

POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO E A QUESTÃO DA ÁGUA NO ABASTECIMENTO PÚBLICO, XINGUARA/PA

Paulo Pontes Araújo¹; Manfredo Ximenes Ponte² & Ariolino Neres Souza³

Resumo - Este trabalho descreve o quadro hidrogeológico da área urbana de Xinguara e bairros periféricos, no sudeste do Estado do Pará, e contém recomendações para possíveis alternativas visando atender a demanda local de água potável. Além de detalhar a geologia da área, foram cadastrados 2 fontes naturais, 333 poços manuais, 13 poços tubulares rasos e 4 profundos e efetuadas 10 análises físico-químicas das suas águas. Trata-se de uma área sustentada por rochas cristalinas, com baixa vocação hidrogeológica. Contudo, o manto de intemperismo, certas zonas restritas das aluviões e zonas fraturadas na rocha são do embasamento, constituem-se em aquíferos promissores. As condições de saneamento básico e a água analisada apresenta más condições sanitárias, devido ao fato de que grande parte da cidade de Xinguara ser desprovida de rede de esgoto público, predominando as instalações sanitárias individuais de sistemas dos tipos úmido e seco. As informações preliminares apresentadas representam um bom ponto de partida para trabalhos futuros.

Abstract - This work gives a hydrogeological view of the urban area and peripheral districts of Xinguara, in the southeastern part of Pará-state. It also contains some recommendations regarding alternatives to attend the local drinking water demand. Besides defining a detailed geological picture of the area, an inventory of 2 springs, 333 handdug wells, 13 undep and 4 deep drilled wells was made and 10 physical-chemical analysis of their waters were performed. The area consists of crystalline rocks with low ground-water potential. The basic sanitation conditions and water analysed give rise bad conditions of Xinguara, to be out of all sewer system public, prevailing sanitary plant individuality of systems dry and moist types. Nevertheless, the weathered covering layer, some restricted aluvial zones as well as fractured zones in the unweathered parts of the basement rocks constitute promising aquifers. The presented preliminary information is a good starting point for future investigation.

¹ Hidrogeólogo *M. Sc.*, SGB/CPRM: Av. Dr. Freitas, 3645; fone: 0xx91-2768577; e-mail: ppontes@be.cprm.gov.br

² Geólogo *M. Sc.*, SGB/CPRM: Av. Dr. Freitas, 3645; fone: 0xx91-2768577; e-mail: manfredo@yahoo.com.br

³ Geólogo, SGB/CPRM: Av. Dr. Freitas, 3645; fone: 0xx91-2768577

Palavras-Chave – Hidrogeologia, Saneamento Básico, Xinguara/PA.

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa é parte integrante do acervo de relatórios elaborados no projeto intitulado *Projeto de Informações Hidrogeológicas do Estado do Pará - PIH*, desenvolvido por uma equipe de geólogos e técnicos de mineração e operacionais da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - SBG / SUREG-BE, com o apoio da Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA e Prefeitura Municipal de Xinguara, durante os anos de 1992 e 1997. O trabalho objetivou caracterizar as condições do potencial hidrogeológico e analisar a questão da água para abastecimento público da cidade de Xinguara, mais especificamente nos bairros periféricos: Marajoara, Itamaraty, Tanaka, Selecta e partes da PA-150 e PA-279. Para esse fim, executou-se um reconhecimento dos sistemas de saneamento, o inventário dos poços escavados e tubulares, utilizados pela população para consumo humano, nos quais quantificou-se, na medida do possível, a profundidade, o nível estático, medida de pH, além de coleta de água subterrânea para análises físico-químicas. Além disso, foi executado o mapeamento da geologia detalhada da área de estudo.

LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área pesquisada está localizada na sede do município de Xinguara, sudeste do Estado do Pará, situada a 170 km ao sul da serra dos Carajás, entre os paralelos 07°02'00" e 07°07'00" de latitude sul e os meridianos 49°55'00" e 50°00'00" de longitude oeste (Figura 1). O acesso principal é feito a partir de Belém, por via terrestre, através da PA-150 ou pela BR-010 (Belém-Brasília), assim como, via aérea, utilizando-se aviões de pequeno porte (mono ou bimotores).

