

QUALIDADE FÍSICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ÁREAS URBANAS DE CIDADES DO LITORAL NORDESTINO: O CASO DE APICUM-AÇU – MA

José Francisco Monteiro Souza

Licenciatura pela Universidade Federal do Maranhão

franckmsouz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8530-5553>

Juarez Mota Pinheiro

Doutor em Geografia e Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão

juarez.mp@ufma.br

<https://orcid.org/0000-0002-6066-6619>

328

RESUMO

A pesquisa identificou as condições de potabilidade das águas subterrâneas utilizadas pela população urbana de Apicum-Açu - MA. Para atingir os objetivos propostos foram analisados os níveis de qualidade física das águas a partir da análise dos parâmetros físicos de: Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (EC), Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), Salinidade e Turbidez. As amostras foram obtidas em 49 poços de poços tubulares e cacimbas dentro da zona urbana do município e analisados por uma sonda multiparâmetro portátil da marca Aquaread AP800. Para determinação dos níveis de qualidade física das amostras foram utilizados os parâmetros determinados pela legislação brasileira nos padrões de potabilidade da água para consumo humano estabelecidos pela Resolução Normativa da CONAMA 357/2005. Os resultados encontrados identificaram que o pH se apresenta levemente ácido a básico, a salinidade na maioria dos poços apresenta-se abaixo de 0,5% e os outros índices de EC, TDS e Turbidez encontram-se dentro dos níveis de qualidade de consumo humano estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Foi possível assim classificar que a água subterrânea, dentro da zona urbana do município de Apicum-Açu é potável, indicada ao consumo, com ressalvas e recomendações que podem contribuir para manter e melhorar os níveis de sua potabilidade.

Palavras-chave: Apicum-Açu; águas subterrâneas; análise física.

PHYSICAL QUALITY OF SUBTERRANEAN WATERS IN URBAN AREAS OF CITIES ON THE NORTHEAST COAST: THE CASE OF APICUM-AÇU - MA

ABSTRACT

The research identified the potability conditions of the subterranean waters utilized by the urban population of Apicum-Açu - MA. To achieve the proposed goals it was analyzed the water levels of physical quality from the analysis of physical parameters: Potential Hydrogen(pH), Electrical Conductivity(EC), Total Dissolved Solids (TDS), Salinity, and Turbidity. The samples were obtained in 49 tubular wells and waterholes inside the urban zone of the municipality and analyzed by a portable Aquaread AP800 multiparameter. To the ascertainment of the physical quality levels from the samples utilized, it was used the determined parameters defined by the Brazilian law in the patterns of water potability to human consumption established by the Normative Resolution in CONAMA 357/2005. The results found had identified that the pH shows itself as slightly acid to basic, the salinity in the majority of the wells presents at a low of 0,5% as well as other indexes of EC, TDS, and Turbidity found themselves inside the water quality levels of human consumption established by the CONAMA 357/2005. As such, it was possible to classify the subterranean water, inside the urban zone of the municipality of Apicum-Açu as potable, indicated

to consumption, with caveats and recommendations that can contribute to maintaining and improving the levels of its potability.

Keywords: Apicum-Açu; groundwater; physical analysis.

INTRODUÇÃO

A água é uma substância composta por três átomos (H₂O), fundamental para a manutenção de todas as formas de vida no Planeta, sendo suporte essencial para todos os ecossistemas. Está presente em boa parte das atividades humanas, indispensável para a sobrevivência do homem, utilizada para o consumo, no preparo dos alimentos, na higiene pessoal e nas atividades socioeconômicas, podendo ser obtida de rios e lagos ou de fontes subterrâneas, através de perfuração de poços.

Com o processo de urbanização das cidades, as atividades econômicas e o desenvolvimento de áreas urbanas são influenciados e impulsionados a atender às necessidades da população humana que nela habitam. No entanto, esse processo de crescimento populacional e econômico acontece de forma desordenada e sem planejamento, não levando em consideração as potencialidades naturais do lugar, sendo o princípio de inúmeros problemas ambientais, a desenvolver-se na proporção do crescimento demográfico e econômico dessa região.

Dentre os muitos problemas ambientais ocasionados pelo processo de urbanização, cita-se a questão da perda da potabilidade da água, influenciada por processos de contaminação de ordem antrópicas ou naturais, sejam as superficiais como rios e lagos - mais suscetíveis à contaminação por estarem mais acessíveis, como também as águas subterrâneas que, embora de certa forma estejam protegidas por estarem confinadas em aquíferos, podem ser contaminadas e seu processo de descontaminação é bem mais oneroso e prolongado.

As águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas, originando os aquíferos que são classificados em três tipos: fraturado, poroso e cárstico. Dessa forma, os aquíferos são reservas de água embaixo do solo, que abastecem rios, lagos e poços.

As fontes de contaminação antrópica de águas subterrâneas são, em geral, relacionadas ao descarte irregular de efluentes domésticos, resíduos industriais, lixões irregulares que produzem chorume e infiltram no solo e contaminam os lençóis freáticos. Além da perfuração de poços tubulares ou cacimba de forma irregular, sem o devido conhecimento da área e da legislação, podendo ocasionar a contaminação dos aquíferos e interferir na qualidade da água subterrânea.

Sabe-se que a água é elemento indispensável à existência humana, e que nenhum outro líquido a substitui. Por isso, a qualidade da água destinada ao consumo humano é muito importante, sendo questão de saúde pública. A ingestão de água contaminada ou fora dos padrões mínimos de potabilidade previstos em resoluções do Ministério da Saúde e órgãos reguladores da qualidade da água, podem ocasionar sérios problemas à saúde, por conterem microrganismos prejudiciais à saúde e substâncias químicas nocivas, deixando-a imprópria ao consumo humano.

A qualidade da água é determinada a partir de estudos e análises químicas e microbiológicas em laboratório identificando a presença de substâncias químicas alteradas, microrganismos patogênicos prejudiciais à saúde humana, além de análise física, em laboratório ou de forma instantânea por meio do uso de equipamento multiparâmetro específico para esse fim em campo. A potabilidade da água é determinada a partir da comparação com os padrões e normas estabelecidos pelo Ministério da Saúde e órgãos reguladores da qualidade da água.

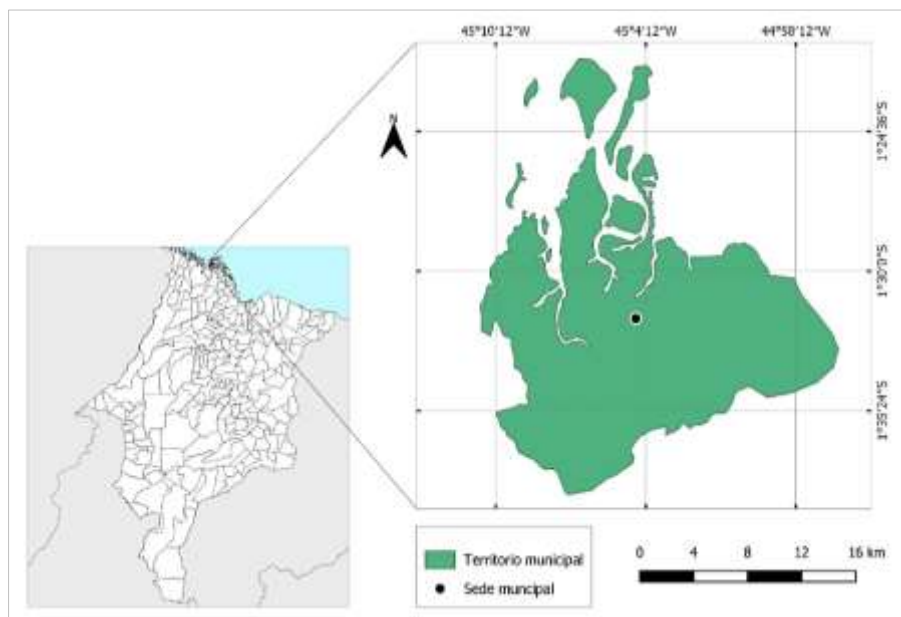
A pesquisa identificou a qualidade física da água subterrânea de poços tubulares e cacimba da área urbana do município de Apicum-Açu, estado do Maranhão, analisando os parâmetros físicos: Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (EC), Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), Turbidez e Salinidade. Buscou-se, ainda, identificar possíveis problemas ambientais de ordem natural ou antrópica, que pudessem estar influenciando na qualidade física da água subterrânea nas áreas estudadas.

