, onde se localiza uma lagoa restrita; e por fim, para toda a direção leste, rumo à planície de inundação do rio Curu.

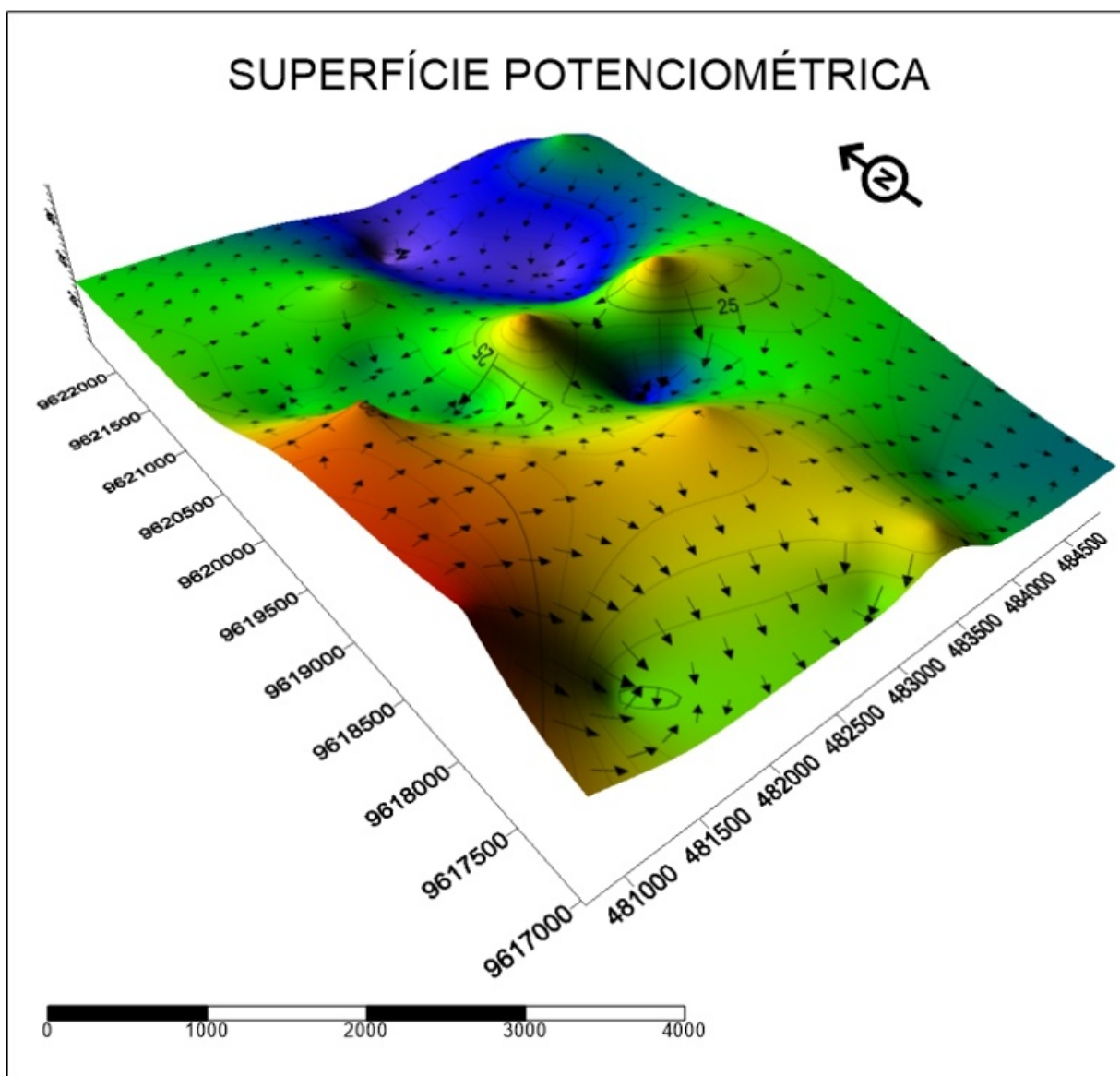


Figura 5: Modelo de superfície potenciométrica e fluxo das águas subterrâneas na área de estudo (maio e junho/2017).

