

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA CIDADE DE SANTARÉM E DAS VILAS DE MOJUÍ DOS CAMPOS E ALTER-DO-CHÃO COM PROPOSTA TÉCNICA PARA A PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

**Josafá Ribeiro de Oliveira¹; José Maria do Nascimento Pastana¹;
Paulo Sérgio Carvalho Navegante² & Charles George P. S. Schalken³**

Resumo - A área estudada está localizada no município de Santarém, englobando a sede municipal e as vilas de Mojuí dos Campos e Alter-do-Chão, no oeste do Estado do Pará, a 650 Km de Belém, entre as coordenadas geográficas de 02°20'/02°40'S e 54°40'/55°00' WGr. Dentre as diversas fontes de água subterrânea destaca-se a Formação Alter-do-Chão, de idade Cretáceo Superior/ Terciário, que constitui o principal sistema aquífero da Bacia Paleozóica do Amazonas.

A Formação Alter-do-Chão teve suas características hidrogeológicas estabelecidas, em linhas gerais, a partir da análise dos perfis de poços tubulares profundos executados pela CONTEP, HIDROENGE, COSANPA e CPRM, na bacia do igarapé Irurá, na cidade de Santarém, além dos poços estratigráficos perfurados pela PETROBRÁS, na vila de Alter-do-Chão e na cidade de Belterra.

Segunda cidade mais importante do Estado do Pará, Santarém ainda não dispõe de um abastecimento de água capaz de atender à demanda da população, principalmente nos bairros periféricos. Dos dez poços tubulares profundos existentes, somente sete estão em funcionamento; os demais encontram-se desativados, aguardando a aquisição de bombas submersas, para entrar em operação. A principal forma de captação de água subterrânea é

¹ CPRM-SUREG Belém, Av. Dr. Freitas, 3645– Marco– CEP:66.095-110– Belém-PA- Brasil Telefone: (91) 276-8577- Fax: (91) 246-4020 – E-mail: pamar@cprm-be.gov.br

² Engenheiro da Companhia de Saneamento do Estado do Pará – COSANPA – Av. Magalhães Barata, 1201 – São Braz – CEP.: 66.060-230 Belém-PA Brasil Telefone: (91) 245-0178 – E-mail: cosadt@prodepa.gov.br

³ Geólogo da Hidroenge Hidrogeologia e Engenharia de Poços Ltda – Av. Conselheiro Furtado, 246 – Nazaré – CEP.: 66.025-160 – Belém-PA – Telefone: (91) 982-4776

realizada através de 100 poços ponteiras, de pequena profundidade (16 a 22m), ligados a sistemas de bombeamento, constituído, cada sistema, por 10 poços.

As vilas de Mojuí dos Campos e Alter-do-Chão, apesar de representarem núcleos populacionais em processo de expansão, economicamente importantes para o desenvolvimento sustentável da região, não dispõem, ainda, de um eficiente sistema de abastecimento público de água.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar aos gestores estaduais e municipais um diagnóstico do problema de abastecimento de água, em uma região que extrai do subsolo praticamente toda a água que consome; propõe, também, diretrizes de procedimentos para projetos de poços tubulares, além de abordar os custos desses serviços, os quais servirão de balizadores para os setores público e privado.

Palavras – chave - Formação Alter-do Chão, Poço Tubular e Aquífero.

INTRODUÇÃO

A área estudada está localizada no município de Santarém, englobando a sede municipal e as vilas de Mojuí dos Campos e Alter-do-Chão, no oeste do Estado do Pará, a 650 Km de Belém, entre as coordenadas geográficas de 02°20'/02°40'S e 54°40'/55°00' WGr. Dentre as diversas fontes de água subterrânea destaca-se a Formação Alter-do-Chão, de idade Cretáceo Superior/ Terciário, que constitui o principal sistema aquífero da Bacia Paleozóica do Amazonas.

Embora pouco conhecida regionalmente, a Formação Alter-do-Chão teve suas características hidrogeológicas estabelecidas, em linhas gerais, a partir da análise dos perfis de poços tubulares profundos executados pela CONTEP, HIDROENGE, COSANPA e CPRM, na bacia do igarapé Irurá, na cidade de Santarém, além dos poços estratigráficos perfurados pela PETROBRÁS, na vila de Alter-do-Chão e na cidade de Belterra.

A área urbana de Santarém é a mais estudada, hidrogeologicamente, enquanto que as vilas de Mojuí dos Campos e Alter-do-Chão ainda não foram contempladas com poços tubulares profundos, sendo abastecidas por poços ponteira e tubulares rasos, com profundidades em torno de 18 e 60 metros, respectivamente.

Apesar de ser a segunda cidade mais importante do Estado do Pará, Santarém não dispõe de um abastecimento de água capaz de atender à demanda da população,

principalmente nos bairros periféricos, pois, dos dez poços tubulares profundos existentes (de propriedade da Companhia de Saneamento do Estado do Pará - COSANPA), somente sete estão em operação; os demais encontram-se desativados, aguardando a aquisição de bombas submersas, para entrar em operação. Em adição, é ressaltado que a principal forma de captação de água subterrânea é realizada através de cerca de 100 poços ponteiras, pequena profundidade (16 a 22m), ligados a sistemas de bombeamento, constituído, cada sistema, por cerca de 10 poços, funcionando 24h/dia. Esses poços ponteiras estão distribuídos ao longo dos "flats" do rio Tapajós e dos igarapés Irurá e Urumari, respondendo por cerca de 40% do abastecimento público de Santarém.

A vila de Mojuí dos Campos representa um dos mais importantes núcleos populacionais do município de Santarém (a partir de 01/01/2001 será sede do município de Mojuí dos Campos, recém-criado, sendo uma região de grande produção agrícola, responsável pelo abastecimento da cidade de Santarém. A vila de Alter-do-Chão está situada no distrito homônimo, uma região que constitui o mais importante pólo turístico do oeste paraense, conhecido nacional e internacionalmente pela beleza de seus recursos naturais. Apesar de representarem núcleos populacionais em processo de expansão, economicamente importantes para o desenvolvimento sustentável da região, Mojuí dos Campos e Alter-do-Chão não dispõem, ainda, de um eficiente sistema de abastecimento público de água.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar aos gestores estaduais e municipais um diagnóstico do problema de abastecimento de água, em uma região que extrai do subsolo praticamente toda a água que consome; propõe, também, diretrizes de procedimentos para projetos de poços tubulares, além de abordar os custos desses serviços, os quais servirão de balizadores para os setores público e privado.