A pesquisa foi realizada na área urbana do município que está localizado na Mesorregião Norte Maranhense, Microrregião Litoral Ocidental, compondo a Área de Proteção Ambiental do Litoral Ocidental Maranhense, com uma população de 14.959 habitantes e uma densidade demográfica de 42,36 hab./km² (IBGE, 2010).

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Apicum-Açu é um dos 217 municípios do Maranhão e está localizado na Mesorregião Norte do Estado, dentro da Microrregião do Litoral Ocidental Maranhense, com uma área territorial de 353,2 km² (Cidade-Brasil, 2019), sendo o 195º município em extensão territorial do estado (Figura 1). Apresenta uma população estimada de 17.413 habitantes (IBGE, 2020) e uma densidade demográfica estimada de 45,38 hab./km² (Atlas Brasil, 2013). O município de Apicum-Açu limita-se ao Norte com o oceano Atlântico, ao Sul e Oeste com o município de Bacuri e ao Leste com o município de Cururupu (Cidade-Brasil, 2019). A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: -01°27'36" de Latitude Sul e -45°06' de Longitude Oeste. A zona urbana é constituída dos seguintes bairros: Centro, Tabatinga, Mangueirão, Nambu, Novo Apicum, Campelos, Turirana, Caruaru e Alto Alegre (Lei Municipal 271/17). Segundo dados do IBGE (2010), 9.162 habitantes, cerca de 61,25% da população, reside na zona urbana.

Figura 1 - Mapa de localização de Apicum-Açu no estado do Maranhão



Fonte: IBGE (2010). Organização: Souza, J.F.M. (2020)

Geologia e Geomorfologia

O município está inserido nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que de acordo com Bandeira (2013, p. 23), “é uma bacia sedimentar que possui certa peculiaridade na sedimentação de seus litótipos”. Uma parte desses sedimentos foram depositados na era paleozoica, durante a formação da pangeia. Na era mesozoica, com a fragmentação dessa grande massa continental a deposição dessas rochas deu origem a formações como Mosquito, Pastos Bons, Itapecuru e inclusive a formação das bacias costeiras brasileira.

A área do município tem características do Grupo Barreira do Terciário, “composta predominantemente de arenitos síltico-argilosos, argilas areno-siltosas e leitos conglomeráticos, com predominância de cores avermelhadas e esbranquiçadas”. Quaternário, Depósitos Flúviomarinhas “relevo plano, recortados pela desembocadura dos cursos d’água, sujeitos a inundações frequentes de água salgada”. E Depósito Litorâneos “constituídos por sedimentos quaternários, essencialmente arenosos, típicos de ambientes marinho praias e eólico, com sedimentos predominantemente siltosos e argilosos”. (CPRM, 2011, p. 20; 21).

Além dos Tabuleiros Costeiros de São Luís e Alcântara-Guimarães, presentes entre o Golfão e o noroeste do Maranhão, “formas de relevo tabulares, apresentando extenso topos planos, com predomínio de processos de pedogênese e formação de solos espessos e bem drenados” (BANDEIRA, 2013, p. 42).

O relevo do município é formado de planícies fluviais e flúvio-marinhas, com predominância de áreas planas e levemente onduladas, recortadas por canais de circulação de águas salobras que formam apicuns, com altitude de 0 a 27 metros em média nas

regiões mais elevadas. Os tipos de solos encontrados no município são Latossolo Amarelo, Plintossolo, Gleissolos e Neossolos. (CPRM, 2011, p. 19).

Padrões de qualidade da água e resoluções da CONAMA

Segundo a Resolução 396/2008, águas subterrâneas são aquelas que “ocorrem natural ou artificialmente no subsolo” (Artigo 2º, inciso I), estando estas armazenadas em aquíferos que são “corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos”. (Inciso III).

A Resolução mencionada, em seu Artigo 3º, nos incisos de I a VI, classifica as águas subterrâneas por classes, sendo estas denominadas: Especial, 1, 2, 3, 4 e 5. Diante das considerações sobre cada uma destas, destaca-se a classe 2, por suas definições se relacionarem à realidade das águas subterrâneas estudadas e analisadas nesta pesquisa. Transcreve-se a seguir o texto:

Artigo 3º inciso III: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidroquímicas naturais. (CONAMA, 2008).

A Resolução 357/2005 no Artigo 2º, determina parâmetros para classificação da água em doce, salobra e salina. Sendo água doce, as que apresentam salinidade igual ou inferior a 0,5‰. Água salobra, salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰. E água salina, com salinidade igual ou superior a 30‰ (Incisos I a III).

O Artigo 3º estabelece que “as águas doces, salobras e salinas do território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes”. O Artigo 4º classifica as águas doces por classes de acordo com suas finalidades, sendo recomendado ao consumo humano apenas as águas da classe especial até a 3, após tratamento simplificado, convencional ou avançado de acordo com a classe a que se enquadra. (Incisos I a IV).

As águas salinas são classificadas da classe especial a 3, e em nenhuma destas recomenda-se o uso para consumo humano, apenas para outras atividades menos exigentes de parâmetros de qualidade (Artigo 5º, incisos I a IV). O artigo 6º classifica as águas salobras da classe especial até a 3, recomendando-se ao consumo humano apenas águas salobras de classe 1 após tratamento convencional ou avançado. (Inciso II, alínea d).

No Artigo 14 são estabelecidos condições e padrões de qualidade para águas doces de classe 1, para as quais não deve haver "materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos e graxas, substâncias que comuniquem gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos objetáveis" (Inciso I, alíneas b, c, d, e, f). A turbidez permitida é de até 40 Unidades Nefelométrica de Turbidez - UNT. E o pH de 6,0 a 9,0. (Inciso I, alínea j e m).

Para as águas doces de classe 2, seguem-se os mesmos padrões e condições da classe 1, além da não permissão da "presença de corantes provenientes de fontes antrópicas, que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais". E a turbidez é de até 100 UNT (Artigo 15, inciso I e IV). As águas doces de classe 3, seguem as mesmas condições das águas de classe 1 e 2, com pH de 6,0 a 9,0

e turbidez de 100 UNT. (Artigo 16, incisos l e n).

Águas salinas observarão às seguintes condições: "não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente...", inexistência de óleos, graxas, espumas não naturais, substâncias que produzem odor e turbidez, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis. Tendo pH entre 6,5 a 8,5. (Artigos 18 a 20).

As águas salobras de classe 1 e 2 observarão às condições de não existências de efeitos tóxicos crônicos aos organismos, de acordo com critérios dos órgãos responsáveis, graxas, óleos, espumas não naturais, substâncias que produzam cor, odor ou turbidez. Apresentando pH de 6,5 a 8,5 (Artigos 21 e 22). As águas salobras de classe 3, observarão os critérios da classe 1 e 2, mais "substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes", E pH 5,0 a 9,0 (Artigo 23, inciso VI).

O Artigo 42 estabelece que em lugares onde não há um estudo comprobatório que estabeleça a classe da água, as águas doces serão classificadas como classe 2. Exceto quando suas características e qualidade forem melhores, enquadrando-se às classes mais rigorosas e anteriores a esta.

MATERIAL E MÉTODO

O método adotado na realização da pesquisa foi de caráter quantitativo, que se justifica pela mensuração dos índices dos parâmetros físicos obtidos na análise da água dos poços pesquisados. Adotou-se também método qualitativo, evidenciados a partir da análise e descrição dos dados coletados. Usou-se, ainda, o método dedutivo, que se caracteriza por meio das considerações desenvolvidas a partir dos parâmetros observados, pesquisados e analisados, o que possibilitou traçar um perfil da qualidade física da água subterrânea da área estudada.

