

A PROBLEMÁTICA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA AMAZÔNIA NA VISÃO DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

José Cláudio Viégas Campos¹

RESUMO

Um dos grandes problemas que a região amazônica enfrenta são os baixos índices de saneamento básico nas áreas urbanas de suas diversas cidades (Maia Neto, 1998). Isso faz com que haja a disseminação de fossas, nem sempre sépticas, para destinação dos esgotos domésticos e perfuração de poços tubulares ou cacimbas para abastecimento d'água. Tal conjuntura tem propiciado, freqüentemente, a contaminação da água subterrânea consumida pela população por dejetos provenientes do saneamento in situ. A utilização da condutividade elétrica da água subterrânea para uma caracterização preliminar da contaminação, seguida de análises de nitrato e cloreto, tem sido uma ferramenta eficaz e barata na caracterização da qualidade da água subterrânea. Considerando que a existência de laboratórios com capacidade de efetuar análises mais completas foge da realidade de alguns estados na região norte, a utilização de parâmetros indicadores da contaminação por saneamento in situ é bastante apropriada para demonstrar a existência da interação água subterrânea/fossa. Além do nitrato, que pode causar a cianose em crianças novas e câncer, através do estímulo a produção de nitosaminas pelo estômago (Feitosa e Manoel Filho, 2000), outros compostos orgânicos sintéticos são introduzidos pelos detergentes domésticos, cujos efeitos no ser humano são ainda pouco estudados.

PALAVRAS-CHAVE

Amazônia, Contaminação, Saneamento in situ

INTRODUÇÃO

Embora a região Amazônica seja extremamente abundante em água, pouco se sabe sobre o seu potencial em recursos hídricos subterrâneos. A CPRM, através de suas unidades na região amazônica, tem envidado esforços no sentido de preencher essa enorme lacuna no conhecimento hidrogeológico do Brasil. Em trabalhos realizados nos estados de Rondônia e Roraima através das unidades de Porto Velho e Manaus, respectivamente, observa-se claramente que a água subterrânea tem papel de destaque no abastecimento público, embora a sua utilização seja feita de forma não planejada, sem um real conhecimento das suas potencialidades e qualidades. Trata-se de uma alternativa barata e acessível para a população de mais baixa renda na complementação, ou até mesmo substituição, da água fornecida pelo serviço público. Entretanto, o abastecimento de água, seja ele

1) CPRM- Serviço Geológico do Brasil, Av. Lauro Sodré 2561 Bairro Tanques Porto Velho - RO. CEP 78904-300. Tel. (69) 223-3544. E-mail: cprmrepo@enter-net.com.br

público ou particular, pode ter a sua qualidade comprometida pela falta de esgotamento sanitário nas áreas urbanas. Em Boa Vista (RR), somente 17% da população da área urbana tem rede de coleta de esgoto (CPRM, no prelo) e em Porto Velho (RO) este número cai para somente 2% (CAERD, 1997), sendo que o restante da população utiliza-se do sistema de fossas domésticas (saneamento in situ). Este problema tende a ser mais crítico nas cidades do interior.

A CPRM tem desenvolvido diversos estudos hidrogeológicos onde uma das preocupações é a caracterização da água subterrânea quanto a sua qualidade para consumo.

Uma vez que a condutividade elétrica tem correlação direta com os íons nitrato e cloreto (Ferreira e Hirata, 1993) e como um dos grandes problemas na região norte são as enormes distâncias e a escassez de laboratórios para realização de análises físico-químicas que englobe vários parâmetros, a utilização do condutivímetro de campo (aparelho que mede o teor de sais) tem se mostrado de grande valia devido ao baixo custo e a rapidez na aquisição dos dados para a caracterização preliminar da contaminação da água subterrânea por saneamento in situ.

METODOLOGIA

A introdução de sais e outros elementos químicos pelas fossas na água subterrânea faz com que a condutividade elétrica seja um bom parâmetro indicador da contaminação (Feitosa e Manoel Filho, 2000), além disso, parâmetros como nitrato e cloretos são também bons indicativos da contaminação por saneamento in situ por serem elementos conservativos na zona saturada.