GEOMORFOLOGIA

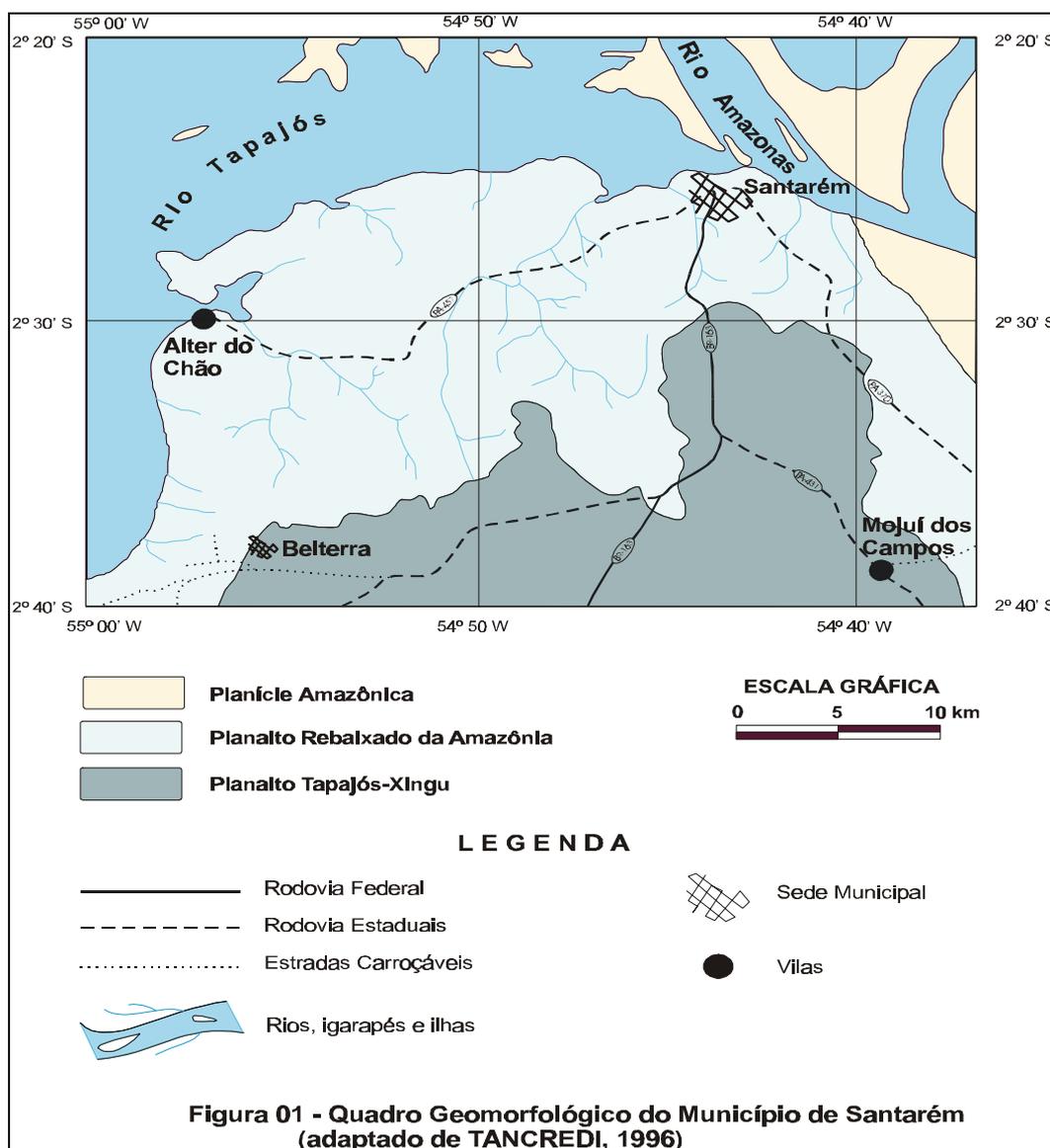
As feições geomorfológicas têm forte influência nas condições hidrogeológicas da Formação Alter-do-Chão, na qual estão contidos os principais aquíferos da região.

De acordo com o Projeto RADAMBRASIL (NASCIMENTO, 1976), as principais unidades morfoestruturais identificadas no município de Santarém estão representadas pela Planície Amazônica, o Planalto Rebaixado da Amazônia e o Planalto Tapajós-Xingu (Figura 01).

A Planície Amazônica ocupa a porção norte do município e constitui as áreas de várzea, temporariamente submetidas às inundações do rio Amazonas. Representa uma

planície fluvial, levemente alçada em relação à lâmina d'água, possuindo as menores altitudes regionais, geralmente próximas a 20 metros. Compreende depósitos aluviais atuais e subatuais, com predomínio de argilas e areias.

O Planalto Rebaixado da Amazônia constitui uma superfície intermediária entre a planície supramencionada e o Planalto Tapajós-Xingu. Está bem caracterizado na porção



centro-norte do município, ao sul da sede municipal e ao norte da serra de Piquiatuba, situado entre as cotas de 50 e 100 metros. Representa uma superfície pediplanada, desenvolvida sobre as rochas da Formação Alter-do-Chão. Nesse domínio morfológico, o PRIMAZ/Santarém caracterizou a presença de aquíferos livres, semi-confinados e

confinados, com suas respectivas profundidades (OLIVEIRA, 1996). A cidade de Santarém está situada nesse domínio.

O Planalto Tapajós-Xingu é a feição morfológica dominante na porção centro-sul do município, situada nas maiores altitudes regionais, entre 100 e 150 metros, em média. É caracterizado por elevações de topo plano, com encostas escarpadas e ravinadas, em forma de platôs, onde se desenvolve uma drenagem espaçada e profunda. Os platôs constituem zonas de recarga para os aquíferos subterrâneos, apresentando níveis estáticos profundos, iguais ou superiores a 60 metros. A área de Mojuí dos Campos situa-se nesse contexto, dominada por uma zona de platôs com altitudes máximas de 130 metros, tendo o rio Mojuí como principal curso d'água. O leito atual está numa altitude média de 90 metros e, ao longo do mesmo, desenvolve-se um amplo terraço, periodicamente inundado, ligado à zona de platô, praticamente sem ruptura de declive.

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

9.1 - GEOLOGIA REGIONAL

O município de Santarém está situado na Bacia Sedimentar do Amazonas, nos domínios da Formação Alter-do-Chão, que ocupa cerca de 70 % do espaço municipal. Essa Formação é constituída por clásticos continentais, de idade Cretáceo Superior/Terciário, representados por arenitos caulínicos, finos a grossos, às vezes com níveis conglomeráticos; localmente, ocorrem níveis ferruginosos, silicificados. Intercaladas na seqüência arenosa, ocorrem camadas argilosas, cuja coloração varia de avermelhada a mosqueada, esbranquiçada, creme e lilás, geralmente pouco consolidadas, às vezes contendo lentes de arenito friável.

Os arenitos apresentam, por vezes, marcantes estruturas sedimentares, representadas por estratificação cruzadas acanaladas e cruzadas tabulares, de pequeno e médio portes.

A Formação Alter-do-Chão está bem caracterizada nas porções leste, sul e oeste do município, constituindo uma morfologia típica, com elevações de topo plano, bordas escarpadas e fortemente ravinadas, na forma de platôs.

No topo desses platôs, é freqüente a presença de crosta ferruginosa, laterítica; às vezes, acha-se desmantelada, constituindo um nível concrecionário. Essa crosta, geralmente, é responsável pela preservação dos platôs que caracterizam a Formação Alter-do-Chão.

A Tabela 01 apresenta o sumário da litoestratigrafia da Bacia Sedimentar do Amazonas, adaptada de CUNHA et al (1994).

A Figura 02 mostra o perfil do poço estratigráfico 1-AC-1-PA, executado pela PETROBRÁS, no município de Santarém; nesse poço, foi estabelecida a espessura de 521 metros para a Formação Alter-do-Chão, no município.

Recobrimo essa unidade, ocorre, localmente, um pacote argilo-arenoso, cuja coloração varia de avermelhada a amarelada ou mosqueada, contendo, às vezes, lentes de arenitos finos, caulinos, amarelados, friáveis, com estratificações cruzadas e plano-paralelas (SILVA NETO, 1996). Essa cobertura evolui, localmente, para espessos pacotes de Latossolo amarelado.

Completando o quadro geológico regional, ocorrem depósitos aluviais recentes e subrecentes, constituídos por argilas, siltes, areias e cascalhos, distribuídos ao longo das planícies de inundação dos principais cursos d'água, com destaque para os sedimentos argilosos que caracterizam a várzea do rio Amazonas.

9.2 - GEOLOGIA LOCAL

Na cidade de Santarém, com base nas observações de campo e nas perfurações de poços profundos, foi constatado que a litologia é caracterizada, de modo geral, por arenitos, siltitos, argilitos e, subordinadamente, por conglomerados, em alternância de cores claras e avermelhadas.