Para realização da pesquisa, desenvolveu-se trabalho de campo com os graduandos do curso de Geografia do Polo Apicum-Açu, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), para observações, coletas de águas e mensurações de parâmetros físicos da água subterrânea do município de Apicum-Açu - MA, a partir de poços do tipo cacimba e tubular de particulares, localizados na área urbana do município.

Para a coleta das amostras de água dos poços, utilizou-se como material garrafas pete (recipientes de polietileno) de água mineral de 500ml, sendo duas garrafas para cada poço, onde uma seria para lavar a Sonda Multiparâmetro Aquaread antes de fazer a análise e a outras para a análise física da água através da Sonda. (Figura 2).

Figura 2 - Sonda multiparâmetro Aquaread AP800



Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019

Destaca-se também a obtenção da localização georreferenciada dos poços pelo aparelho GPSMAP 78 Garmin. Foram coletadas e realizadas análises físicas de 49 amostras de águas subterrâneas de poços cacimbas e tubulares particulares dentro da zona urbana do município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Apicum-Açu está inserido na Bacia Sedimentar do Parnaíba, possuindo em seu território rios e riachos pequenos e em sua maioria perenes. Apresenta um domínio hidrogeológico com características do aquífero poroso ou intergranular, resultantes dos sedimentos consolidados do grupo Barreiras e dos sedimentos inconsolidados dos Depósitos Flúviomarinhas e Litorâneos (CPRM, 2011, p. 20; 22).

A água consumida na sede do município de Apicum-Açu, em sua maioria é proveniente de poços tubulares do sistema público de distribuição hídrica gerenciado pelo SAAE em parceria com a FUNASA, atendendo boa parte da população. No entanto, o sistema de abastecimento não supre às necessidades de todos na mesma proporção e nem é acessível a todos os bairros, havendo a necessidade de instalação de poços particulares do tipo tubular e cacimba, principalmente nas áreas não atendidas pelo sistema de distribuição regular de água.

Sabe-se que a água pura é incolor, inodora e insípida, entretanto como é um ótimo solvente natural e uma substância quimicamente muito ativa, é capaz de incorporar grandes quantidades de elementos ao entrar em contato com os minerais constituintes do solo e rochas, onde circula e está armazenada. Além da adição de partículas exógenas provenientes da ação antrópica.

As características físicas da água são de ordem estética e de elevado valor e algumas destas podem causar certo desconforto ao ser ingerida, bem como problemas de saúde, provenientes da ingestão de água fora dos padrões de potabilidade. Diante dessas considerações, a pesquisa coletou para análise das águas subterrâneas um total de quarenta e nove amostras em 49 poços particulares do tipo tubular e cacimba dentro da área urbana do município de Apicum-Açu.

Com objetivos de organização e desenvolvimento dos trabalhos a pesquisa dividiu a zona urbana do município de Apicum-Açu em quatro áreas de coleta, a saber:

Área 1: bairro Tabatinga (9 poços – sendo 6 cacimbas e 3 tubulares);

Área 2: porção oeste do bairro Tabatinga (14 poços - sendo 1 tubular e 13 cacimbas);

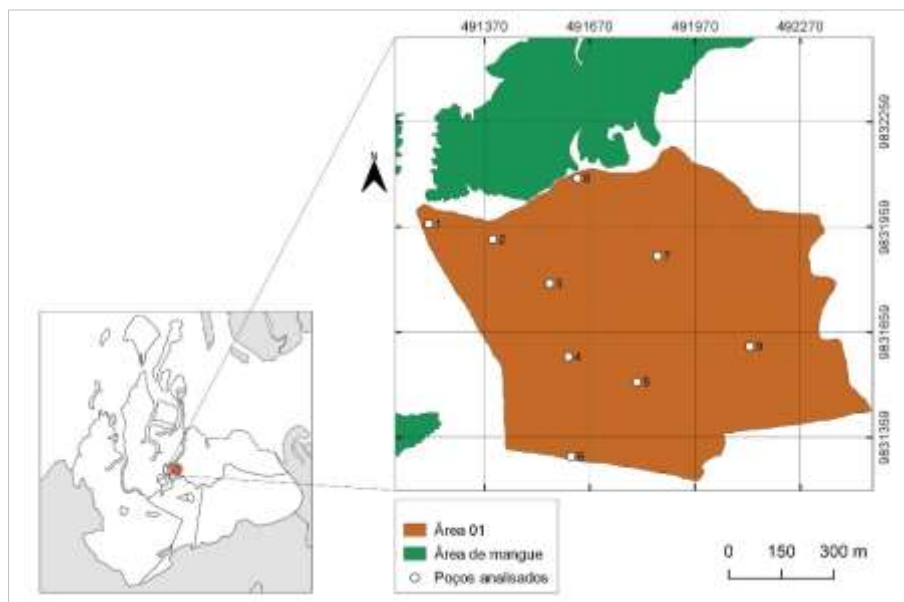
Área 3: Centro (porção oeste), Mangueirão, Campelos, e Novo Apicum (16 poços - 12 do tipo tubular e 4 cacimbas);

Área 4: bairro Nambu e a uma pequena faixa da porção leste do bairro Novo Apicum (10 poços, 7 do tipo cacimba e 3 tubulares).

Qualidade física da água subterrânea na Área 1

Por ser o bairro Tabatinga o maior do município, fez-se a divisão deste em área 1 e 2, visando maior eficácia na coleta de dados da pesquisa. A área 1 refere-se à porção leste do bairro, onde foram coletadas amostras de 9 poços – 6 cacimbas e 3 tubulares. Iniciando-se próximo a região portuária até os limites com o bairro Nambu, no sentido norte/sul. (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de localização dos poços analisados da Área 1 - Apicum-Açu



Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

A área é parcialmente urbanizada, com algumas ruas pavimentadas, edificações de alvenaria, pontos comerciais e equipamentos urbanos (escolas), principalmente a região mais próxima da Avenida principal. Na porção mais a leste há uma disparidade social, região periférica denominada popularmente como “Morro”, iniciada como uma invasão, que ao longo do tempo cresceu habitacionalmente, mas não tendo a mesma atenção pública que as demais.

A área apresenta solo muito mais arenoso que os outros ambientes pesquisados, em relação a região de mangue, estabelecendo contato direto ao norte, já a noroeste, oeste e sudeste o contato é mais distante da região habitada. As amostras de água foram coletadas em poços particulares localizados nas ruas: Benedito Lopes, do Sol, Joaquim Amado, Alto Alegre e Avenida Gregório Castro, tendo os resultados demonstrados na Tabela 01:

Tabela 01 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 1

PARÂM.	UND	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	CONAMA / FUNASA
pH	–	5,37	4,84	4,35	4,31	4,63	4,35	4,90	4,11	4,90	6,0 a 9,0
EC	$\mu\text{S/cm}$	462	268	124	196	122	308	229	1012	16	10 - 100
TDS	mg/L	300	164	80	127	79	199	148	659	11	≤ 1000
TURB	UNT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≤ 100
SALIN	‰	0,15	0,09	0,04	0,06	0,04	0,10	0,07	0,48	0,01	$\leq 0,5\text{‰}$
GEO/REF	UTM	491211 9831967	491393 9831924	491555 9831798	491609 9831589	491804 9831517	491617 9831305	491863 9831876	491634 983209 8	492126 983161 8	–

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019

Após a análise de amostras de água dos 9 poços, obteve-se índices de pH para as águas subterrâneas da área 1, valores que variaram de 4,11 a 5,37 conforme exposto no gráfico 1, indicando que todos os poços desta área estão fora dos padrões de potabilidade da água para consumo humano, classificando-as como ácidas, podendo ser um indicador de contaminação. Nenhuma das amostras atingiu o mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 e FUNASA (2014), que é de 6 para águas de classe 2.