8.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Através de medidas in situ com sonda multiparâmetro, identificou-se que todos os poços cadastrados apresentam valores de pH abaixo de 7 (Figura 6), que justifica o caráter ácido das águas da região, corroborado pelo intenso fenômeno de corrosão das estruturas de captação. Das 43 medidas na área, a média de pH foi de 5,15. As águas que apresentaram os valores mais altos para pH foram provenientes dos poços P34 e P43, ambas com 6,3, que estão mais afastados do perímetro urbano da cidade. A amostra de água que apresentou o menor valor de pH foi coletada no poço P29. Trata-se de um poço escavado,

ativo, de uso doméstico, localizado na saída do perímetro urbano da cidade de Paraipaba.

A média de pH 5,15, obtida durante o monitoramento, imprime restrições ao uso da água, considerando o estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que define que águas de sistema de distribuição devem ter pH entre 6 e 9,5, para atender ao padrão de potabilidade para consumo humano.

Dos 43 poços cadastrados, apenas três possuem águas que se qualificam dentro do padrão de potabilidade para pH determinado pela Portaria, um baixo índice de aproximadamente 7% do total de poços.

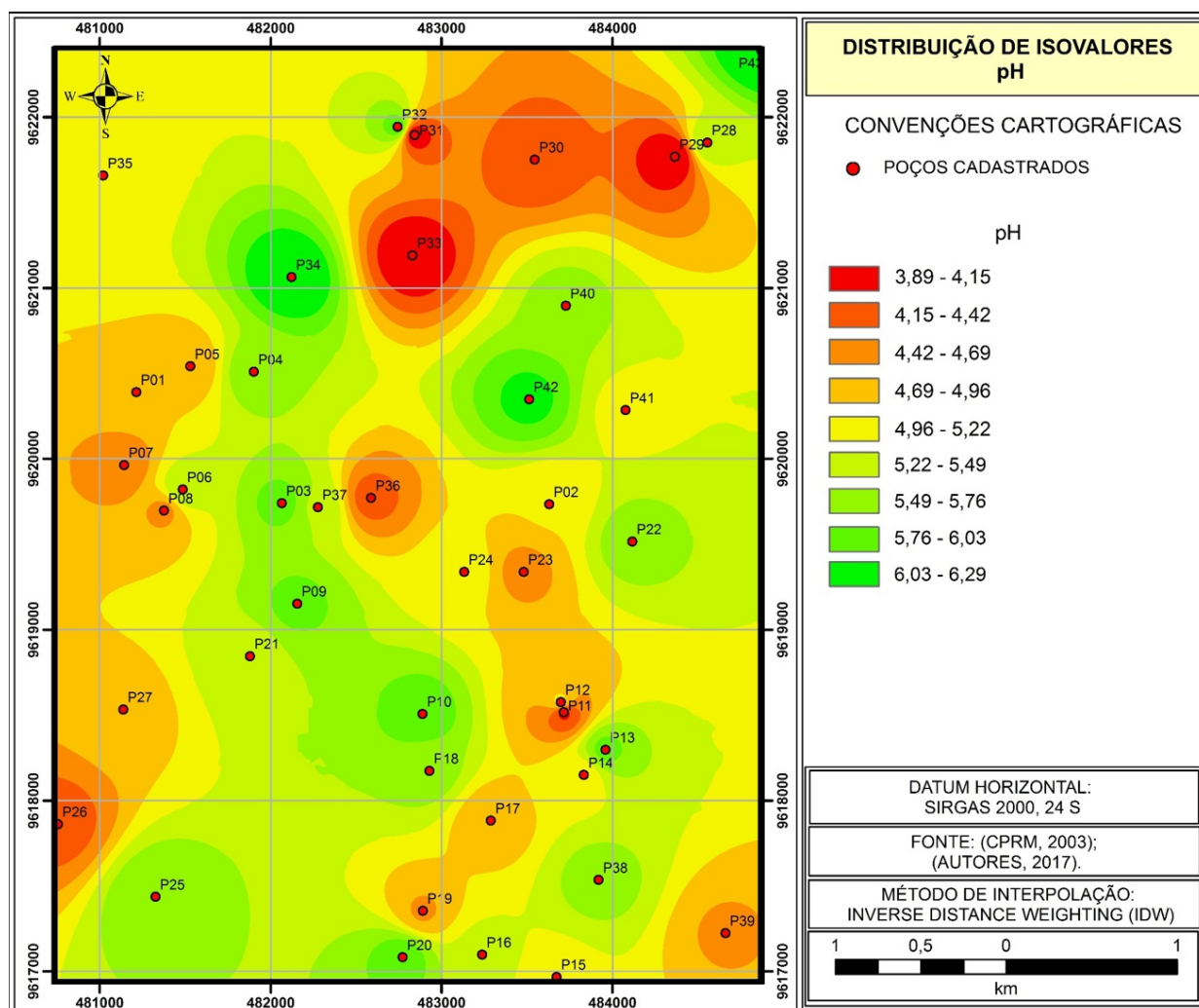


Figura 6: Distribuição de isovalores de pH de poços da região de Paraipaba-CE (maio e junho/2017).

8.4 Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de transmitir uma corrente elétrica, isso em função das substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (BRASIL, 2006). Assim, quanto maior a quantidade de íons dissolvidos maior a capacidade de conduzir uma corrente elétrica. Por este motivo há uma relação direta entre CE e STD.

A Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece um limite máximo para STD de 1000 mg/L, o que implica em um limite máximo permitido de CE de aproximadamente 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para atender ao padrão de potabilidade

para consumo humano. A Figura 7 mostra uma tendência de CE dentro da normalidade em todo o perímetro.

Conforme os poços monitorados, a CE das águas na área selecionada varia de 205 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P35) a 1136 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P23), portanto, atende à exigência da supracitada Portaria, quando à CE Nogueira *et al.* (2005), subsidiado pelo cadastramento de 111 cacimbas na região portuária do Pecém-CE, outro município da RMF, também obteve resultados de CE abaixo do determinado pela Portaria. Da mesma forma concluiu Aguiar *et al.* (2000), analisando as águas subterrâneas dos aquíferos costeiros no Município de Caucaia-CE, cuja CE variou de 157 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 885 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