Na área de Mojuí dos Campos, a geologia de superfície revela uma região de platôs, relacionados à Formação Alter-do-Chão, com um capeamento argiloso de 30 metros de espessura, onde são freqüentes os níveis de arenito ferruginoso, quartzoso, com alto grau de diagênese, com espessura de até 10 metros. Encimando essa cobertura, ocorrem os depósitos aluvionares/coluvionares do Quaternário, constituídos de areias, siltes e argilas, com cascalhos subordinados. Esses depósitos quaternários estão bem caracterizados na

ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO		ALUVIÕES	Argilas, Siltes, Areias e Cascalhos
	TERCIÁRIO	JAVARI	SOLIMÕES	Argilitos Vermelhos e Cinzentos
MESOZÓICA	CRETÁCEO		ALTER DO CHÃO	Arenitos, Siltitos, Argilitos, Conglomerados
	JURÁSSICO		DIABÁSIO PENATECAUA	Diabásios finos a grosseiros
	TRIÁSSICO			
PALEOZÓICA A	PERMIANO	TAPAJÓS	ANDIRÁ	Siltitos Vermelhos e Verdes Arenitos, Folhelhos
	CARBONÍFERO		NOVA OLINDA	Evaporitos: Halitas, Anidritas
			ITAITUBA	Calcários, Margas
			MONTE ALEGRE	Arenitos, Siltitos e Folhelhos
		CURUÁ	FARO	Arenitos finos e grosseiros
	ORIXIMINÁ		Arenitos, Pelitos	
	CURIRI		Diamictitos, folhelhos e siltitos	
	BARREIRINHA		Folhelhos pretos	
	DEVONIANO	URUPADI	ERERÊ	Siltitos, Folhelhos, Arenitos
			MAECURU	Arenitos, Pelitos
	SILURIANO	TROMBETAS	MANACAPURU	Arenitos, Pelitos
			PITINGA	Folhelhos, Diamictitos
	NHAMUNDÁ		Arenitos	
	ORDOVICIANO		AUTÁS-MIRIM	Arenitos e Folhelhos
CAMBRIANO				
PRÉ-CAMBRIANO (Indiferenciado)	PURUS	ACARI	Calcários e Dolomitos.	
		PROSPERANÇA	Arenitos, Siltitos, Argilitos, Arcósios	
				Granitos, Gnaisses, Riólitos, Andesito, Granodioritos, Dacitos, Quartzitos, Xistos.

TAB. 1 – Sumário da estratigrafia da bacia sedimentar do Amazonas (adaptado de Cunha et al, 1994).

Poço Estratigráfico da PETROBRAS - 1-AC-1PA

ALTER - DO - CHÃO

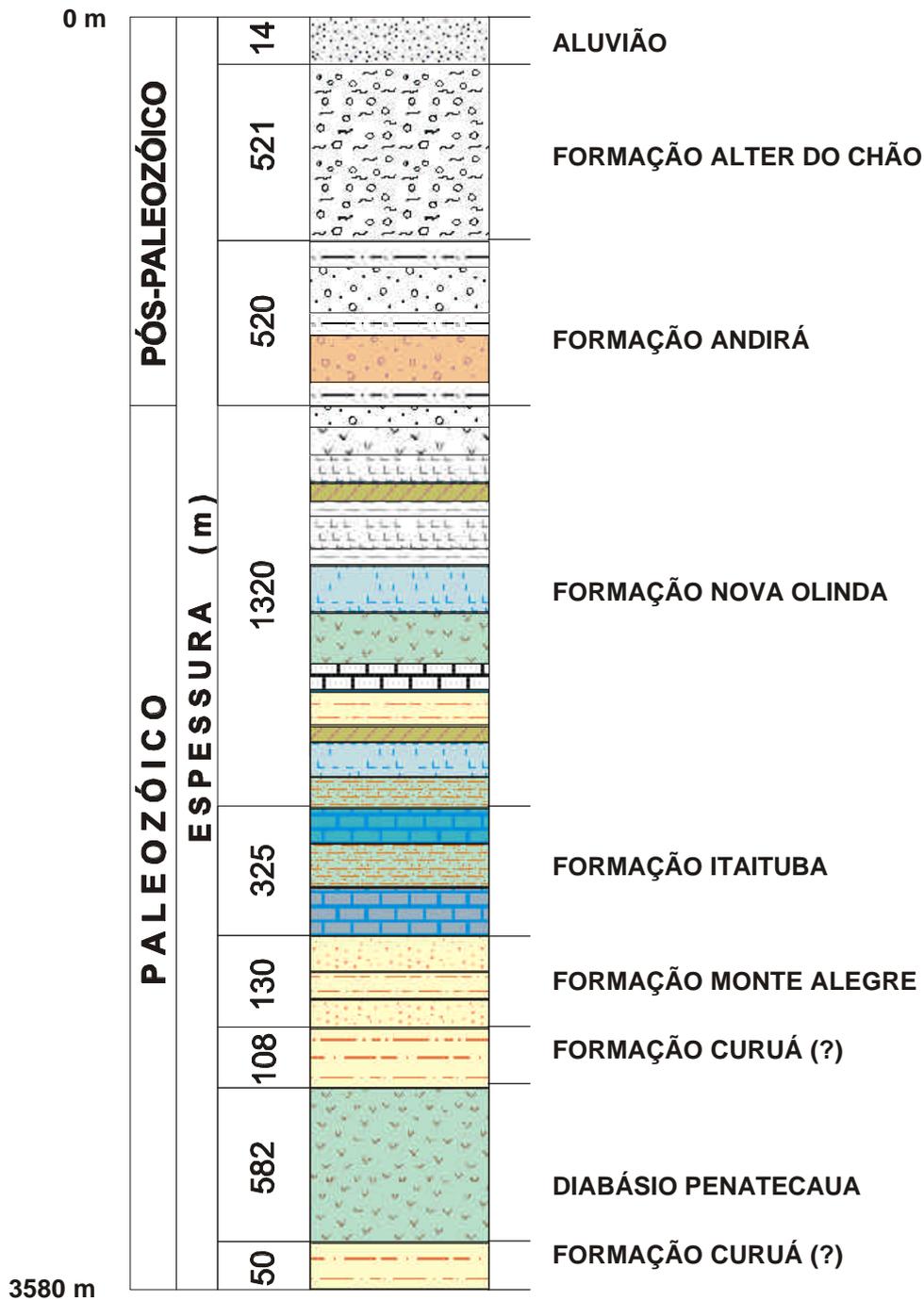


Fig. 02

porção central da área urbana, distribuídos segundo uma faixa de direção este-oeste, ao longo da planície de inundação do igarapé Mojuí. A maior espessura atingida foi de 12 metros, onde estão localizadas as baterias de poços de Vila Nova e Haroldo Veloso.

Dados de superfície e subsuperfície mostram que os estratos geológicos que constituem a Formação Alter-do-Chão apresentam rochas clásticas arenosas, siltsosas e argilosas. Argilitos e argilas de coloração variada, em geral amarela ou vermelha, e também lilás, creme, branca (caulínicas) e cinza (com matéria orgânica), às vezes compactas, constituem os aquícludes; siltitos e siltes, porções argilo-arenosas e areno-argilosas, de coloração semelhante às argilas, formam os aquítardes.