MATERIAL E MÉTODO

A metodologia adotada em Xinguara envolveu três etapas distintas, a saber: (1) - levantamento bibliográfico e elaboração de mapas de compilação e de foto-interpretação; definição, em caráter preliminar, das atividades a serem desenvolvidas no campo; (2) – reconhecimento dos sistemas de saneamento, mapeamento geológico de detalhe da cidade de Xinguara; inventário hidrogeológico básico, seguido de coleta sistemática de águas subterrâneas para análise físico-química quanto a potabilidade; (3) – elaboração de relatório de pesquisa, tendo anexo o Mapa de

Reconhecimento Hidrogeológico, escala 1: 10.000, de acordo com as normas técnicas e convenções cartográficas estabelecidas pela CPRM.

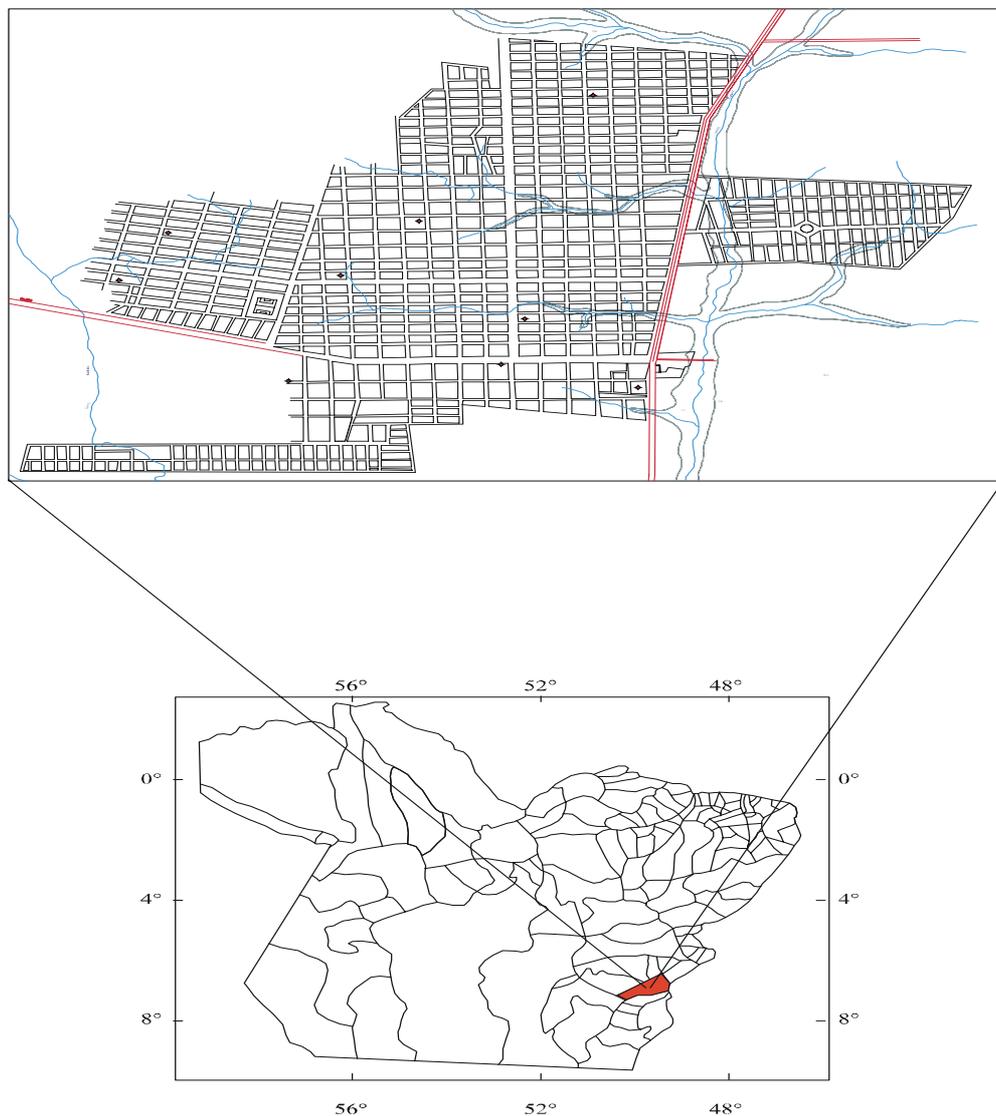


Figura 1 – Localização da área de estudo

GEOLOGIA

Geologicamente, a cidade de Xinguara acha-se inserida no contexto geológico do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (PENA Filho, 1994 [1]). Assim, buscou-se definir os possíveis controles estruturais, a partir dos dados obtidos em campo e no escritório, os quais possibilitariam a possível caracterização do estilo tectônico compressivo atuante nas rochas graníticas do Complexo Xingu.