De modo a diminuir custos, inicialmente, faz-se uma avaliação da condutividade elétrica na água subterrânea, definindo as zonas com valores anômalos na área em estudo. Com base nesses dados, procede-se uma avaliação através dos parâmetros nitrato e cloreto nas áreas com valores anômalos de condutividade elétrica, podendo-se também avaliar outros elementos do ciclo do nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônia e nitrito). Tal preocupação visa diminuir ao máximo o número de amostras a serem enviadas ao laboratório e, conseqüentemente, o custo da pesquisa.

Com base nos dados obtidos, constrói-se o mapa de isovalores para cada parâmetro analisado, definindo assim as áreas com maiores indicativos de contaminação por saneamento in situ. Vale ressaltar que associado aos compostos nitrogenados introduzidos pelo sistema de fossas estão alguns poluentes orgânicos sintéticos provenientes das águas domésticas de lavagens tal como o diclorobenzeno que representa um perigo adicional e, por vezes, maior à saúde da população consumidora da água do que o nitrato (Foster, 1993).

TRABALHOS DESENVOLVIDOS

Para ilustrar a metodologia utilizada na caracterização da contaminação da água subterrânea por saneamento in situ através de parâmetros físico-químicos são apresentados três projetos que foram desenvolvidos pela CPRM.

EXEMPLO: CAMPO NOVO/BURITIS/MIRANTE DA SERRA/EXTREMA/NOVA CALIFÓRNIA - RO

Em 1998, em convênio com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), foram realizados estudos hidrogeológicos e geofísicos em diversos municípios de Rondônia (Campos et ali, 1998). Durante a avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea dos poços cacimbas, foram feitas medições da condutividade elétrica para elaboração do mapa de isovalores. Observou-se que, geralmente, as zonas mais densamente povoadas e/ou mais antigas das áreas urbanas dos municípios de

Campo Novo, Buritis, Mirante da Serra, e distritos de Extrema e Nova Califórnia do município de Porto Velho apresentavam os maiores valores de condutividade elétrica. Em todos os casos os respectivos moradores não possuíam saneamento básico (água e esgoto), sendo predominante a utilização de cacimbas e fossas domésticas.

Tais resultados indicam que o líquido proveniente das fossas está em contato com a água subterrânea, introduzindo elementos químicos, bactérias e vírus. Abaixo são apresentados os mapas da área urbana de Campo Novo e Buritis (figuras 1 e 2).

A condutividade elétrica (CE) na área urbana de Campo Novo variou de 12,6 a 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo a média de 52 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Analisando-se o mapa de condutividade elétrica da água subterrânea (figura 1), observa-se que os valores maiores do que a média (CE > 52 $\mu\text{S}/\text{cm}$) tendem a se concentrar na área mais densamente povoada da cidade (porção centro-leste e sudeste), além disso, os menores valores estão situados na região oeste, justamente, onde há uma menor densidade demográfica. Isto serve como indicativo para se afirmar que a água subterrânea está sendo contaminada pela concentração na área de fossas domésticas e/ou outras fontes de poluição antropogênica, tais como: valas negras, disposição de lixo nas ruas, etc.