Tais alterações podem ser provenientes de vários fatores, tais como: proximidades de alguns destes poços com o manguezal, forma de construção irregular – sem revestimento de proteção para alguns, efluentes domésticos descartados de forma irregular, além do que, a maioria dos poços estão instalados na porção mais baixa desta área que tem certa declividade, ou seja, todo material carregado da porção mais alta é depositado na parte mais baixa.

Conforme o exposto na tabela 1, os valores de condutividade elétrica obtidos na área 1, variam de 16 a 1.012 $\mu\text{S/cm}$, ou seja, com exceção do poço 9 que foi o único que demonstrou valor abaixo de 100 $\mu\text{S/cm}$, estando dentro dos padrões estabelecidos pela FUNASA (2014) para água natural, todos os outros poços apresentam valores fora dos limites estabelecidos, indicando possível contaminação, com elevada concentração de sais dissolvidos.

As razões para essas alterações são semelhantes às do gráfico 1, com um dado importante: no poço 8 que apresenta valor mais expressivo, há um fenômeno em particular que contribui para esse cenário, a intrusão salina, segundo a proprietária, em períodos de marés alta, há o contato direto da água do mar com o poço, que não tem proteção, estando ao nível do solo e próximo da área de mangue.

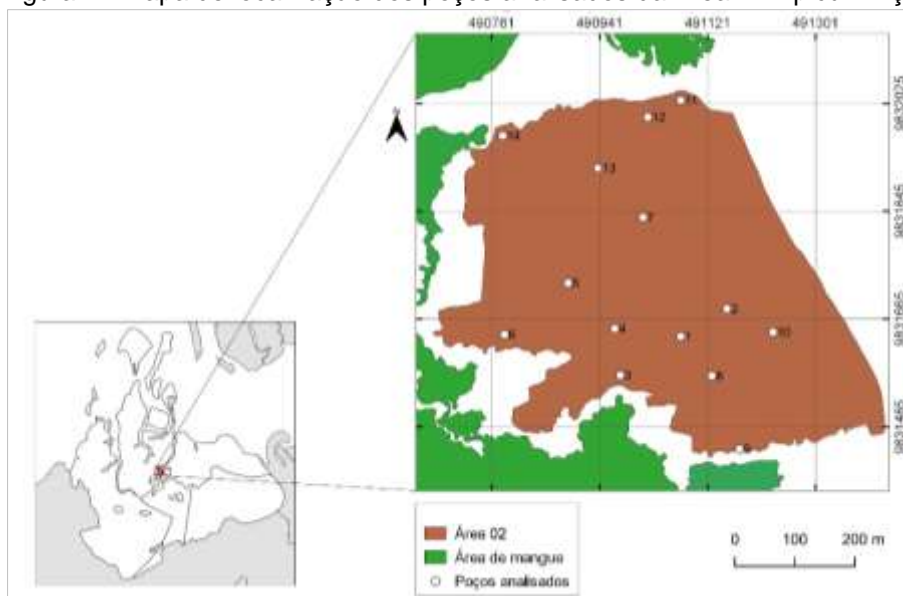
Embora alguns valores de TDS possam estar alterados, com ênfase ao poço 8, que é um caso especial, por razões já explicadas anteriormente, todos os 9 poços estão dentro dos padrões de potabilidade da água para consumo humano, estando abaixo do limite estabelecido.

Destaca-se o nível de salinidade registrado no poço 8, está associado as características particulares desta área, já mencionadas anteriormente (intrusão salina). O poço não é revestido de cimento e a sua água apresenta coloração amarelada, e, segundo a proprietária, é utilizada para o consumo, principalmente no período chuvoso, já no período de estiagem, só quando é feita a limpeza do mesmo. É usada ainda para outros fins como: lavagem de utensílios de pesca, regar plantas e higiene corporal.

Qualidade física da água subterrânea na Área 2

A área 2 corresponde a porção oeste do bairro Tabatinga, onde foram coletadas amostras da água subterrânea de 14 poços, sendo 1 tubular e 13 cacimbas. O lugar é bem povoado e urbanizado, com algumas ruas pavimentadas e outras sem pavimentação (sendo de lateritas ou areia), as edificações em sua maioria são de alvenaria, pontos comerciais e equipamentos urbanos (posto de saúde). Esta área estabelece contato direto nas porções norte, noroeste, oeste, sudoeste e sul com áreas de mangue. (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de localização dos poços analisados da Área 2 - Apicum-Açu



Fonte: IBGE / Google Earth, Organização: Souza, J.F.M. (2020)

As amostras para análise física da água na área 2, foram coletadas em poços particulares de residências localizadas nas ruas: do Sol; Aeroporto; do Aterro; Pedro Neiva de

Santana; da Liberdade; da Matinha; Travessas do Porto e Bom Milagre, com a devida permissão dos proprietários. Após a análise física das 14 amostras, obteve-se os seguintes resultados expressos a seguir. (Tabelas 02 e 03):

Tabela 01 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 2

PARÂM.	UND	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	CONAMA/ FUNASA
pH	–	4,84	4,86	4,47	6,04	6,24	6,83	4,40	6,0 a 9,0
EC	$\mu\text{S/cm}$	323	130	0	372	372	93	236	10 - 100
TDS	mg/L	207	0	0	242	241	60	154	≤ 1000
TURB	UNT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≤ 100
SALIN	‰	0,10	0,04	0,09	0,12	0,12	0,03	0,08	$\leq 0,5\%$
GEO/REF	UTM	0491076 9831636	0491153 9831682	0490975 9831571	490966 9831649	0490888 9831725	0490782 9831639	0491013 9831835	–

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

Tabela 02 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 2

PARÂM.	UND	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	CONAMA/ FUNASA
pH	–	4,47	4,80	4,28	7,26	7,57	7,42	7,54	6,0 a 9,0
EC	$\mu\text{S/cm}$	350	400	248	282	274	319	61	10 - 100
TDS	mg/L	228	260	161	183	178	209	39	≤ 1000
TURB	UNT	12,60	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≤ 100
SALIN	‰	0,11	0,13	0,08	0,09	0,09	0,10	0,02	$\leq 5\%$
GEO/REF	UTM	0491128 9831570	0491174 9831448	0491230 9831643	0491076 9832030	0491021 9832002	0490938 9831917	0490779 9831971	–

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

Das 14 amostras de água analisadas da área 2 os índices obtidos para o pH variam de 4,28 a 7,57 indicando segundo a Resolução CANAMA 357/2005 que a metade dos poços analisados apresenta água levemente ácida a alcalina e a outra metade possuem água ácida, pois apresentam valores abaixo de 6.

As águas com índices entre 6 e 7 atendem as exigências de potabilidade estabelecidos pela Resolução, com pH favorável a água propícia ao consumo. Já as águas com valores um pouco acima de 4, estão fora dos padrões de potabilidade, podendo ser um indício de alteração em suas propriedades e possível contaminação, não sendo indicadas ao consumo.

Embora boa parte desses poços esteja próximos de áreas de mangue, o diferencial em seus resultados está relacionado aos cuidados de conservação, construção e a localização em que foram instalados, pois os poços de melhores pH, mesmo próximo dessas áreas estão a um nível mais elevado em relação ao nível do mar do que os poços com pH baixo.

Os resultados obtidos para a condutividade elétrica na área 2 variaram de 0 a 400 $\mu\text{S/cm}$,

embora nas legislações não há um consenso para os valores permitidos, mas, levando em consideração as orientações da FUNASA (2014, p. 20), a maioria dos poços apresentaram índices acima dos indicados para água naturais, sendo de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os poços que apresentaram valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estariam com um certo teor de poluição, possivelmente provenientes de efluentes domésticos e resíduos de atividades antrópicas observados no local.

Embora a maioria dos poços tenham apresentado valores acima dos indicados para água naturais, é preciso ressaltar algumas condições que podem ter influenciado nessas alterações, a salinidade muito presente nesta área, a formação geológica, o período de estiagem, que diminui a diluição dos sais, além da temperatura da água, que nesta pesquisa não foi levado em consideração.