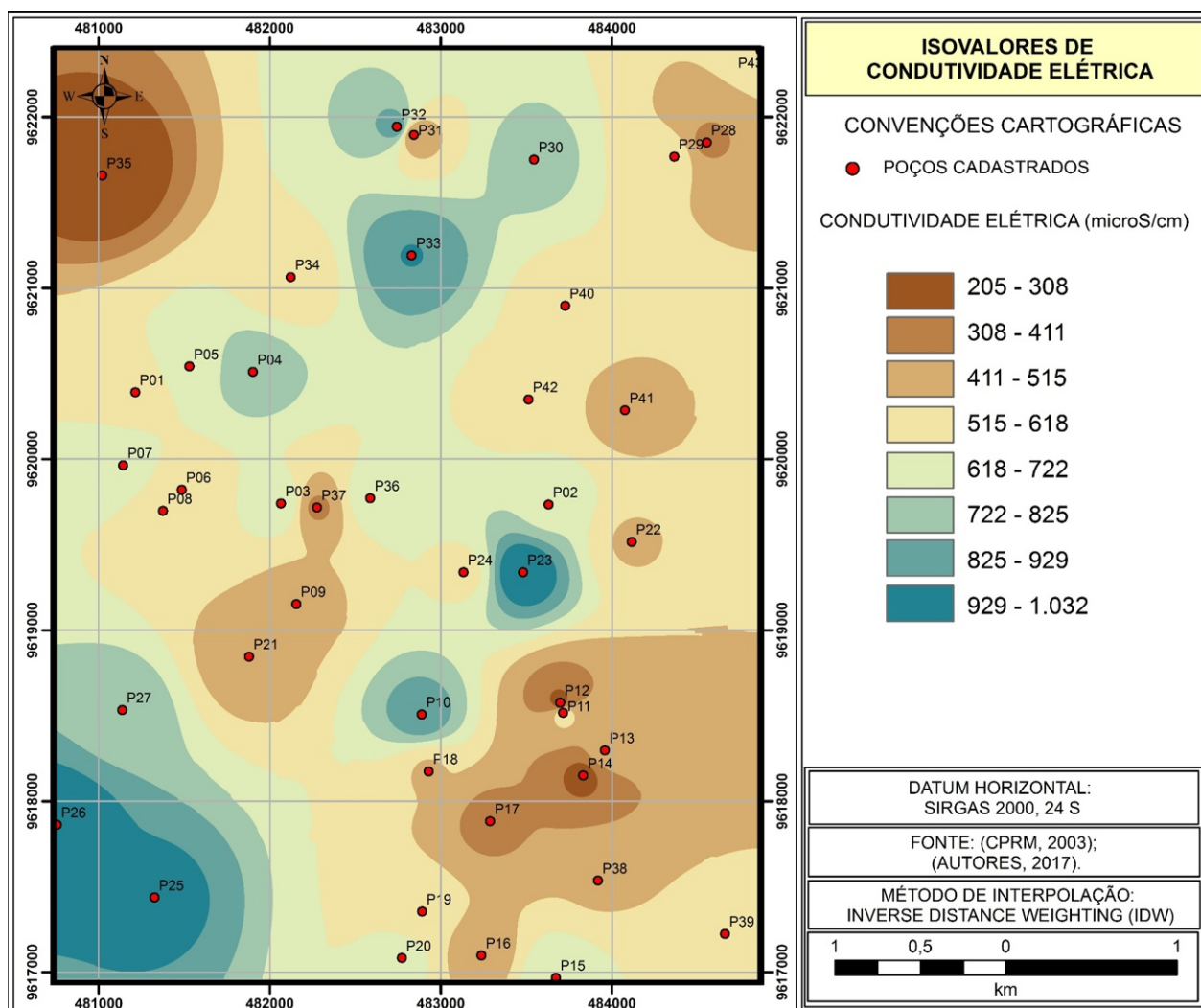


Figura 7: Isovalores de condutividade elétrica da água coletada em poços na região de Parapaba-CE (maio e junho/2017).

As amostras de água que apresentaram os maiores valores para CE foram coletadas nos poços P23 (1136 $\mu\text{S}/\text{cm}$), P25 (1057 $\mu\text{S}/\text{cm}$), P26 (1119 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e P33 (1021 $\mu\text{S}/\text{cm}$), conforme a Figura 7. Todos estes poços apresentam uma dinâmica urbana de esgoto associado, tanto o P25, P26 e o P33 estão inseridos em área urbana e verificou-se fossa séptica a menos de 15 metros de distância do poço, influenciando diretamente na qualidade da água.

O P23 está inserido em um espaço reservado à criação de suínos, porém a atividade ocorre de forma rudimentar, sem critérios sanitários nem ambientais. O escoamento para lavagem do local da pocilga, que se apresenta com despejo de dejetos e restos de comida, acontece pelas vielas de acesso ao local. A água do poço escavado é utilizada para lavagem do ambiente e dessedentação dos animais.

As águas que apresentaram valor de CE mais baixos foram provenientes dos poços P12 (264 $\mu\text{S}/\text{cm}$), P14 (296 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e P35 (205 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Desses, P12 e P14 estão nas proximidades do Domínio Aluvionar, caracterizado pela planície de inundação do rio Curu, que funciona como um solvente na região, forçando para baixo os níveis de STD e, conseqüentemente, da CE.