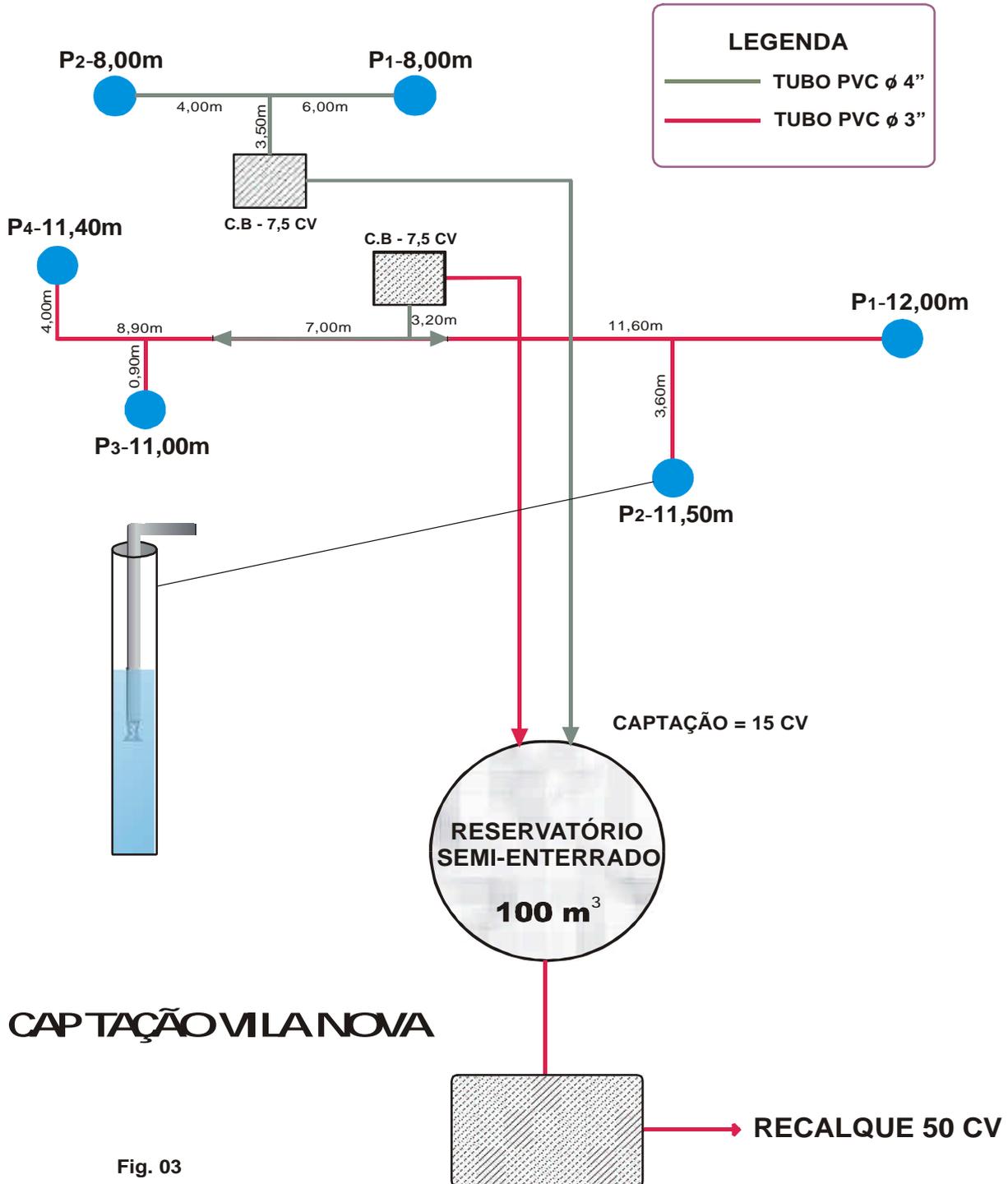
Os aquíferos são constituídos por arenitos e areias de granulometria fina à grossa, além de cascalhos. A fração arenosa apresenta-se, muitas vezes, bem selecionada, com grãos bem arredondados, subarredondados a angulosos; a coloração é creme, amarela, marrom, transparente, rosa ou lilás. Os seixos são de coloração creme, branco leitoso e transparente, com diâmetro de até 2 cm, imersos em matriz arenosa. Essas rochas clásticas, que constituem os aquíferos, apresentam-se inconsolidadas ou pouco consolidadas e são de composição predominantemente quartzosa (OLIVEIRA & PASTANA, 1999).

Na vila de Alter-do-Chão e seu entorno, afora as aluviões recentes e subrecentes, ocorre um amplo predomínio dos clásticos da Formação homônima, de idade Cretáceo Superior/ Terciário.

As aluviões quaternárias estão distribuídas ao longo das drenagens principais (rio Tapajós e Lago Verde), margeando a Vila, formando faixas contínuas, durante o verão (praias), parcial ou totalmente submersas no período de inverno. São constituídas, predominantemente, por areias e cascalhos, com argilas subordinadas.

O termo Formação Alter-do-Chão foi empregado pela primeira vez por KISTLER (in CAPUTO et al, 1971), para denominar um conjunto de rochas sedimentares de coloração avermelhada, inconsolidadas, identificadas durante a perfuração do poço 1-AC-1-PA (PETROBRÁS), recobrimo a seqüência paleozóica da Bacia Sedimentar do Amazonas. Este poço, cuja profundidade atingiu 3.580 metros, foi perfurado na margem direita do rio Tapajós, próximo à vila de Alter-do-Chão, apresentando uma espessura de 521 metros para a referida Formação (Figura 3).

Na área em estudo, a Formação Alter-do-Chão está representada por sua porção superior, constituída por uma seqüência predominantemente arenosa, contendo intercalações



argilosas. Os arenitos são finos a grossos, localmente conglomeráticos, esbranquiçados a avermelhados, friáveis, caulínicos, apresentando intercalações de argilas avermelhadas a mosqueadas. Às vezes, os arenitos mostram conspícuas estruturas sedimentares, como as estratificações cruzadas acanaladas e cruzadas tabulares, de pequeno porte, que podem ser observadas no morro do Mingote, situado próximo à entrada da Vila (OLIVEIRA & PASTANA, 1999).

As melhores exposições dessa Formação podem ser observadas nas principais elevações existentes na área estudada, representadas pelos morros de Alter-do-Chão (ou serra Piroca), Mingote, Esfria e Carauari, bem como nos barrancos do rio Tapajós .

No topo da Formação, é comum a presença de crosta ferruginosa, laterítica, responsável pela preservação das elevações. Às vezes, a crosta ferruginosa acha-se desmantelada, formando um nível concrecionário. Os recentes estudos realizados pelo PRIMAZ/Santarém (OLIVEIRA, 1996) permitiram a caracterização dos sistemas aquíferos da Formação Alter-do-Chão, considerando-a como de alta favorabilidade para a captação de água subterrânea, capaz de atender às grandes demandas que são exigidas para o abastecimento público.

DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CAPTAÇÕES

A cidade de Santarém, com aproximadamente 136 km² de área urbana e uma população em torno de 180.000 habitantes, é abastecida exclusivamente através dos mananciais de subsuperfície.

O primeiro sistema de abastecimento d'água foi construído em 1945. A Fundação Serviços de Saúde Pública - FSESP, em 1970, projetou e construiu outro sistema, administrando-o através do Serviço Autônomo da Água e Esgoto (SAEE). Ainda no final da década de 70, este sistema ficou sob a responsabilidade da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). Na atualidade, o abastecimento apresenta-se deficiente, pois, devido ao crescimento populacional, notadamente nos últimos anos, o sistema opera com a capacidade limite, o que impede o atendimento pleno da demanda.

O crescimento da exploração de água subterrânea na cidade é uma realidade. Essa problemática tende a se agravar, devido a degradação dos aquíferos mais superficiais, pelas cargas significativas que são despejadas através dos esgotos domésticos, comprometendo o abastecimento urbano.

Em vista da baixa oferta de água à população, foi necessário a criação de um Sistema Simplificado de Abastecimento de Água, realizado pelo Governo do Estado, sob a Coordenação da SESP, com apoio da COSANPA, COHAB, FNS e CELPA.

Diante da insuficiência de oferta e da inexistência de uma distribuição satisfatória, entra em cena o jogo de forças das comunidades; visando buscar soluções para melhorar a situação, foram criados os microssistemas, principalmente nos bairros mais distantes. Esses sistemas foram desenvolvidos a partir de 1991, atendendo a uma população de quase 20.000 pessoas. Esse modelo é criação de uma perspectiva concreta para o atendimento pleno da população, atendendo ao lema - “quem tem e sente um problema é agente natural da sua solução” - solução esta que deve decorrer de um pacto de interessados. Se a população, que sente o problema, não se organizar e lutar pela mudança necessária, não há solução possível.

O projeto consistiu na perfuração de 16 poços tubulares de 6”, com profundidades entre 18 e 80 metros, abrigo para poço, casa de bomba, linha de sucção e recalque, reservatório elevado de 20 m³ em fibra de vidro, linha de distribuição, etc. Com a implantação do sistema e com boa parte dos poços já em operação, os mesmos ficaram a cargo dos líderes das comunidades, que têm a responsabilidade da distribuição d’água, cobrança da tarifa e manutenção dos sistemas.

Outro aspecto que pode ser considerado é o sangramento da rede pública, clandestinamente, com instalação de bombas que recalcam diretamente para as moradias. Segundo o senhor Oldemir de Souza Melo, mais de 1500 bombas são ligadas nessa manobra. Essa situação poderia ser solucionada, em parte, caso existisse um sistema de distribuição adequado, onde a insuficiência no suprimento hídrico em relação à demanda fosse minorada.