Nesse sítio infracrustal aparece uma discreta foliação milonítica, obedecendo uma orientação geral WNW/ESE, com mergulhos acima de 60° . Feições protomiloníticas a miloníticas compõem, também, nos setores Tanaka, Marajoara e Itamaraty, geologicamente investigados.

Falhas e fraturas de caráter extensional são observadas em quase todos os afloramentos estudados, com direções variando, ora para nordeste (N60°E) ora para noroeste (N30°W) e mergulhos variando de verticais a subverticais. Subordinadamente, verificam-se falhas direcionadas para E-W / N-S, acompanhando os mergulhos citados.

A tectônica rúptil presente é importante do ponto de vista hidrogeológico, principalmente quando há conexão entre as fraturas ou falhas transversais, originadas a partir de esforços de tração durante a compressão.

Nos setores Alto Araguaia e Marajoara ocorrem fraturas de direções E-W, acompanhando, na maioria das vezes, a foliação milonítica regional, as quais julga-se estarem relacionadas à descontinuidades longitudinais, decorrentes dos esforços de tração que surgem quando cessa a compressão primária. Complementando esse quadro, têm-se diques de diabásio, provavelmente de idade mesozóica, e aluviões quaternários, esses últimos, encontrados nos "flat" das drenagens

HIDROGEOLOGIA

Trata-se de uma área de rochas cristalinas, com baixa vocação hidrogeológica. As zonas com alguma potencialidade dependem exclusivamente do grau de fraturamento da rocha cristalina, da espessura do manto intempérico e das aluviões (ARAÚJO *et al.*, 1994 [2]).

Dentro deste contexto, tanto a zona aluvial como a do manto de intemperismo constituem-se em aquíferos granulares, ao passo que o cristalino está condicionado as fendas ou fraturas abertas.

A zona aluvionar é constituída de areia, argila e cascalhos inconsolidados, distribuindo-se ao longo das drenagens da região, com "flat" situam-se entre 30m e 70m. São bastantes variáveis, podendo, localmente, ultrapassar 10m de espessura. As suas características litológicas possibilitam boas permeabilidade e porosidade, porém suscetíveis à contaminação/poluição. O interesse hidrogeológico dessa zona se restringe às espessuras de maior profundidade e onde predominem fácies mais arenosas. Na área de ocorrência dessa unidade foram cadastradas mais de uma centena de poços escavados, cujas profundidades variam de 4m a 12m, alcançando um valor médio de 8m. Esses poços, dependendo da sua posição topográfica, secam durante os períodos de maiores estiagens.

A segunda zona, definida pelo manto de intemperismo (rochas alteradas), tem seu aproveitamento muito utilizado pela população local, principalmente na ausência das faixas aluvionares. Nesse caso, são abertos poços tubulares de 4 polegadas (batizado pela comunidade como semi-artesianos), cujas profundidades variam de 15m a 35m, com valor médio de 25m.

A terceira e última zona, de maior complexidade, corresponde aos ganisses e granitóides migmatizados do Complexo Xingu, situada no perímetro urbano. As ocorrências de água subterrânea

nesse sistema são de pequena expressão e se restringem, exclusivamente, às falhas e fraturas ou descontinuidades litológicas. Assim, devido a pouca drenagem superficial, espera-se que boa parte das fraturas e falhas se apresentem fechadas, prejudicando, sobremaneira, o armazenamento nesse aquífero.

CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

A cidade de Xinguara, inserida no contexto do embasamento cristalino, têm a rede de drenagem superficial representada apenas pelas bacias dos igarapés Marajoara e Mariazinha, as quais constituem-se, juntamente com as precipitações pluviométricas, nas únicas fontes alimentadoras de águas das aluviões e do manto intempérico.

Devido a dificuldade do abastecimento superficial, motivada pelos limitados cursos d' água que drenam a área urbana, provavelmente poluídos, o consumo doméstico da comunidade mais carente é feito através de poços manuais, enquanto que as camadas mais economicamente privilegiadas e órgãos municipais utilizam-se de poços tubulares.