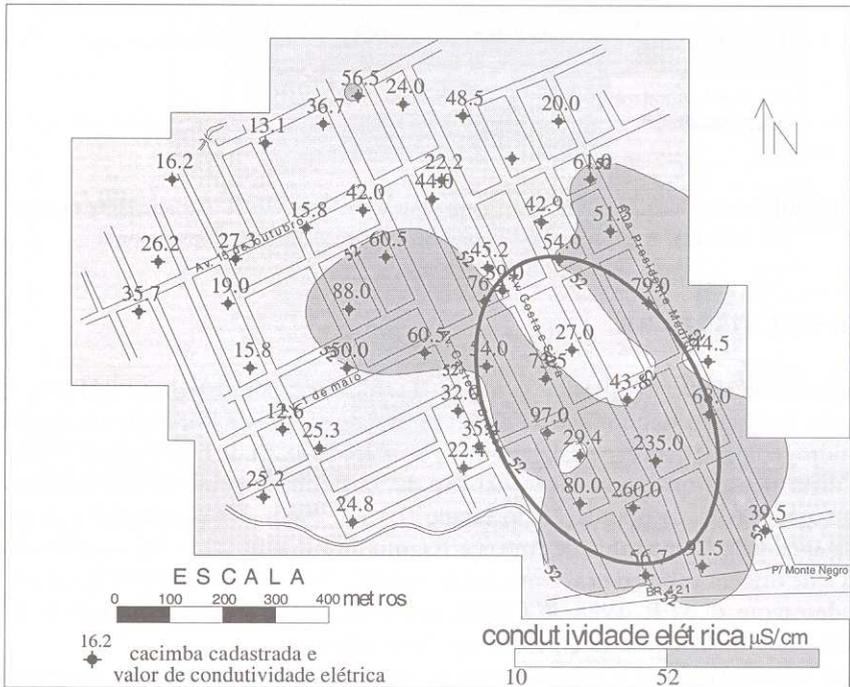


Figura 1 - Planta urbana de Campo Novo com o zoneamento das áreas com condutividade elétrica acima da média (52 $\mu\text{S}/\text{cm}$). A elipse indica a porção com maior ocupação populacional.

Na área urbana de Buritis, a condutividade elétrica variou de 12,6 a 238 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com média de 59 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Na porção mais populosa da área urbana, a maior densidade de fossas, produção de lixo e outros produtos contaminantes favorecem a uma maior contaminação da água subterrânea. No mapa de condutividade elétrica da água subterrânea (figura 2), observa-se que os valores maiores do que a média das medições (CE > 59 $\mu\text{S}/\text{cm}$) tendem a ser encontrados na porção mais densamente povoada da cidade (sul). Na área com menor densidade populacional (porção noroeste e centro-oeste), os valores de condutividade elétrica tendem a ser menores do que 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, devido, provavelmente, a uma menor influência antropogênica, e podem estar representando o "background" da condutividade elétrica da água subterrânea na área urbana de Buritis.

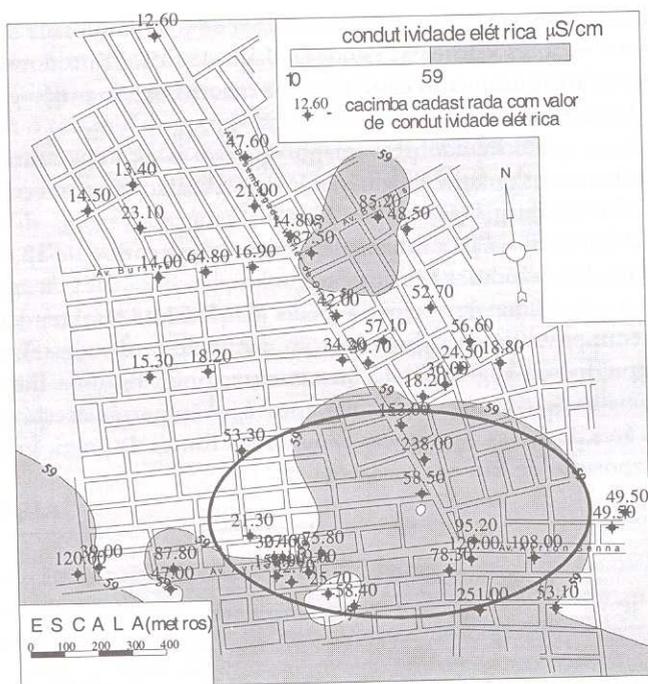


Figura 2 – Planta urbana de Buritis com o zoneamento das áreas com condutividade elétrica acima da média ($59 \mu\text{S/cm}$). A elipse indica a zona com maior ocupação populacional.

EXEMPLO: BOA VISTA - RR

No período de 1999 a 2000, foram efetuados estudos de campo pela CPRM para elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico da região central do estado de Roraima, um dos temas abordados foi a hidrogeologia, com especial destaque para a área urbana de Boa Vista (CPRM, no prelo).

Boa Vista possui uma população urbana de aproximadamente 197.000 habitantes, que corresponde a quase 65% da população do estado (IBGE, 2000). Na cidade, 98% da população é abastecida de água pela Companhia de Águas e Esgoto de Roraima (CAER), e, aproximadamente, 70% da água é de origem subterrânea. Entretanto, somente 17% da população urbana em Boa Vista possui rede de esgoto (CAER, 1998, in CPRM no prelo). Sendo bastante comum a utilização de saneamento in situ (fossas domésticas) pela população urbana.