Em alguns microssistemas, o fornecimento chega a funcionar até 14 horas/dia (Uruará II), com uma produção de 280 m³/dia, ao passo que outros funcionam somente 6 horas/dia (Uruará I).

Como é sabido, um sistema de abastecimento d’água depende de vários componentes, tais como captação/adução/tratamento/reservação/distribuição, sendo também necessário considerar como pré-requisito a quantidade de água a ser consumida, a qualidade desejada, a premência de abastecimento e a possibilidade de modulação no investimento e custos, tanto sociais como econômicos.

Apesar da abundância de água superficial, hoje altamente impactada pelos dejetos e esgotos, uso abusivo dos defensores agrícolas e grandes desmatamentos, Santarém é privilegiada pelo contexto hidrogeológico, que permite condições favoráveis de armazenamento de água subterrânea de boa qualidade.

Diante dessa perspectiva, ganha importância a utilização da captação subterrânea profunda, a exemplo de cidades como Ribeirão Preto, Presidente Prudente e Lins, que só têm essa fonte de abastecimento. A perfuração de poços profundos descarta, na maioria das vezes, custos com tratamento e construção de extensa e caras adutoras.

Com o crescimento da vila de Mojuí dos Campos, há necessidade de captação dos recursos hídricos subterrâneos, a fim de atender à demanda exigida pela população, com água de boa qualidade. Afinal, trata-se de uma área em plena expansão, futura sede municipal, e que conta com um sistema de abastecimento de água deficiente, subsidiado por duas captações de poços ponteiras ao longo da margem direita do igarapé Mojuí, denominadas Vila Nova e Haroldo Veloso, respectivamente.

A primeira captação, composta de 13 poços ponteiras, foi construída pela Fundação SESP, no final da década de 80. Atualmente, somente 6 poços estão em funcionamento, porém em condições precárias, devido à falta de manutenção, principalmente das válvulas de retenção, que ficam posicionadas à profundidade de 6 metros. As perfurações dos poços variam de 8 a 12 metros (Fig. 03).

A segunda bateria é composta de 8 poços ponteiras, encamisados com tubos geomecânicos com diâmetros de 6 polegadas, com profundidade de 8 a 12 metros, conectados a um conjunto de moto bomba (50 CV) que recalca 12 m³/h para uma caixa d'água elevada, com uma capacidade de 100.000 litros. Do exposto, cabe um esclarecimento: uma bateria desse porte, no município, deveria recalcar 60 m³/h; tudo indica que há uma grande deficiência no sistema de válvulas das ponteiras, ou até mesmo do conjunto moto bomba. A água extraída desses poços está contaminada com ferro, enxofre e coliformes fecais, pois a estrutura geológica em que estão localizados é altamente vulnerável. Assim sendo, é recomendável que essa bateria seja desativada, a fim de reduzir o risco de perda de vidas humanas (mortalidade infantil, fig. 04).

A carência em água potável é tão grande que obriga os usuários, pelos menos os mais abastados, a perfurarem poços tubulares ou mesmo Amazonas, nas áreas mais altas, a fim de suprir as suas necessidades (Fig. 05).