Com base no inventário parcial dos poços tipo manual e fontes, assim como na análise dos poços tubulares, avaliou-se, preliminarmente, o conhecimento hidrogeológico das zonas aquíferas mais superficiais. Dessa maneira, foram cadastrados 333 poços manuais, 2 fontes naturais, 13 poços tubulares rasos e 4 poços profundos. Sempre que possível, avaliou-se as medidas de nível estático, pH e profundidade desses poços.

Os poços do tipo manual abastecem, a nível de pequena demanda, quase toda a população urbana. Contudo, nos bairros Tanaka e Itamaraty, onde a topografia é mais positiva, os níveis estáticos são mais profundos (variando de 3 a 5m) e chegam até mesmo secar durante o período de maior estiagem (julho/outubro).

Os poços tubulares rasos exploram zonas aquíferas do manto de intemperismo. Aqueles com profundidade de até 20m, têm níveis estáticos oscilando entre 4m e 13m, enquanto os de maiores profundidades ($\pm 40m$), oscilam entre 13m e 30m. Apresentam diâmetro de perfuração da ordem de 6 polegadas e são revestidos, geralmente, com tubo PVC de 4 polegadas. Esses poços são equipados com bombas injetoras.

Os poços tubulares profundos exploram o sistema aquífero que ultrapassa o manto de intemperismo e atingem o meio fraturado, de forma que as características de produção refletem as possibilidades hidráulicas desse meio. Sua profundidade varia de 44m a 70m e são revestidos com tubos galvanizados de 6 polegadas. Não foi possível obter as suas características hidrodinâmicas. Os poços tubulares que abastecem os postos de gasolina Comaxim e Castanheira, perfurados pela empresa Lapa Maringá, na década de 80, são alimentados por compressores, onde a tubulação de injeção de ar e descarga de água são de 1/2 e 2 polegadas, respectivamente.

Na Secretaria de Obras e na Auto Mecânica Cometa, os poços são equipados com bombas submersas (tipo Leão e Mávia) acionadas por corrente elétrica. O poço da Auto Mecânica Cometa, com profundidade de 44m, apresentou, segundo o seu proprietário João Batista Muraro, uma vazão de 2m³/h. Foi perfurado em agosto de 1994, com tubulação em PVC, até a profundidade de 30m (8 polegadas) e o restante em 6 polegadas em rocha sã.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A localização dos poços selecionados para o estudo é mostrada na figura 2.

Os resultados das análises das águas, realizadas no período seco (outubro / 1993), nas cidade de Xinguara, são apresentados na Tabela 1.



Figura 2 - Locais de amostragem de água subterrânea, na cidade de Xinguara

De um modo geral, nas águas subterrâneas analisadas os valores de pH se mantiveram relativamente neutras, entre 6,0 e 7,8. Considerando-se a faixa de pH estabelecida pelos padrões de potabilidade (Portaria 1469/2000, Ministério da Saúde), constata-se que 60% dos valores de pH das águas estudadas encontram-se dentro da faixa de 6,5 a 8,5, considerada adequada para consumo humano. O restante apresentou-se relativamente ácidos, entre 6,0 e 6,4. Cabe ainda ressaltar que o uso das águas ácidas pode ocasionar problemas tais como: o ataque aos metais, provocando corrosão nos equipamentos (tubos de revestimentos de ferro na água (CETESB, 1987 [3]). Estudos realizados por Lima e Kobayashi (*apud* Araújo, 2001, p. 75 [4]) [...] outro fator que contribuiria para a acidez das águas seria a presença de C₂ e ácidos húmicos livres em solução, fenômeno típico de zonas tropicais”. Segundo Sioli [5] (1960), [...] “águas subterrâneas analisadas nas cidades de

Vigia, Igarapé Açu e Maracanã, no nordeste paraense, evidenciaram a influência de esgotos e fossas mostraram pH variando de 5,7 a 6,4.