Os poços analisados nesta área apresentaram teores de TDS, atribuindo-se ao ambiente onde estão inseridos, próximos ao manguezal e a forma de construção desses poços, sem a devida proteção a elementos orgânicos e a processos erosivos, além da adição de resíduos por atividades antrópicas, exceto o poço tubular, que em tese estaria mais protegido. No entanto, todos os poços estão dentro dos padrões indicados para o consumo humano, variando de 0 a 260mg/L, bem abaixo do limite máximo permitido que é de 1.000 mg/L.

Segundo as análises, apenas dois poços apresentaram um pequeno índice de turbidez, o 8 com – (12,6 UNT) e 9 – (12 UNT). Neste caso justificado por duas circunstâncias, em um dos poços o nível de água (N.A.) encontrava-se bem baixo, a ponto de olhar o fundo do poço, logo, movimentos na água proporcionam suspensão de partículas, ocasionando teores de turbidez, embora aparentemente a água se apresentasse transparente.

No outro poço havia presença de raízes de palmáceas, ocasionando a impressão de uma coloração escura na água no fundo do poço, deduzindo-se que com o movimento para a retirada de água, partículas dispersam-se na água a partir das raízes, aumentando a turbidez, embora também estivesse incolor.

Há ainda a proximidade de ambos os poços com o manguezal e a forma de construção (boca superior ao nível do solo), não garantindo uma certa proteção aos elementos provenientes do ambiente, além, é claro, das características arenosas do solo. Os demais poços indicaram valores abaixo de 0. No entanto, todos estão dentro dos parâmetros de potabilidade estabelecidos para água de classe 2 de até 100 UNT.

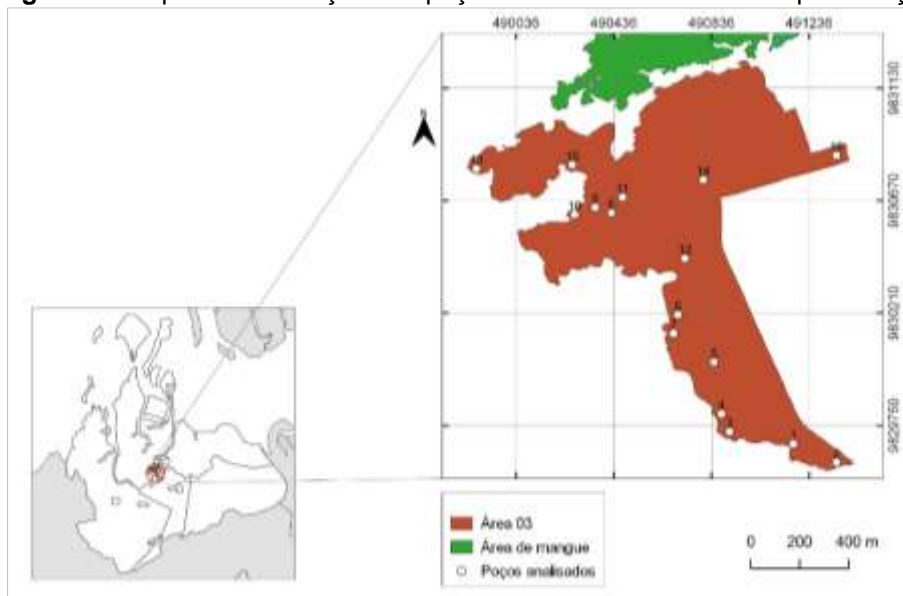
Os percentuais de salinidade obtidos com a análise dos 14 poços, variaram de 0,02‰ a 0,13‰, possibilitando determinar que a água subterrânea desta área é de característica doce com maior incidência no poço 8, estando este muito próximo da área de mangue, é do tipo cacimba sem revestimento, e seu limite superior é ao nível do solo.

Mesmo havendo proximidade com os manguezais e estarem situados em um ambiente com influência marinha, essas características não atribuíram valores significativos de sais na água. Atribuindo a estes poços percentuais de salinidade aceitáveis, dentro dos padrões de potabilidade preconizados pela Resolução 357/2005, apesar das características particulares do ambiente em que estão inseridos.

Qualidade física da água subterrânea na Área 3

A área 3 refere-se aos bairros: Centro (porção oeste), Mangueirão, Campelos, e Novo Apicum, sendo coletados nestes locais as amostras de água de 16 poços, 12 do tipo tubular e 4 cacimbas (Figura 5). Os locais são bem povoados e urbanizados, no Centro todas as ruas são pavimentadas, nos outros bairros só algumas têm pavimentação, com exceção do bairro Campelos em que as vias públicas são de lateritas (piçarra) ou areia.

Figura 5 - Mapa de localização dos poços analisados da Área 3 - Apicum-Açu



Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

As construções são praticamente todas de alvenaria, há grande fluxo comercial (lojas, comércios, farmácia, frutaria...), equipamentos urbanos (escolas, hospital, posto de saúde, delegacia, rádio...). Com exceção do Centro, em que a cobertura vegetal é bem reduzida em função da urbanização, nos outros bairros ainda há uma razoável arborização, havendo presença de rios ou lagos, como no Mangueirão e Novo Apicum.

O contato com o manguezal em condições de maior proximidade se estabelece pelas porções norte e noroeste dos bairros Centro, Mangueirão e Campelos. Assim como nas outras 3 áreas o solo predominante é o Latossolo, com ocorrência do Gleissolo e Neossolo em alguns locais específicos. Após proceder as análises das 16 amostras das águas coletas, obteve-se para cada padrão os seguintes resultados demonstrados nas tabelas 04 e 05.

Tabela 03 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 3

PARÂM.	UND	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	CONAM A/ FUNASA
pH	-	6,21	6,21	6,07	5,87	5,43	4,81	4,55	4,89	6,0 a 9,0
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	33	55	97	51	112	153	131	507	10 - 100
TDS	mg/L	21	35	63	33	73	99	85	330	≤ 1000
TURB	UNT	0	0	103	0	0	0	0	0	≤ 100
SALIN	‰	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,05	0,04	0,21	$\leq 5‰$
GEO/RE F.	UTM	491171 9829675	491347 9829600	490909 9829725	490876 9829798	490845 9830010	490698 9830204	490680 9830127	490427 9830620	-

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$);

Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019

Tabela 04 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 3

PARÂM.	UND	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	CONAMA / FUNASA
pH	–	4,63	5,14	4,43	4,86	4,24	4,85	5,04	5,23	6,0 a 9,0
EC	$\mu\text{S/cm}$	198	147	86	42	57	147	70	484	10 - 100
TDS	mg/L	128	95	56	27	37	96	45	317	≤ 1000
TURB	UNT	0	0	0	0	0	0	0	0	≤ 100
SALIN	‰	0,06	0,05	0,03	0,01	0,02	0,05	0,02	0,16	$\leq 5\%$
GEO/REF	UMT	490359 9830643	490275 9830613	490471 9830684	490727 9830434	489873 9830801	490802 9830756	490265 9830817	491347 9830856	–

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019

Em relação ao pH os resultados das análises indicam valores que variaram de 4,24 a 6,21 demonstrando que apenas 3 destes poços estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos e a maioria possui uma água classificada como ácida, pois estão a baixo do mínimo indicado para o consumo humano que é de 6.

Os poços que apresentam melhores pH estão localizados próximos de corpos hídricos e de área de baixio, em um local ainda razoavelmente arborizado, são do tipo tubular. Já o que indicou menor pH é do tipo cacimba, situado em um ambiente arenoso, características estas que possivelmente contribuem para uma água de melhor ou pior a qualidade.

Das 16 amostras analisadas, metade está dentro do limite de condutividade estabelecido pelo relatório da FUNASA (2014) para águas naturais, que é de $100\mu\text{S/cm}$, classificando-as como propícias ao consumo humano. No entanto, 8 poços apresentam índices acima do permitido, indicando possíveis contaminação da água e concentração de sais, provenientes de efluentes domésticos, já que estão em uma área residencial, com grande urbanização.