CAPTAÇÃO
HAROLDO VELOSO

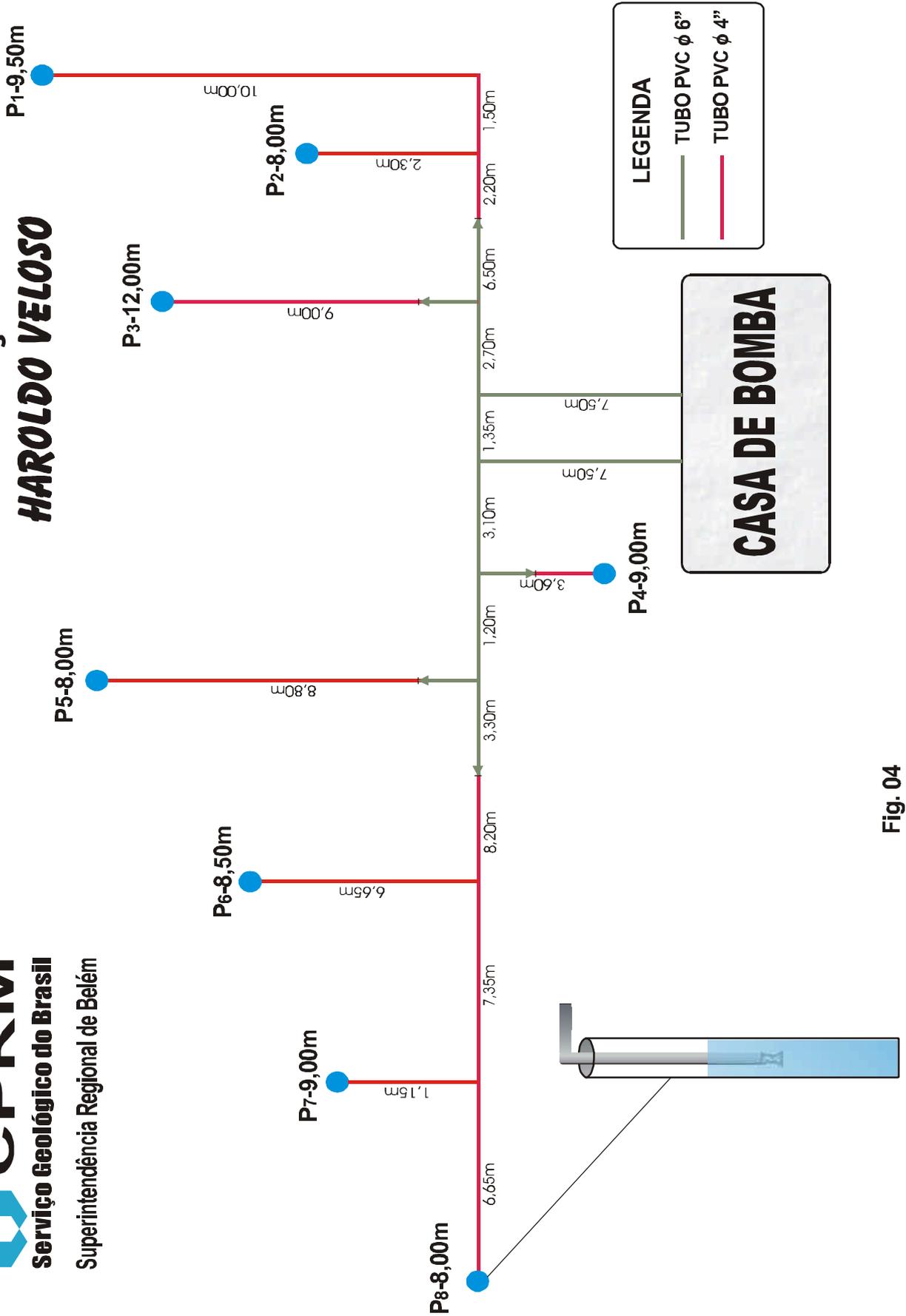


Fig. 04

PROJETO ESQUEMÁTICO DE POÇOS TUBULARES RASOS

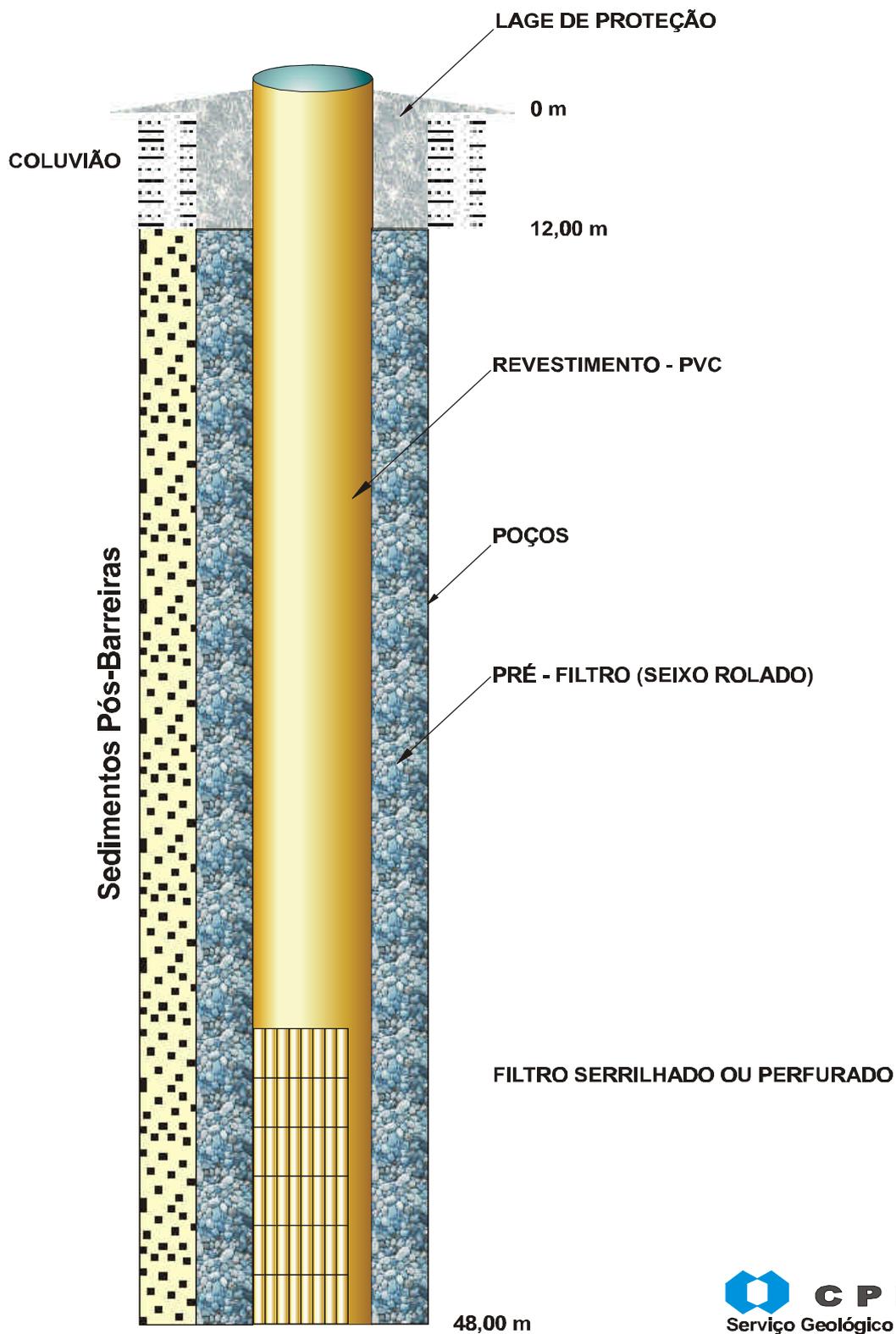


Fig. 05

PERFIL ESQUEMÁTICO DE POÇOS TIPO AMAZONAS

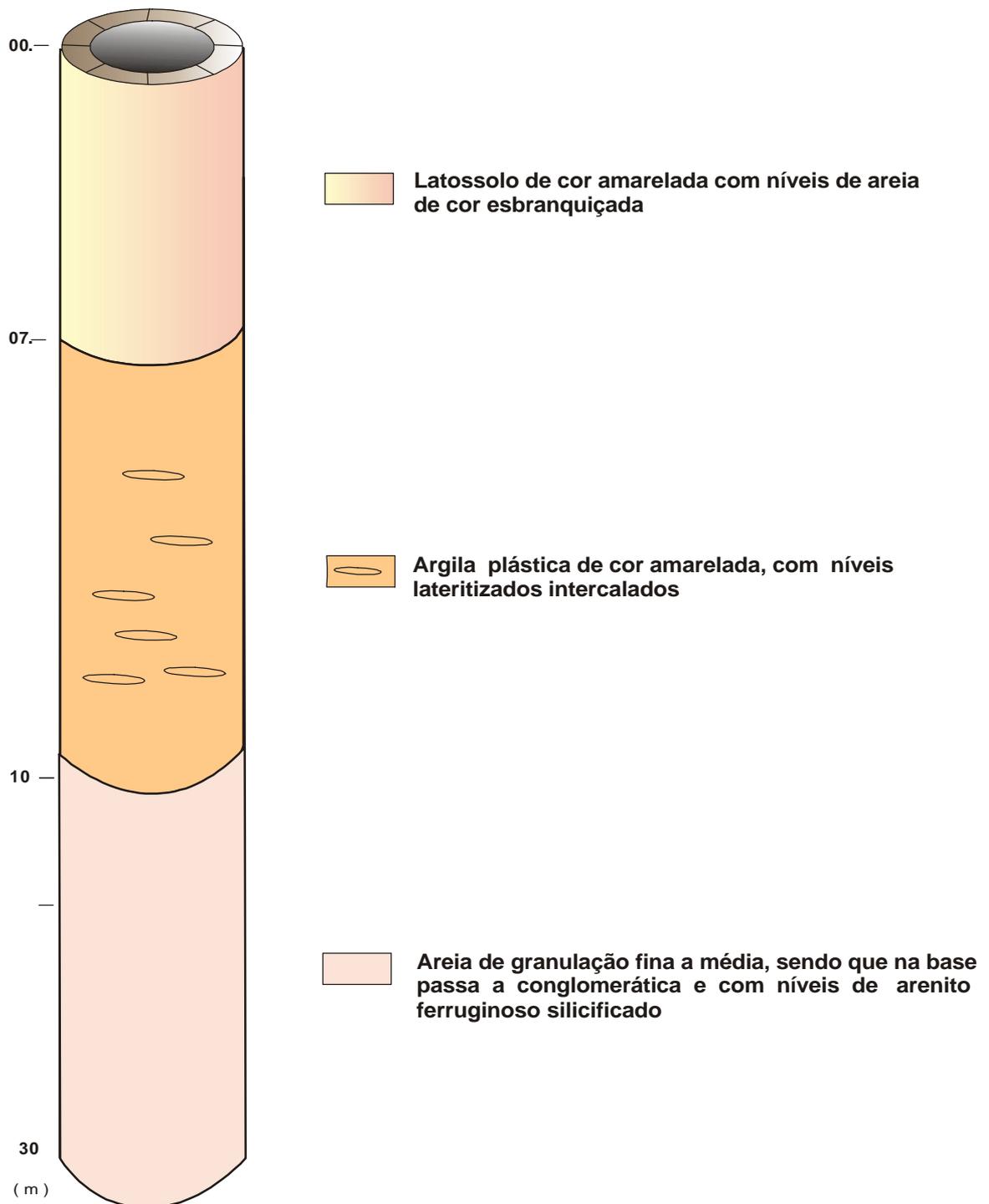


Fig. 06

Mojuí está encravada em terrenos sedimentares da Formação Alter-do-Chão, caracterizada como um aquífero do tipo porosidade, onde as condições de circulação de água são favoráveis; entretanto, há um inconveniente que dificulta sobremaneira a perfuração de poços, representado por um arenito ferruginoso muito duro, fortemente diagenizado, que ocorre em sub-superfície (12, 35 e 61 metros). A falta de perfuratrizes mais potentes, que possam atravessar esse arenito, impossibilita a perfuração de poços tubulares e Amazonas, sendo que em quase todos os poços perfurados, foi utilizado trado ou jato de água.

Os poços de Mojuí dos Campos não possuem cimentação adequada, estando sujeitos à poluição superficial e antropogênica. Com esse enfoque, e de acordo com os pontos d'água levantados, é aconselhável que na construção dos poços tubulares rasos não haja deficiência na cimentação, e que seja realizada uma proteção sanitária mais adequada.

Na vila de Alter-do-Chão, diante da inexistência de abastecimento público, a Prefeitura de Santarém está estudando as soluções mais viáveis para resolver, em definitivo, os problemas gerados pela falta de água. Como se trata de um pólo turístico de mais alta significância para o município e levando em conta que o crescimento urbano vem impondo, paulatinamente, uma maior demanda de água, o gestor municipal, através das secretarias de planejamento, desenvolvimento urbano, saneamento e meio ambiente, tem o dever de adotar uma política para os recursos hídricos subterrâneos, capaz de atender à população emergente.