Na área urbana da capital foram coletadas 18 amostras de água subterrânea em poços tubulares (10 em maio e 8 em set/2000) com medições in situ da condutividade elétrica. A condutividade elétrica varia de 8,29 a 119,5 $\mu\text{S/cm}$, com média de 30 $\mu\text{S/cm}$. Vale ressaltar que os valores de condutividade obtidos nas áreas menos antropizadas estão em torno de 10 $\mu\text{S/cm}$, sendo que os valores maiores encontram-se nas áreas mais urbanizadas.

O mapa de condutividade elétrica da água subterrânea (figura 3) indica o centro da cidade como a área com maiores valores, considerando-se que o centro é uma das áreas mais antigas e com mais alta densidade demográfica, tais características estão sendo refletidas na introdução de elementos químicos na água subterrânea, através das fossas e outras fontes poluidoras.

Tal fato pode estar relacionado com a infiltração de águas servidas e das fossas domésticas para o aquífero sotoposto, uma vez que este apresenta nível d'água elevado e, predominantemente, condições freáticas, o que aumenta a sua vulnerabilidade à contaminação. Tal afirmação é corroborada pelo o mapa de nitrato na água subterrânea da área urbana de Boa Vista. O nitrato é um bom indicativo de contaminação, pois representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica. Embo-

ra não sejam encontrados valores acima do permitido (10 mgN/l), os valores mais elevados (acima de 2 mgN/l) são encontrados na zona mais densamente povoada (figura 4). O que caracteriza um processo de incremento progressivo de sais de nitrato na água subterrânea através das fossas domésticas.

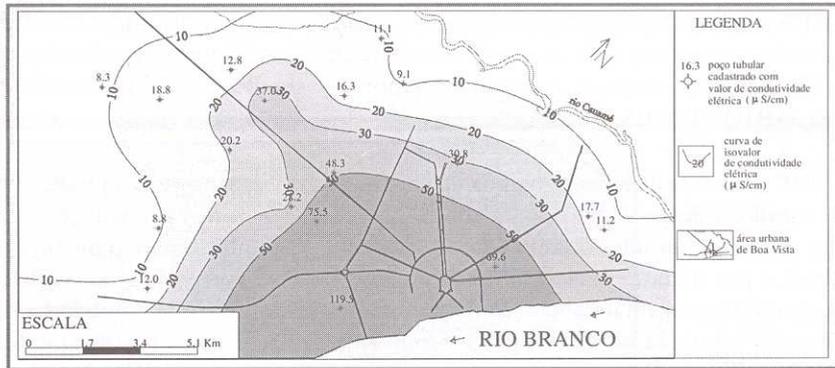


Figura 3 – Mapa de condutividade elétrica da água subterrânea na área urbana de Boa Vista - RR

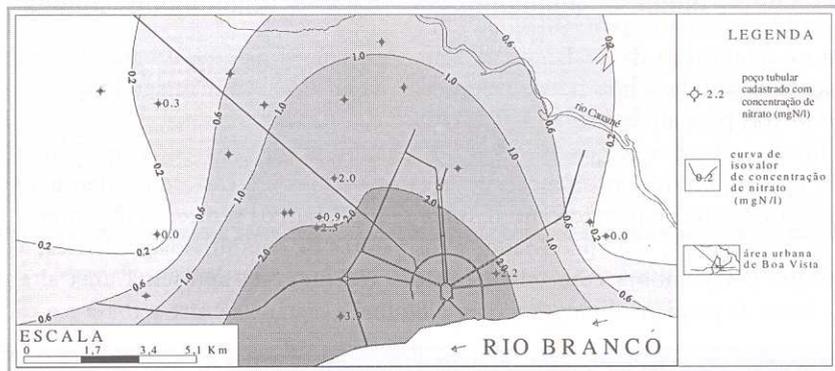


Figura 4 – Mapa de teor de nitrato da água subterrânea na área urbana de Boa Vista - RR