Destacam-se os poços 8 e 16 com maiores alterações para EC, associando-se a alguns fatores relevantes para tal resultado, além dos já mencionado no parágrafo anterior, estes localizam-se em uma área com pouca vegetação e solo desnudo, propiciados a deposição de partículas transportadas pelos ventos, além do problema do descarte irregular dos resíduos sólidos, que com as chuvas podem ser carreados para os locais mais baixos onde estes estão instalados.

De acordo com o gráfico 11, mesmo havendo alterações com maiores índices de TDS nos poços 8 e 16, todos estão bem abaixo do limite estabelecido pela Resolução 357/2005, que é de 1000 mg/L, indicando que embora haja sólidos dissolvidos na água, não são valores tão expressivos, que possam alterar sua qualidade ou estrutura física, com relação a este parâmetro em análise. Uma característica que possivelmente contribui, é o fato da maioria destes poços serem do tipo tubular, supondo-se que estaria mais protegido a circunstâncias exógenas.

Com relação as amostras 8 e 16 que indicaram maiores valores, associam-se às

características do ambiente onde estão inseridos, como já mencionados anteriormente, adicionado o fato que o poço 16 está próximo a um rio temporário em processo de assoreamento, poluído pelo descarte de efluentes domésticos, que em períodos chuvosos aumenta seu volume de água, inundando áreas próximas.

Em relação a turbidez quase todas as amostras indicaram valores negativos, considerando-os como 0, pois apresentaram valores irrelevantes à pesquisa, com exceção do poço 3 que apresentou valor de 103UNT, estando um pouco acima do índice de potabilidade estabelecido pela Resolução CONAMA 357, resultado este associado às suas características próprias e do local onde está instalado.

O poço é do tipo cacimba, que mesmo revestido com tijolo, o próprio material em contato com água pode liberar partículas, além do mais, não há proteção na parte superior, estando sujeito a fragmentos transportados pelo vento. Está inserido em uma área arenosa, com pouca vegetação e próximo a via pública sem revestimento, características estas que podem contribuir para a turbidez.

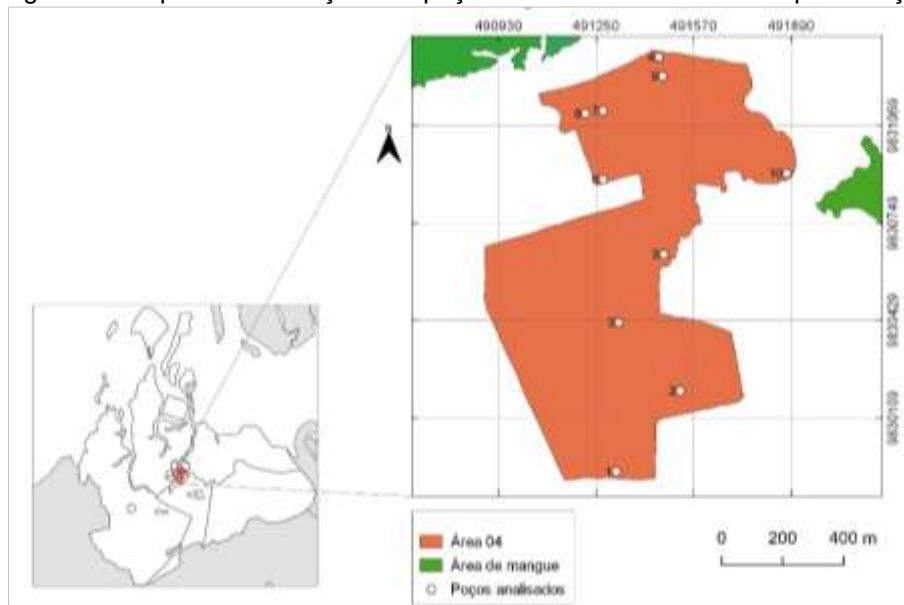
Todos os poços da área 3 indicaram percentuais aceitáveis de salinidade para águas propícia ao consumo humano, como mostra o gráfico 12, havendo variações de 0,01‰ a 0,21‰, possibilitando classificá-las como água doce, pois nenhuma amostra ultrapassou o valor máximo permitido pela Resolução 357/05, que é de 0,5‰. Os maiores índices registram-se nos poços 8 e 16, sendo estes os que em todos os parâmetros apresentaram alterações, sem dúvida as condições destes, já mencionadas anterior, contribuem para o grau de salinidade registrado.

Uma das razões para os poços desta área não apresentarem grandes alterações de salinidade, mesmo em um município com influências marinhas, onde alguns bairros estabelecem contato com o manguezal, é a localização destes, pois estão instalados em um ambiente distante dessas áreas, logo, mesmo havendo a contribuição desses elementos, não alteram os níveis de sais presentes.

Qualidade física da água subterrânea na Área 4

A área 4 relaciona-se ao bairro Nambu e a uma pequena faixa da porção leste do Novo Apicum, além das localidades denominadas popularmente como bairro Portelinha e Santo Antônio, embora a Legislação Municipal ainda os considere parte integrante do Nambu, onde estão inseridos. Nestes locais foram coletadas amostras de água de 10 poços, 7 do tipo cacimba e 3 tubulares. (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de localização dos poços analisados da Área 4 - Apicum-Açu



Fonte: Base de dados: IBGE (2010). Elaboração: Souza, J.F.M. (2020)

O Nambu é o bairro mais recentemente habitado, desenvolvendo-se habitacionalmente nos últimos anos, muito em função da população praiana que migraram para a sede do município, ocupando áreas até então desabitadas neste local, assim como também do Morro, localizado no bairro Tabatinga.

As características desta área são construções em sua maioria de alvenaria, pequenos comércios, algumas ruas com pavimentação asfáltica e equipamentos urbanos (escola), o contato com a região de mangue se faz pelas porções leste e noroeste, no entanto um pouco distante da área habitada. Após as análises da água dos poços da área obteve-se os resultados expressos a seguir. (Tabelas 06 e 07).

Tabela 05 - Resultados das Análises físicas da água subterrânea da Área 4

PARÂM.	UND	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA/ FUNASA
pH	–	4,23	7,46	7,60	7,66	7,77	6,0 a 9,0
EC	μS/cm	89	34	133	120	224	10 - 100
TDS	mg/L	57	22	86	78	145	≤1000
TURB	UNT	134	247	0	0	0	≤100
SALIN	‰	0,03	0,01	0,04	0,04	0,07	≤ 0,5‰
GEO/REF.	UTM	0491316 9829932	0491526 9830197	0491324 9830423	0491456 9831294	0491472 9830646	–

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro (μS/cm); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019.

Tabela 06 - Resultados das análises físicas da água subterrânea da Área 4

PARÂM.	UND	P6	P7	P8	P9	P10	CONAMA/ FUNASA
pH	–	7,69	7,72	7,81	7,88	7,92	6,0 a 9,0
EC	$\mu\text{S/cm}$	172	192	39	33	254	10 - 100
TDS	mg/L	112	124	22	21	165	≤ 1000
TURB	UNT	0	135	197	0	0	≤ 100
SALIN	‰	0,06	0,06	0,01	0,01	0,08	$\leq 0,5\%$
GEO/REF.	UTM	0491273 9830892	0491273 9831118	0491215 9831108	0491468 9831231	0491875 9830912	–

Nota: Potencial Hidrogeniônico (pH); Condutividade Elétrica (EC); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS); Turbidez (TURB); Salinidade (SALIN); Miligrama por litro (mg/L); Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S/cm}$); Partes por mil (‰); Georreferencias (Geo/Ref); Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT); Poço (P)

Fonte: Acervo da pesquisa de campo: Apicum-Açu - MA, 15/09/2019.

Das 10 amostras de água analisadas, 9 encontram-se dentro dos parâmetros legais do pH, classificando-as como neutras a levemente alcalinas, pois apresentaram valores um pouco acima de 7. Resultados estes, que possivelmente estão relacionados com o tipo solo predominando nesta área, sendo muito mais argiloso do que arenoso, favorecendo uma melhor filtragem das impurezas provenientes do ambiente, ao contrário das outras áreas pesquisadas, havendo ainda presença de vegetação e proximidade de corpos hídricos.