A vila de Alter-do-Chão está encravada em terreno sedimentar, caracterizado por um sistema aquífero multi-camadas, do tipo permo-porosidade, onde as condições de circulação de água são favoráveis a médias e grandes vazões, conforme atestam os poços perfurados em Santarém e arredores.

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

A caracterização hidrogeológica tem por objetivo oferecer uma visão geral da distribuição dos recursos hídricos subterrâneos nas áreas trabalhadas, procurando identificar os múltiplos sistemas aquíferos, além de diagnosticar suas potencialidades, a qualidade química, a vulnerabilidade natural, etc., para que possa ser realizado, de uma maneira planejada, o aproveitamento dos referidos recursos. A sede municipal conta com mais de uma dezena de poços tubulares, com profundidades entre 100 e 250 metros, com vazões que chegam a atingir 500 m³/h (poços de Irurá e Carananzal). Vários trabalhos sobre o tema

já foram realizados, destacando-se como significativos: **Potencialidade Hidrogeológica da Área Urbana de Santarém Com Proposta Técnica Para Perfuração de Poços Tubulares Profundos**, realizado pelo PRIMAZ/Santarém (OLIVEIRA, 1996); tese de doutorado do hidrogeólogo Antonio Carlos Tancredi (IMPA/SUDAM-1996). Outros trabalhos, menos consubstanciados, foram também realizados, relativos a perfurações entre 15 e 100 metros, contemplando o condicionamento hidrogeológico dos aquíferos livres, semi-livres ou mesmo confinados, da Formação Alter-do-Chão.

Dentro desse contexto, considerando, principalmente, os poços perfurados mais recentemente (final da década de 90) pela CONTEP e HIDROENGE, e a partir das propostas do PRIMAZ/Santarém, pode ser ressaltado o grande potencial dos sistemas hidrogeológicos de Santarém, fornecendo aos gestores estadual e municipal o apoio técnico necessário às políticas públicas para a administração dos recursos hídricos subterrâneos região. Existem, atualmente, 7 poços profundos (250 m) que exploram o sistema multicamadas da Formação Alter-do-Chão, contendo aquíferos confinados do tipo intergranulares, definidos por um conjunto de características geométricas lenticulares, com formas, limites e espessuras variáveis.

Com base no condicionamento hidrogeológico das litologias da Formação Alter-do-Chão, foi obtida a seguinte compartimentação hidrolitológica:

- Aquíferos intergranulares descontínuos livres;
- Aquíferos intergranulares descontínuos a semi-confinados; e,
- Aquíferos intergranulares contínuos e confinados.

O primeiro, inclui todos os aquíferos quaternários (profundidade em torno de 18 m), além da porção superior da Formação Alter-do-Chão (profundidade de 20 a 80 metros). Os dois últimos comportam os sistemas aquíferos profundos da seqüência cretácea, com profundidades de 100 e 250 m, respectivamente. Os poços mais rasos atravessam sedimentos mal selecionados, com granulometria variando de cascalho a argila, inconsolidados a semi-consolidados. Geralmente, esses aquíferos são compostos por aluviões e coluviões, com boa produtividade, havendo centenas de poços ponteira, ainda em plena operação. As duas últimas categorias são representadas pela Formação Alter - do - Chão, com boas a excelentes perspectivas de produção de água potável; são constituídas por arenitos friáveis, interaleitados com camadas pelíticas, às vezes com até 20 metros de

espessura, acumulando, assim, o grau de confinamento à medida em que se aprofunda a referida Formação. O aproveitamento desses sistemas aquíferos é realizado através de poços tubulares com até 250 m de profundidade, que podem fornecer vazões máximas de 500 m³/h.

PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

Como não há disponibilidade dos dados de poços produtivos profundos totalmente penetrantes, fica impossível efetuar uma avaliação mais consubstanciada dos parâmetros hidrodinâmicos. Contudo, a partir do cadastramento dos poços tubulares, no perímetro urbano de Santarém e arredores, foram definidos elementos suficientes para caracterizar os parâmetros hidráulicos dos aquíferos identificados no tópico anterior. Vale ressaltar que na área do igarapé Irurá, a CPRM, em 1978, executou a perfuração de cinco (5) poços tubulares profundos para a COSANPA, os quais serviram de ponto de partida para o entendimento hidrodinâmico da área.

Com base nos testes de bombeamento dos poços supramencionados e no trabalho de TANCREDI (1996), podem ser avaliados, inicialmente, os parâmetros hidrodinâmicos dos sistemas aquíferos até a profundidade de 150 metros. Teste de aquíferos realizados no sistema Alter-do-Chão, em Santarém, revelaram valores de transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e armazenamento (S), com $3,26 \times 10^2$ m²/dia, 6,6 m/dia e $4,1 \times 10^{-4}$, respectivamente.

Esses estudos, embora localizados, já permitem uma compreensão satisfatória da geometria dos sistemas aquíferos que compõem a Formação Alter-do-Chão. É necessário ressaltar, entretanto, que essa situação aplica-se às condições locais, pois, regionalmente, ocorrem grandes variações faciológicas nessa Formação, acarretando mudanças em seu conteúdo hidráulico.

Dentro desse contexto, a referida Formação pode ser considerada como de alta favorabilidade para captação de água subterrânea, podendo até mesmo ser comparada com os aquíferos Cabeça e Botucatu, do nordeste e sudeste, respectivamente, os quais atendem altas demandas, ou seja, aquelas destinadas ao abastecimento público ou a grandes empreendimentos industriais.

A figura 07 constitui um projeto de poço tubular profundo para a área, com dimensionamento da coluna de revestimento definitivo, considerando a necessidade de instalação de bombas submersas para grandes vazões (250/500 m³/h).

PROJETO DE POÇO (PERFIL CONSTRUTIVO)