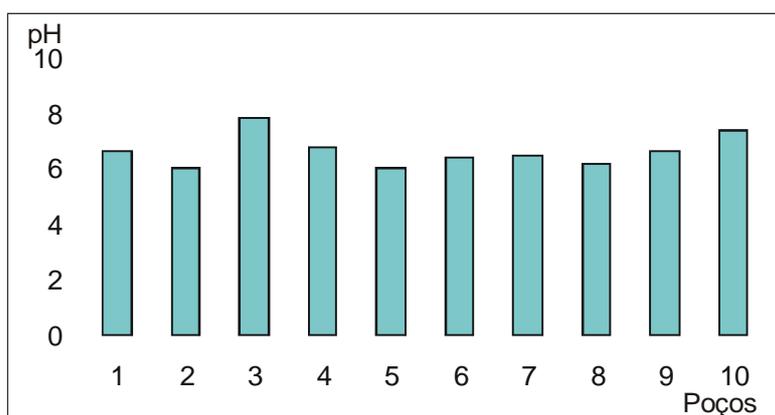


Figura 3 - Distribuição dos valores de pH nas águas subterrâneas, da cidade de Xinguará

Os critérios complementares como a cor e a turbidez, embora não sejam fundamentais à proteção da saúde pública, são parâmetros que visam o controle da qualidade no que diz respeito à melhoria dos aspectos estéticos e organolépticos, entre outros. A maioria dos poços apresentaram valores de cor dentro dos padrões estabelecidos (Portaria 1469/2000, Ministério da Saúde), com exceção do poço 07 que apresentou valor 30 Pt/L, ou seja, 6 vezes superior ao limite máximo exigido para água potável. Neste mesmo poço constatou-se que o valor de turbidez excede em 4,7 vezes o valor padrão para água potável. Estes valores de cor e turbidez no poço 07 podem refletir o elevado teor de ferro total nessas águas que é de 0,5 mg/L, visto que a coloração da água se origina através da presença de sólidos totais, decomposição da matéria orgânica, manganês e, principalmente, do ferro. De um modo geral, nas demais águas analisadas os valores de turbidez se mantiveram em torno do valor de 1 UNT, variando de 0,7 a 1,2 UNT.

Quanto a origem do ferro, nas águas analisadas, pode estar associada à dissolução de compostos constituintes do solo. Pode, também, ser originado de corrosões, de ação microbiana, dentre outras. Neste trabalho, a origem do ferro não pode ser suficientemente justificada devido ao reduzido número de amostras analisadas.

Com relação ao nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), foram observadas concentrações elevadas em 20% das águas analisadas (poços 03 e 10), assim como valores elevados de pH. O aumento simultâneo do teor de nitrogênio amoniacal e pH pode estar associado com a maior proximidade do lençol freático com as fontes geradoras de nitrogênio amoniacal, como por exemplo, as fossas. De acordo com Melo (*apud* Araújo, 2001) [...] “a proximidade desses sistemas, o ambiente é predominantemente redutor e com tendência a elevação do pH”. A ocorrência natural do nitrogênio amoniacal nas águas subterrâneas é, em geral baixa.

O tipo litológico predominante na cidade de Xinguara (rochas graníticas). Não influí nos teores de nitrogênio amoniacal. Portanto, trata-se de um elemento, cuja presença nas águas subterrâneas indica a influência de fatores externos, tais como esgotos domésticos, fossas, lixos, fertilizantes agrícolas ou dejetos industriais (Custódio e Llamas, 1976 [6]). Outra hipótese, e que a contaminação da água pode estar relacionada a falhas na construção e proteção sanitária do poço.

Conforme os resultados obtidos (Tabela 1), observa-se que somente no poço 01, ocorreu o registro significativo do teor de nitrato. O valor obtido foi de 13 mg/L de NO_3^- . Nos demais poços os valores se encontram abaixo do limite de potabilidade estabelecido pela Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde, que é de 10 mg/L-N. No caso do poço 07, o lençol freático pode estar próximo do sistema de saneamento *in situ* e/ou de tubulações de esgotos com vazamentos, elevando o teor de nitrato, assim como também de outros compostos nitrogenados e microrganismos. As causas desse teor elevado de nitrato no poço 07 não puderam ser suficientemente justificados um vez que, para tanto, seria necessário um maior número de análise.

Elevadas concentrações de nitrato podem sugerir a possível presença de outros contaminantes, tais como microrganismos ou pesticidas, que poderiam causar problemas de saúde no ser humano. Segundo Frase *et al.* (ARAÚJO, 2001, p. 68), a ingestão de águas com elevada concentração de nitrato causa as seguintes enfermidades: *metahemoglobinemia* (cianose azul) e *carcinogênese* (câncer gástrico).