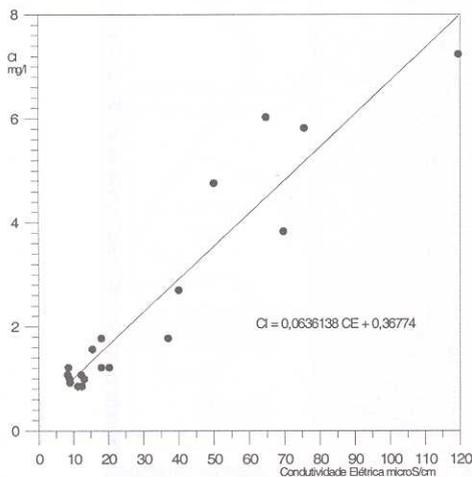


Gráfico 1 – Correlação CE x Cl

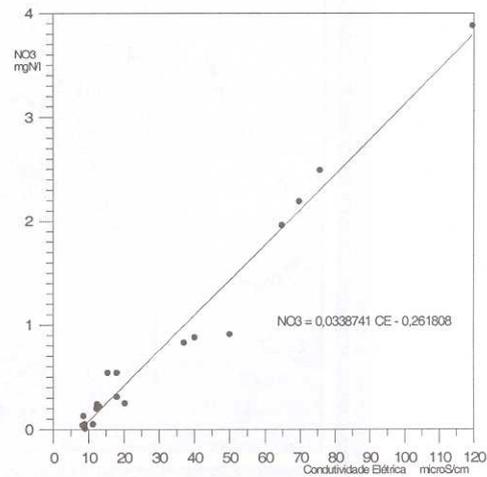


Gráfico 2 – Correlação CE x NO_3

Observou-se uma forte correlação entre a condutividade elétrica e a concentração de nitrato e cloretos (gráficos 1 e 2). Tal correlação é de fundamental importância no barateamento dos custos da metodologia. No caso de Boa Vista foi possível encontrar um bom coeficiente de correlação. Para o gráfico CE x Cl foi encontrado um coeficiente de 0,90 e para CE x NO_3 um valor de 0,97. Dessa forma, pode-se extrapolar os valores de nitrato e cloreto para outras áreas de Boa Vista mediante a determinação da condutividade elétrica e aplicação das respectivas equações lineares calculadas.

EXEMPLO: ARIQUEMES – RO

Em 2001 foram realizados trabalhos de campo na área urbana de Ariquemes (RO) para elaboração de estudo hidrogeológico da cidade. O principal aquífero explotado é constituído pela alteração das rochas granitóides (manto de intemperismo), cujo nível estático médio é de 13 metros (ago-set/2001), e por se tratar de um aquífero livre, há grandes chances de estar sendo contaminado pelas fossas domésticas, além de outras fontes de poluição (ex. postos de combustíveis) que podem chegar facilmente à zona saturada comprometendo a qualidade da água (Campos e Reis, 2001).

Segundo informações verbais de técnicos da CAERD (ago-set/2001), a população urbana de Ariquemes é abastecida através da captação de água do rio Jamari e poços tubulares, com fornecimento total de 210 m^3/h e 197 m^3/h , respectivamente. O sistema de abastecimento é composto por 9.377 ligações de água, entretanto, somente 5.554 ligações estão ativas (59%), para uma população urbana de 55.118 habitantes (IBGE, 2000).

Para caracterização da qualidade da água subterrânea na área urbana de Ariquemes foram feitas medições *in situ* da condutividade elétrica e pH em 35 cacimbas, sendo que em 30 foi feita a coleta de amostras para análise de NO_3 , Cl, NO_2 .

Na figura 4 observa-se que os valores de condutividade elétrica na água subterrânea variam de 14 a 237 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estando os menores valores associados a áreas menos densamente povoadas. Por isso observa-se que na porção central, onde se localizam os setores mais antigos e densamente povoados da área urbana, são encontrados altos valores de condutividade elétrica, assim como na porção sudeste, pois, embora com uma ocupação recente, esta apresenta uma alta densidade de ocupação e lotes de pequena dimensão, o que diminui a distância entre a fossa e a cacimba.