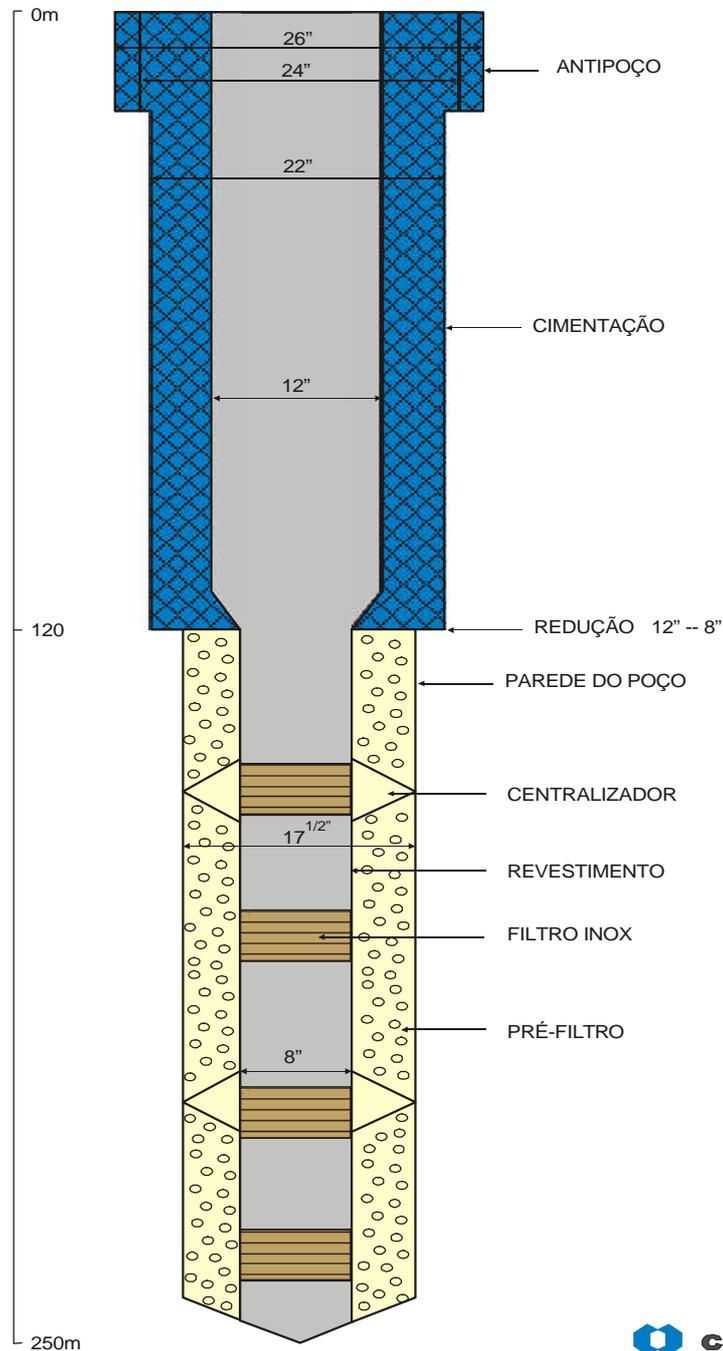


Fig. 07

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Do ponto de vista hidrogeológico, é destacada a presença do sistema aquífero Alter-do-Chão, principal unidade portadora de água, no município. Vale salientar que este trabalho contemplou somente o perímetro urbano da sede municipal, além das vilas de Mojuí dos Campos e Alter-do-Chão.

Os objetivos deste trabalho foram plenamente alcançados, com destaque para a problemática do abastecimento da população, projeto de poço tecnicamente adequado às características hidrogeológicas da área e caracterização dos sistemas aquíferos, a fim de maximizar o aproveitamento técnico-econômico dos poços que doravante vierem a ser perfurados na área.

Analisando os parâmetros concernentes aos sistemas de abastecimento de água potável de Santarém, foi constatado que a captação subterrânea é proveniente, quase que exclusivamente, de uma bateria de 100 poços ponteiras, construídos e instalados na planície de inundação do rio Tapajós e dos seus tributários Irurá e Urumari. Essa bateria é constituída por um conjunto de poços pouco espaçados entre si, geralmente ligados por uma única tubulação a um sistema de sucção. São geralmente poços de pequenos diâmetros, não superiores a 8". Esses poços fornecem razoável quantidade de água, pois as aluviões são estruturas geológicas favoráveis ao armazenamento desse bem mineral. Em virtude disso, foi observado que a utilização desses poços apresenta uma série de limitações técnicas e geológicas, incluindo o caráter arenoso e a pequena profundidade. Esta questão se agrava pelo fato dessa cobertura aluvionar ser, geralmente, susceptível à infiltração de águas superficiais contaminadas, sendo, também, o local de despejos de dejetos sanitários, como é o caso do rio Tapajós. Em vista disto, é desaconselhável a perfuração de poços nessas aluviões, a não ser que a água extraída seja submetida a tratamento químico.

Hidrogeologicamente, a área necessita de maiores estudos a respeito de sua potencialidade, visto ser muito reduzido o número de poços tubulares profundos.

Devem ser considerados como as melhores possibilidades de captação os aquíferos de subsuperfície, representados pela Formação Alter-do-Chão, com profundidades entre 160 e 500 m.

Como não há informações sobre as cotas da maioria dos pontos d'água cadastrados, é de suma importância o levantamento topográfico dos mesmos, a fim de delinear a

configuração piezométrica do sistema aquífero superior, permitindo a análise das condições de direção de fluxo.

A necessidade da realização de análises físico-químicas reveste-se de importância capital, não apenas como ferramenta auxiliar para uma maior compreensão dos mecanismos de recarga e descarga nos sistemas aquíferos, como também para a determinação das características qualitativas da água armazenada.

Para os poços escavados (Amazonas) e tubulares rasos devem ser enfocadas atenções especiais, por serem os mesmos utilizados, em larga escala, pela comunidade, já que uma boa parte da população de Santarém não dispõe de esgoto sanitário, tendo os poços uma relação promíscua com as fossas biológicas. Os dejetos das mesmas, com o tempo, infiltram e atingem o lençol freático, contaminando as águas dos poços. Há necessidade de ser efetuado um estudo de vulnerabilidade dos aquíferos, principalmente os de natureza livre.

Face a inexistência de estudos hidrogeológicos específicos, é recomendada a realização dos mesmos, com o propósito de subsidiar o desenvolvimento da exploração dos recursos hídricos de origem subterrânea, principalmente no segundo e terceiro sistemas aquíferos da Formação Alter-do-Chão.

Devem ser perfurados poços tubulares com profundidade de 250 metros, com câmaras de bombeamento em torno de 100 metros, a fim de retirar a máxima vazão (sem comprometimento do aquífero) e, assim, quantificar adequadamente o volume d'água a ser distribuído à população.

Com esse enfoque, é recomendado que durante a construção dos poços tubulares rasos não haja deficiência de cimentação, pré-filtro, coluna de revestimento (tubos e filtro) e teste de vazão, sendo também recomendada a instalação de uma proteção sanitária mais adequada. Nos poços inventariados, não foram observados, em suas respectivas tampas, os orifícios que permitem avaliar a variação dos níveis estáticos e dinâmicos, possibilitando o controle do rebaixamento dos mesmos. Estes fatores, quando não atendidos satisfatoriamente, são de extrema gravidade, principalmente quando a água subterrânea se destina ao consumo humano, hospitais, pousadas, etc.; esse não atendimento compromete a potabilidade e, conseqüentemente, contribui para o aumento do índice de doenças de veiculação hídrica, tais como: vírus, bactérias, verminoses, etc.

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. DNPM. PROJETO RADAM BRASIL - Folha SA.21-Santarém; geologia, pedologia e vegetação. Rio de Janeiro, 1976. 522p. il. (volume 10).
- CAPUTO, M.V. et al. Litoestratigrafia da bacia do Amazonas. Belém, PETROBRÁS-RENOR, Relat. Inédito, 641-A, 1971. 92p., il.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/COSANPA - Relatório Final dos Poços da Bacia do rio Irurá. Santarém, 1978.
- COSANPA – Relatório de construção de poços tubulares profundos, Santarém – Pa : CONTEP, 1997 il.
- COSANPA – Relatório de construção de poços tubulares profundos, Santarém – Pa : HIDROENGE PERFURAÇÕES Ltda., 1998 il.
- CUNHA, F.M.B. da & CAPUTO, M.V. Novos aspectos da geologia de Monte Alegre e áreas circunvizinhas. Belém, PETROBRÁS-RENOR, Relat. Inédito nº 690-A, dez. 1974. 20p., il.
- NASCIMENTO, D.A. do et al. Geomorfologia da folha SA-21 Santarém. Projeto RADAMBRASIL, 1976 (Levantamento de Recursos Naturais, 10).
- Notas de Aulas do Módulo de Gestão de Aquíferos do Curso de Especialização em Água Subterrânea, UFPa/Belém/1995. Ministrado pelo Hidrogeólogo Aldo da C. Rebouças.
- OLIVEIRA, J.R. de - Estudo preliminar sobre as potencialidades hidrogeológicas da área urbana de Santarém com proposta técnica para perfuração de poços tubulares profundos visando o abastecimento de água subterrânea. Belém-Pa. CPRM/PRIMAZ.1996.
- OLIVEIRA, J.R. de; PASTANA, J.M. do N. Potencialidade hidrogeológica da vila de Mojuí dos Campos com proposta técnica para perfuração de poço tubular profundo. Santarém-Pa, 1999.
- OLIVEIRA, J.R. de; PASTANA, J.M. do N. Potencialidade hidrogeológica da vila de Alter-do-Chão, com proposta técnica para perfuração de poço tubular profundo. Santarém-Pa, 1999.
- PETRÓLEO BRASILEIRO S.A - Poço Estratigráfico 1AC-01-PA, Belém - Pará, 1958.
- SILVA NETO, C.S. Síntese geológica e favorabilidade para tipos de jazimentos minerais no município de Santarém-Pa. Belém: CPRM/PRIMAZ, 1996.
- TANCREDI, A.C. - Estudos hidrogeológicos do aquífero Alter-do-Chão no município de Santarém. Tese de Doutorado, SUDAM/INPA, Belém - Pa. 1996.