Apenas o poço 1 apresentou valor inferior para o pH, indicando que a água deste é ácida, possivelmente pelo local onde está instalado, área desmatada e próximo a um lago poluído pela deposição de resíduos sólidos pela população local, que nos períodos chuvosos, tende a aumentar seu nível de água, inundando áreas próximas, além do que, as enxurradas carregam materiais descartados em locais indevidos, como os efluentes domésticos, e depositam em áreas mais baixa, onde geralmente são instalados os poços.

Os poços que possuem água com pH mais elevado são do tipo cacimba, alguns revestidos por cimento, instalados em áreas arborizadas, como por exemplo o que indicou 7,92 localizado em meio a vegetação, próximo a um rio preservado, sem tanta interferência antrópica, estando inserido em um solo possivelmente do tipo gleissolo, características estas que contribuem para os resultados positivos em relação ao pH destas amostras.

Com relação a condutividade elétrica apenas 4 poços apresentaram valores inferiores a $100 \mu\text{S/cm}$, típicos de águas naturais propícia ao consumo humano, os 6 poços restantes indicaram valores um pouco acima deste índice, sugerindo que possivelmente pode haver pequeno grau de contaminação, ou concentração de sais um pouco fora da normalidade.

Os maiores índices de EC registrados nos poços 5, 7 e 10 estão associados às características destes e aos locais onde estão inseridos, sendo 1 tubular localizado próximo a um rio que vem sendo assoreado, havendo deposição de resíduos sólidos e 2 cacimbas que embora revestidos com tijolo, não há proteção na parte superior, estando sujeitos às partículas transportadas pelo vento, contribuindo para concentração de sais na água e uma razoável alteração da condutividade.

Os valores indicados para TDS nas amostras da água dos 10 poços, não se apresentaram tão alterados, como observa-se no gráfico 15, estando bem abaixo do limite indicado pelos órgãos de regulamentação de água, indicando que embora haja constituintes sólidos dissolvidos, estas alterações não são tão expressivas, a ponta de modificar as características físicas e comprometer a qualidade da água referindo-se a este parâmetro.

As maiores alterações de TDS foram registrados nos mesmos poços que indicaram índices mais elevados no padrão anterior, havendo uma correlação entre ambos, pois referem-se aos sais e sólidos dissolvidos na água, logo, tais resultados, mesmo estando dentro da normalidade, relaciona-se às características e situações destes poços – proximidade de um rio degradado e sujeito a deposição de partículas transportadas pelo vento, por não ter proteção na parte superior.

Os índices para Turbidez apresentaram anormalidade em apenas 4 poços das 10 amostras analisadas, sendo a 1 (134UNT), 2 (247UNT), 7 (135UNT) e 8 (197UNT) todos com valores um pouco acima do indicado pela resolução 357/2005. Os demais demonstraram valores negativos, considerando-os como 0, embora alguns destes apresentem características semelhantes, logo considera-se então que os sólidos em suspensão na maioria dos poços são de níveis muito baixos.

Os 4 poços que demonstraram valores acima do indicado para turbidez, têm características semelhantes, são do tipo cacimba, sem proteção na parte superior – sujeitos a deposição de partículas transportadas pelo vento, instalados próximos a ruas de areia ou lateritas, e mesmo os que são revestidos com cimento, liberam partículas a partir do contato com a água.

Os percentuais de salinidade resultantes das 10 análises, são bem baixos para todos os poços, nenhum destes se aproximou do limite máximo permitido para águas propícias ao consumo humano que é de 0,5‰ possibilitando classificar todos desta área como água doce, indicada ao consumo. Segundo os moradores 9 destes poços são usados para este fim, além de outras atividades.

Uma das razões para os percentuais de salinidade destes poços terem indicados valores bem baixos dos registrados nas outras áreas, é a maior distância destes para as regiões de mangue. Mesmo havendo alguma influência marinha, pelas características locais, os teores de salinidade são baixos, não alterando a qualidade da água em relação a este parâmetro por esta peculiaridade do ambiente.

Fatores antrópicos atuantes na qualidade das águas subterrâneas

De modo geral, em todas as áreas pesquisadas, um dos grandes fatores que está contribuindo para certas alterações nas propriedades físicas da água subterrânea da sede do município é a degradação ambiental relacionada ao desmatamento, muito intensificado pelo processo de urbanização, percebendo-se que as áreas mais desmatadas, geralmente são as que apresentaram maiores alterações na qualidade da água subterrânea.

Outro fator de grande impacto na qualidade dessas águas é a questão dos resíduos sólidos e dos líquidos, descartados de forma irregular, – nas ruas, nos corpos hídricos, próximo aos poços, nas áreas de manguezal, embora haja o serviço de coleta ofertada pelo poder público, que não atende a todos os bairros na mesma proporção. Com o período chuvoso, esses resíduos sólidos, são carreados para áreas mais baixas, e até mesmo para dentro dos poços, no caso dos poços do tipo cacimba, sem proteção acima do nível do solo, estando mais suscetíveis a poluição.

Percebeu-se ainda que não há um controle do Poder Público na perfuração dos poços, com a devida concessão de outorga, como prevê a legislação, ficando a critério da

população diante de suas demandas por água, instalar seus poços, em qualquer local e da forma que lhe for conveniente, não levando em consideração as peculiaridades do ambiente em que está inserido. Isto ficou muito evidente, pela localização de alguns poços, por estarem próximo ou dentro da planície costeira.

Em todo caso, esses poços são instalados no ambiente em que se tem maior facilidade de obter água, no entanto, por falta de orientação dos órgãos responsáveis, e até mesmo do conhecimento dos proprietários destes, pode-se estar consumindo uma água fora dos padrões estabelecidos, o que certamente a curto ou a longo prazo, trarão certos problemas de saúde relacionados a água, como é o caso do poço 8 da área 1, que possivelmente seus usuários têm ou terão problemas renais, gástricos ou hipertensão, muito em função da água salobra que estão consumindo.

São muitos os problemas identificados em campo que estão contribuindo para as alterações de potabilidade da água subterrânea no município, desde deposição de resíduos sólidos em qualquer local – próximo de fonte de água, até a falta de informação e orientação de como e onde esses poços podem ser perfurados. Não há nenhum controle, ficando a critério da população em função de suas necessidades.

Se faz necessário uma maior responsabilidade do poder público para pôr em prática o que estabelecem as leis municipais acerca da preservação e oferta de água potável à população, pois embora tratando-se de um município litorâneo, em que a influência marinha é constante, não são os fatores naturais os maiores contribuintes para certas alterações de potabilidade, mas sim, as condições e situações dos poços.

Para tanto, é necessário que o poder público realize análises periódicas dos poços artesianos que fazem a distribuição de água – como prevê a lei municipal, e divulgue os resultados para que todos possam tomar conhecimentos das condições de potabilidade da água que estão consumindo e se adote as devidas providências que se fizerem necessárias para uma água mais saudável e propícia ao consumo.

Se de fato essas análises periódicas acontecessem como está previsto na Legislação Municipal seria possível determinar as reais condições físicas, químicas e bacteriológicas de todos os poços analisados, já que a maioria estão próximos de estações de distribuições pública de água, e muitos problemas de saúde relacionado ao consumo de água poderiam ser evitados.

No entanto, não há nenhum controle de potabilidade nem por parte do Poder Público – mesmo havendo as leis que assegurem esse direito à população, nem dos proprietários de poços – em muitos casos por falta de condições e informações de que tais cuidados são essenciais para uma água de qualidade, que atenda aos padrões de potabilidade.

Fazendo uma análise geral de todos os resultados obtidos nas quatro áreas pesquisadas, tem-se como melhores indicadores de potabilidade as águas da área 4 – bairro Nambu, por algumas razões peculiares do local, cobertura vegetal ainda razoavelmente presente e a predominância de um solo mais argiloso, sendo mais eficaz na filtração, retendo as impurezas e protegendo os lençóis freáticos.