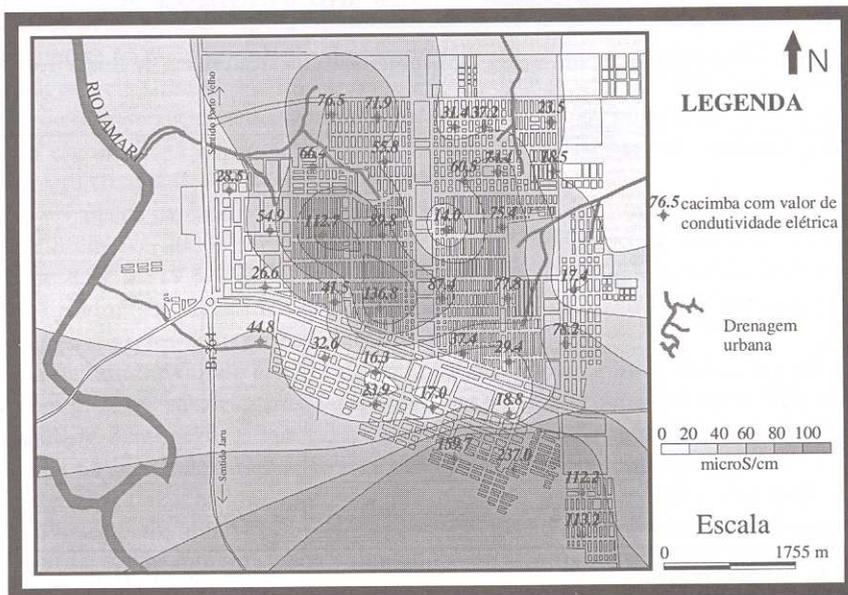


Figura 4 – Mapa de condutividade elétrica da água subterrânea na área urbana de Ariquemes

A mesma situação se observa no mapa de teor de NO_3 (figura 5), cujos valores encontrados variam de 0,13 a 6,17 mgN/l, e para o mapa de Cl (figura 6), com valores de 4,96 a 21,3 mg/l, que indicam os setores central e sudeste como aqueles com maiores valores determinados.

Embora as concentrações de NO_3 e Cl na água subterrânea estejam dentro dos limites estabelecidos pela portaria 1469, de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde, 10mgN/l e 250 mg/l (Brasil, 2000), respectivamente, os valores anômalos associados a áreas densamente povoadas são um forte indicativo da contaminação pelas fossas. Como os dois parâmetros são acumulativos, caso a fonte poluidora não seja retirada, os limites de tolerância poderão ser alcançados.

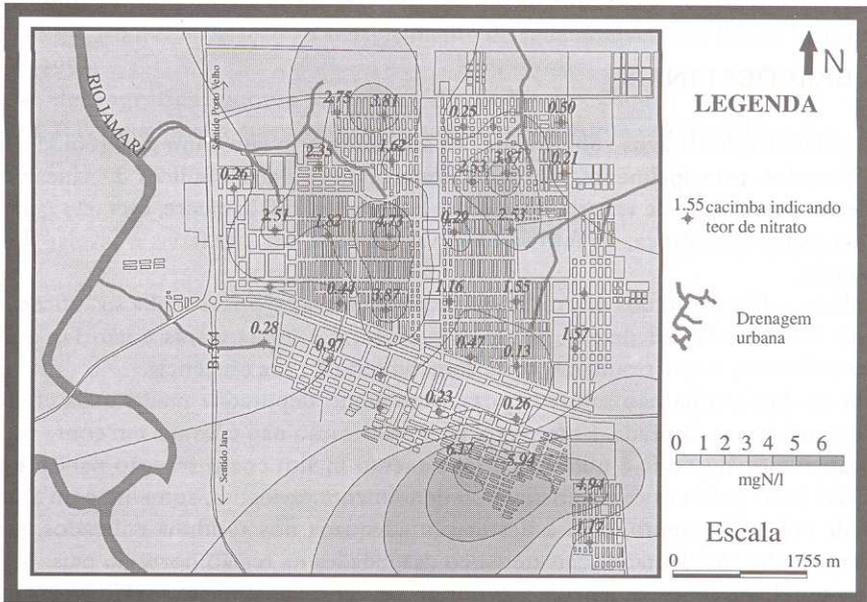


Figura 5 – Mapa de concentração de nitrato na água subterrânea na área urbana de Ariquemes