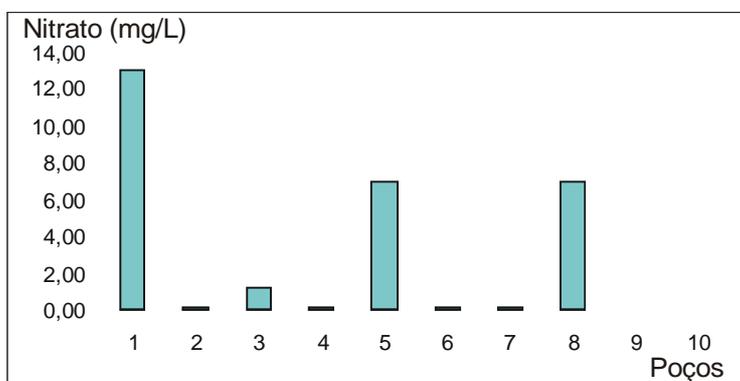


Figura 4 - Distribuição da concentração de nitrato nas águas subterrâneas, da cidade de Xinguara

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas, da cidade de Xinguara/PA

Poço amostrado	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Cor (mg de Pt/L)	< 5,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	*30	<5	< 5,0	< 5,0
Turbidez (UNT)	0,7	1,2	0,9	0,8	0,8	1,0	4,7	1,2	1,0	1,2
pH	6,6	6,0	7,8	6,8	6,0	6,4	6,5	6,2	6,6	7,4
Nitrogênio Amoniacal mg/1N	< 0,05	<0,05	0,05	<0,05	< 0,05	<0,05	<0,05	< 0,05	<0,05	0,05
Nitratos mg/1 N	*13,0	0,14	1,2	0,10	7,0	0,14	0,1	7,0	0,02	0,02
Ferro Total mg/l Fe	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	*0,5	< 0,2	< 0,2	< 0,2

* Fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde

Fonte: Laboratório de Análise Físico-química da COSANPA

SISTEMAS DE SANEAMENTO

Neste trabalho foram identificados dois tipos de sistemas para a disposição dos esgotos públicos ou individuais, na localidade de Xinguara, sudeste do estado do Pará. O primeiro caracteriza-se pelo esgotamento de águas residuais por tubulação da rede pública até disposição sanitária segura; o segundo é representado por sistemas de tratamento *in situ* cuja construção fica a critério de cada proprietário. Estima-se que na cidade de Xinguara, 90% das residências e casas comerciais possuem instalações sanitárias individuais. A grande vantagem deste sistema é que apresenta um custo muito mais baixo do que o sistema de tratamento convencional. Na Amazônia, é comum o uso deste tipo de sistema, como é o caso da periferia das grandes cidades e localidades de menor porte como as sedes municipais.

Na área de estudo foram identificados algumas instalações sanitárias que dispõem os efluentes domésticos no local de sua produção, sendo classificadas basicamente em dois tipos: os sistemas do tipo úmido e os sistemas do tipo seco.

Em certos locais, os efluentes domésticos são despejados diretamente na rede pluvial sem nenhum tratamento prévio. A maior parte desses casos tem ocorrência nas áreas aluvionares. Durante o período mais chuvoso, quando então ocorre a elevação do nível estático, é comum as fossas secas localizadas nestas áreas baixas sofrerem alagamentos. Neste caso, as fossas não são mais secas e sim negras, pois entram em contato com o lençol freático.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Trata-se de uma área sustentada por rochas cristalinas, onde o meio aquífero apresenta-se com poucas possibilidades hídricas. Contudo, a zona alterada (manto de intemperismo) revela uma boa produtividade, conforme verificou-se nos dados coletados no inventário dos poços.

A comunidade local explora o sistema aquífero aluvionar e o manto de intemperismo. O primeiro está confinado aos vales das drenagens e o último às regiões de topografia acentuada. Nos bairros Tanaka, Marajoara e Selecta, a situação atual é de grande incidência de poços secos na época de estiagem. Essa situação, no futuro, pode tornar-se mais acentuada, no caso de um aumento populacional que exigirá uma demanda muito maior de água. Na impossibilidade de perfuração de poços tubulares nessas áreas, é aconselhável a abertura de poços do tipo amazonas de grande diâmetro, a fim de dirimir a situação.