Como mencionado anteriormente, o STD está intimamente correlacionado à CE. A média geral de STD na área foi de 414,39 mg/L, variando de 131,20 mg/L no P35 a 727,04 mg/L no P23. A água subterrânea avaliada pode ser considerada como doce por ter valores de STD < 1.000 mg/L, de acordo com a classificação de MCNEELY *et al.* (1979).

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os Aquíferos Barreiras e Aluvionar, na área de estudo, são classificados como rasos, uma vez que a média de nível estático medido foi de 12 metros e, portanto, mais vulneráveis a contaminações superficiais. As medidas de pH conferiram um caráter ácido para as águas subterrâneas encontradas na região, com média de 5,5, abaixo do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde. Estudos mais detalhados precisam ser realizados a fim de determinar as causas dessa elevada acidez.

A condutividade elétrica das águas apresentou média de 647,53 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando que, em condições naturais, mostram considerável concentração de íons dissolvidos, isto é, apresentam significativa salinidade. Maior atenção deve ser dada aos poços P23, P25, P26, e P33, pois estão inseridos numa complexa situação urbana de saneamento deficiente com intenso esgotamento a céu aberto, interferindo nos valores de CE da água acima de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O STD permaneceu dentro da faixa de potabilidade recomendada, bem como a temperatura.