Já os piores indicadores de potabilidade são dos poços da área 1 – bairro Tabatinga, o qual obteve-se resultados abaixo ou acima dos indicados pelos órgãos reguladores, por ser uma área mais seca, pouco arborizada e predominância de um solo mais arenoso,

sendo menos eficaz na filtração, permitindo que substâncias exógenas cheguem aos lençóis freáticos com mais facilidade.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com a análise física da água subterrânea da área urbana do município de Apicum-Açu - MA foram de grande importância, tanto no que se refere ao aprendizado adquirido, quanto na obtenção de dados sobre as reais condições físicas da água que está sendo utilizada pela população, possibilitando identificar em quais áreas tem-se uma melhor condição de potabilidade e quais fatores ambientais ou estruturais estão contribuindo para isto.

Diante dos resultados apurados conclui-se que a água subterrânea da sede do município é do tipo doce em todos os bairros, mesmo havendo registros de alterações de salinidade nas áreas mais próximas da região de mangue, mas nada tão relevante como se pressupunha, por se tratar de um ambiente com influência marinha.

Exceto em um dos poços da área 1, classificado como água levemente salobra, pelo nível de salinidade está praticamente acima do permitido, por estar instalado muito próximo do mangue, em uma planície costeira, estando suscetível a poluições do ambiente, bem como, entrada da água do mar no poço, muito frequente nas marés altas. Além do problema de intrusão salina, que certamente está ocorrendo neste local, pois a água apresenta-se salobra mesmo nos períodos em que a maré não chega até o poço.

Em relação ao pH é possível determinar que a água subterrânea é levemente ácida a básica, com ressalvas para alguns poços que indicaram valores de 4 a 5, exigindo um pouco mais atenção e cuidados, pois ingerir água com um certo grau de acidez a longo prazo pode gerar problemas de saúde. Destaca-se também os poços com melhores resultados de pH, em função da pedologia mais argilosa, sugerindo-se cuidados para que outros fatores não minimizem essa qualidade.

Com os índices obtidos para cada parâmetro: pH, EC, TDS, Turbidez e Salinidade, estando estes diretamente associados ao ambiente em que se encontram esses poços, a forma como são construídos e conservados, considera-se que a água da maioria dos poços está relativamente própria ao consumo humano, em relação apenas aos aspectos físicos, visto que as maiores alterações são pontuais para algumas áreas.

No entanto é preciso ressaltar que não se fez análise química, nem bacteriológica da água, embora há parâmetros na pesquisa que são químicos como o pH. Logo, não é possível assegurar com total clareza que a água dos poços esteja livre de microrganismos patológicos ou contaminações químicas. Mas os resultados físicos já são um indício de potabilidade da maioria desses poços.

Diante dos resultados, aponta-se como sugestão para melhorar as condições de potabilidade da água subterrânea do município um maior controle e cuidado, seja do poder público ou dos moradores, na perfuração e conservação dos poços, levando em considerações a proximidade com o ambiente marinho, a localização em relação as forças sépticas ou negra – que podem ocasionar contaminação da água, se estiverem no mesmo fluxo dos lençóis freáticos.

Recomenda-se a construção de poços cacimbas com revestimento e proteção acima do nível do solo de pelo menos 1 metro, prevenindo acidentes e certas contaminações,

provenientes tanto de eventos naturais como de atividades antrópicas. Além da manutenção e limpeza periódicas dos poços tubulares e cacimbas, diminuindo assim a concentração de sujeira nas encostas e o acúmulo de sais e sólidos em suspensão.

Sugere-se ainda que a população exija do poder público a execução do que estabelece as leis ambientais e de potabilidade da água. No entanto, se faz necessário a responsabilidade consigo, com o próximo e com o meio ambiente, pois, se de fato o poder público deixa muito a desejar, não ofertando o que prever as leis, a população também tão pouco faz sua parte, descarta os resíduos sólidos de qualquer forma e em qualquer local, perfura os poços sem os devidos cuidados e proteção, desmatas e queima, sem se dar conta que tudo isso está interferindo diretamente na qualidade da água que está consumido.

É necessário para se ter uma água de qualidade que obedeça aos padrões de potabilidade, uma ação conjunta, meio ambiente com suas peculiaridades, Poder Público exercendo e aplicando as legislações de forma autêntica e responsável e uma população sensibilizada e comprometida com a natureza, pois ela oferta aquilo que lhe é ofertada.

Por fim, espera-se que este trabalho possa produzir ainda mais conhecimentos e sensibilize a população para um melhor cuidado com os lençóis freáticos, suscitando mais atenção e preocupação com as águas subterrâneas, para uma maior preservação e melhores condições de saúde para a população apicum-açuense, atual e futura.

BIBLIOGRAFIA

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Água no mundo: Situação da água no mundo.** ANA. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>. Acessado em: 23 mar. 2020.

APICUM-AÇU. Lei Municipal nº Lei 268, de 02 de outubro de 2017. **Dispões sobre o Zoneamento de uso e a ocupação no Município.** Apicum-Açu, 2017.

_____. Lei Municipal nº 269, de 11 de outubro de 2017. **Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos, estabelece normas e diretrizes para Gestão Integrada dos resíduos sólidos urbanos.** Apicum-Açu, 2017.

_____. Lei Municipal 271, de 02 de outubro de 2017. **Define os perímetros das Zonas Urbanas, Rurais e Costeiras do Município.** Apicum-Açu, 2017.

_____. Lei Complementar Municipal nº 191, de 05 de abril de 2013. **Dispõe sobre a instituição do Plano Diretor do Município.** Apicum-Açu, 2013.

_____. Decreto Municipal 047, de 02 de abril de 2019. **Dispõe sobre a criação do Serviço Autônomo de Água e Esgoto do Município.** Apicum-Açu, 2019.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Apicum-Açu, MA.** Caracterização do território. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/apicum-acu_ma. Acessado em: 23 mar. 2020.

BANDEIRA, Ires Celeste Nascimento. **Geodiversidade do estado do Maranhão: Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.** Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Teresina: 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Fundação Nacional de Saúde: FUNASA. Brasília, DF, 2014.

_____. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: CONAMA. Brasília, DF, 2005.

_____. Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: CONAMA. Brasília, DF, 2008.

CIDADE-BRASIL. **Município de Apicum-Açu**. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-apicum-acu.html#>. Acessado em: 23 mar. 2020.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Apicum-Açu**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul>Brasil>Maranhão>ApicumAçu>. Acessado em: 20 mar. 2020.

CORREIA FILHO, Francisco Lages. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do município de Apicum-Açu. CPRM: Serviço Geológico do Brasil. Teresina, 2011. 31p.

FERNANDES, Ângela Maria Ferreira. **Diagnóstico da água subterrânea em propriedade rural no município de Planalto, RS**. Universidade Regional do Estado. Ijuí, Rio Grande do Sul, 2011.

GOOGLE MAPS. **Apicum-Açu, Maranhão**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Apicum-Acu>. Acessado em: 23 mar. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Brasil / Maranhão / Apicum-Açu. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/apicum-acu/panorama>. Acessado em: 25 mar. 2020.

_____. **População estimada 2020**. Brasil / Maranhão / Apicum-Açu. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/apicum-acu/panorama>. Acessado em: 12 set. 2020.

_____. **Geociências**: Estatísticas, downloads. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acessado em: 29 mar. 2020.

MIDÕES, Carla; FERNANDES, Judite; COSTA, Cristina Gomes da. **Água subterrânea**: conhecer para proteger e preservar. Instituto Geológico e Mineiro. IGM. 2001.

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas. Paraná, 2011.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. *et al.* **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Embrapa. 5 ed., rev. e ampl. Brasília, DF, 2018.

SILVA, Aldeni Barbosa da. *et al.* **Parâmetros físico-químicos da água utilizada para**

consumo em poços artesianos na cidade de Remigio - PB. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS. Paraíba, 2017.

SOUZA, Juliana Rosa de. *et al.* **A Importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos:** Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. Revista Eletrônica do Prodema, v.8, n.1. Fortaleza, 2014.

VAZ, Benenilde Lopes. *et al.* **Influências urbanas nas variações térmicas em Apicum-Açu.** Apicum-Açu, 2017.