A zona aluvionar, apesar de muito restrita, faz-se presente no bairros Itamaraty, onde o córrego Marajoara (Caracol) que contorna a parte norte do referido bairro, pode ser considerado como uma área de grande possibilidade hidrogeológica. Ao longo dessa drenagem é viável a projeção de um sistema de bateria de poços, a qual proporcionaria o abastecimento parcial da sede do município.

Como a cidade de Xinguara encontra-se assentada em rochas cristalinas, apenas com uma cobertura de solo residual, torna-se imprescindível uma pesquisa geofísica. O método SEV ou eletrorresistividade (arranjo dipolo-dipolo), são os que melhor se enquadram para a área de cadastramento dos poços escavados nos bairros Itamaraty, Selecta, Marajoara e Alto Araguaia.

Afim de avaliar as condições hidrodinâmicas dos poços tubulares, recomenda-se que sejam submetidos a testes de vazão de curta duração.

Ao longo da PA-279 algumas Indústrias (Laticínios Michelles, Casa de Farinha, etc.), estão depositando os seus dejetos na drenagem que dá acesso ao banho da Matinha, poluindo e prejudicando o ecossistema urbano. Assim sendo, tornam-se necessárias medidas cabíveis por parte da administração municipal, no sentido de coibir tal procedimento.

Em face do crescimento populacional de Xinguara e a demanda dos poços escavados não atender às necessidades dos usuários, há a necessidade de buscar-se outras alternativas, que venham dirimir essa problemática. Sendo assim, para atender a demanda local deve-se explorar os aquíferos sotopostos, utilizando a perfuração de poços tubulares rasos, levando em conta a litologia, o relevo e o grau de aproveitamento do solo. Caso hajam zonas fraturadas no embasamento, poder-se-á dar continuidade na perfuração até a rocha sã, que conforme o nível de conhecimento atual, não deve ultrapassar 60m, onde existe a expectativa de vazões da ordem de 2 a 7m³/h, principalmente nas zonas de maiores favorabilidades. Embora esse meio aquífero seja considerada de baixa vocação

hídrica, com poços de produtividade nula, espera-se que, em casos excepcionais, as vazões atinjam valores superiores a 10 m³/h.

Os proprietários de poços tubulares rasos devem ser conscientizados no sentido de fazerem proteção sanitária adequada, a fim de evitar contaminação do sistema aquífero livre.

De um modo geral, as condições de saneamento básico e as águas subterrâneas analisadas apresentam indicadores de más condições sanitárias, visto que grande parte da cidade de Xinguara é desprovida de rede de esgoto, predominando o saneamento *in situ* onde cada morador é responsável pela construção de seu sistema (fossas), e que em 10% das amostras analisadas foi detectada a presença de nitrato em teores que atingem 13 mg/L-N, superior aos padrões de potabilidade para essa substância. O aumento simultâneo do teor de nitrogênio amoniacal e pH pode estar associado com a maior proximidade do lençol freático com as fonte geradoras de nitrogênio amoniacal, como por exemplo, as fossas.

As informações aqui expostas têm caráter preliminar, apresentando uma idéia muito discreta sobre o estado do sistema de saneamento e da exploração e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos na localidade de Xinguara, servindo como ponto de partida para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PENA, Filho, J. I. C. e dos Santos, A. - Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil. Folha SB.22-Z-C. Programa Grande Carajás Belém: DNPM/CPRM, 1994.
- [2] ARAÚJO, P. P. *et. al.* - Prospecção Hidrogeológica na cidade de Redenção - Projeto de Informações Hidrogeológicas do Estado do Pará: CPRM/COSANPA, Belém, 1993
- [3] COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (1987). **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. CEBESB, São Paulo, 90 p.
- [4] ARAÚJO, P. P. (2001). **Variações sazonais dos componentes nitrogenados, em aquífero livre na zona urbana de Santa Isabel do Pará, nordeste do Pará. Belém**. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 113 p. (Dissertação de Mestrado).
- [5] SIOLI, Harald (1960). Pesquisas limnológicas na região da estrada de ferro de Bragança, Estado do Pará, Brasil. – Belém: Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Norte, n. 37.
- [6] CUSTÓDIO, E. e LLAMAS, M. - Hidrologia Subterrânea. Ed. Ômega. Barcelona, 1987.