Para acrescentar às informações levantadas e ratificar acerca da qualidade da água subterrânea da região, recomendam-se novas campanhas de amostragem com análises físico-químicas completas e bacteriológicas. É importante considerar a sazonalidade da região, isto é, avaliar em diferentes fases do regime pluviométrico, de modo que venham a ser caracterizadas possíveis mudanças na qualidade das águas entre os períodos seco e úmido.

REFERENCIAS

- AGUIAR, R.B.; SANTIAGO, M.M.F.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H.A. Origem dos Sais nas Águas Subterrâneas dos Aquíferos Costeiros no Município de Caucaia-CE. In: I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas, 2000, Fortaleza, 2000. v. 1. p. 178-178.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7229: Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
- BRANDÃO, R.L. & FREITAS, L.C.B. (Org.). Geodiversidade do Estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2014. 174 p. il. color. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.
- BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212p.
- CABY, R. & ARTHAUD, M.H. 1986. Major Precambrian nappes of the Brazilian Belt, Ceará, Northeast Brazil. *Geology*, 14: 871-874. doi: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1986\)14<871:MPNOTB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1986)14<871:MPNOTB>2.0.CO;2).
- CARVALHO, A.M. 2003. Dinâmica costeira entre Cumbuco e Matões-costa NW do estado do Ceará. Ênfase nos processos eólicos. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia. 2003. 206p.
- CASTRO, A.S.F.; MORO, M.F.; MENEZES, M.O.T. O Complexo Vegetacional da Zona Litorânea no Ceará: Pecém, São Gonçalo do Amarante. *Acta Bot. Bras.*, Feira de Santana, v.26, n.1, p.108-124, Mar. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000100013>. Acesso em: 05/07/2017.
- CAVALCANTE, I.N., COSTA, N. B., GOMES, M.C.R, MAIA, J.T.V., FREITAS, L.C.B. & LEMOS, E.C.L., 2007. Aquífero Costeiro na Região de Paracuru – Ceará. In: XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e I Simpósio de Hidrogeologia do Sul-Sudeste. ABAS, Rio Grande do Sul.
- CEARÁ. Assembleia Legislativa. Plano Estratégico dos Recursos Hídricos do Ceará / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos; Eudoro Walter de Santana (Coord). – Fortaleza: INESP, 2009. 408 p.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA - FUNCEME. 2017. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas>>. Acesso em: 03/07/2017.
- GORAYEB, A. Análise Geoambiental e dos Impactos na Bacia Hidrográfica do Rio Curu, Ceará, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 155 p. 2004.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGICA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. 2016. Perfil básico municipal de Paraipaba. p. 17. Disponível em: www.ipece.ce.gov.br. Acesso em: 05/07/2017.
- MAIA, L.P. Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. Tese de Doutorado, Universidade de Barcelona, 269 p., Barcelona, 1998.

- MORAIS, J.B.A., 2015. Vulnerabilidade e Riscos à População dos Aquíferos na Área do Complexo Industrial Portuário do Pecém (CIPP) – Estado do Ceará. Tese (Doutorado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 169p.
- NOGUEIRA, M.C.; AUGUSTO, V.A.; CASTELO BRANCO, R.M.G.; CASTRO, D.L. 2005. Caracterização Geoambiental e Hidrogeológica da Zona Portuária do Pecém/CE. *Revista de Geologia* (ISSN: 0103-2410), 18(2): 203-213, Fortaleza, CE, Brasil. Título da pesquisa disponível em http://www.revistadegeologia.ufc.br/documents/revista/2005/18_2005.pdf.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. 1998. Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará: diagnóstico do Município de Paraipaba. Fortaleza – CE. 17p. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16621/Rel_Paraipaba.pdf?sequence=1. Acesso em: 15/07/2017.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. CAVALCANTE, J. C. *et al.* Mapa geológico do estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000.
- SOUZA, M. J. N. Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-estruturais do Estado do Ceará. Fortaleza: *Revista de Geologia*, v. 1, p. 73-91, jun. 1988.