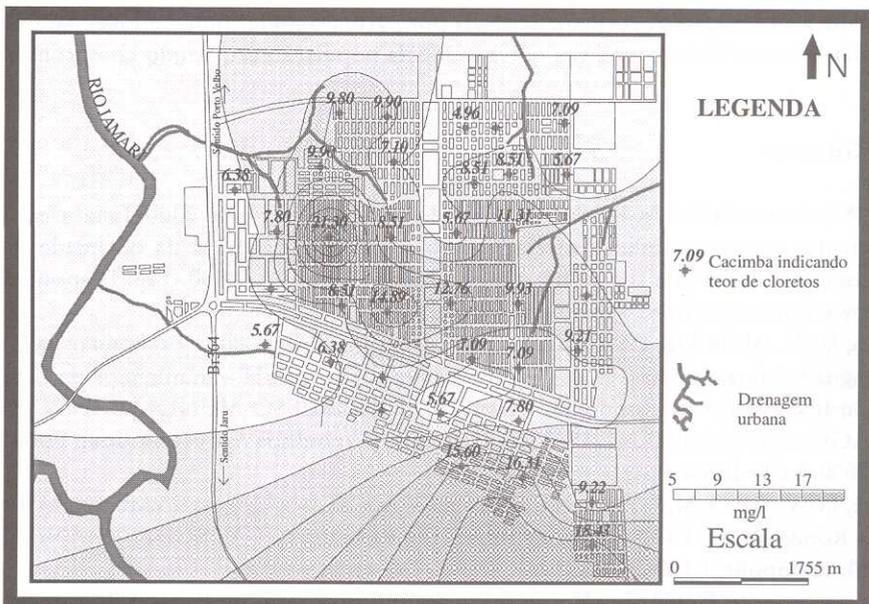


Figura 6 – Mapa de concentração de cloretos na água subterrânea da área urbana de Ariquemes

Os gráficos de correlação dos parâmetros Condutividade Elétrica x Cloretos e Condutividade Elétrica x Nitrato apresentaram valores de coeficiente de correlação baixo, 0,63 e 0,67, respectivamente, o que compromete a correlação direta entre a CE e a concentração de nitrato e cloretos a partir das equações lineares, como no caso de Boa Vista (RR). Entretanto, observa-se ainda que existe uma correlação positiva entre a condutividade elétrica, o cloreto e o nitrato.

Em todos os trabalhos apresentados foi de fundamental importância a definição do background da condutividade elétrica, de modo a se ter os valores que representariam as condições naturais regional da água subterrânea e, a partir daí, definir as zonas anômalas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contaminação da água subterrânea por saneamento in situ é um dos grandes problemas a serem enfrentados, principalmente, na região norte onde os baixos índices de saneamento básico comprometem a qualidade de vida da população. Entretanto, infelizmente, esta não é uma realidade exclusiva da região amazônica, tal fato se observa, também, nas periferias e favelas das principais cidades do país.

Embora a disposição dos dejetos domésticos em fossas sépticas tenha sua eficácia, a população de mais baixa renda dificilmente segue as suas normas construtivas e não faz a manutenção regular deste sistema, o que resulta no comprometimento de sua eficiência.

Sabe-se que a zona não saturada possui um efeito depurador muito mais efetivo sobre o poluente do que a zona saturada. Entretanto, tal consideração não é levada em conta nas áreas com o nível freático elevado onde é utilizado o saneamento in situ como solução para o esgotamento sanitário. Nas áreas com tais características ou densamente povoadas, somente com a utilização de uma rede de coleta de esgoto, com a destinação adequada dos resíduos coletados, será possível reverter este quadro desalentador característico das cidades na região norte do país.

A metodologia aqui apresentada tem por objetivo, principalmente, viabilizar economicamente a avaliação da qualidade da água subterrânea num momento em que os recursos para projetos estão cada vez mais escassos. Tal situação se encaixa muito bem na realidade econômica da maioria das cidades da região amazônica, bem como outras cidades do Brasil. Estes estudos podem embasar tecnicamente a solicitação de recursos federais por parte do poder público local para realização de obras de saneamento básico, uma vez que a saúde da população está sendo comprometida.

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2000. 17p. Disponível: <<http://www.funasa.gov.br>> . acesso em: 02 fev. 2001.
- CAMPOS, J.C.V.; MORAIS, P.R.C.; SCANDOLARA, J.E. Diagnóstico Preliminar da Qualidade da Água Subterrânea através da Condutividade Elétrica e pH – municípios de Campo Novo e Buritis, Estado de Rondônia, Brasil. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2000, Fortaleza. [Trabalhos Apresentados]. Fortaleza: ABAS, 2000. 1 CD-ROM.
- CAMPOS, J.C.V.; REIS, M.R. Avaliação Hidrogeológica da área Urbana do Município de Ariquemes – Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12, 2002, Florianópolis. 1 CD-ROM.
- CPRM. **Zoneamento Ecológico Econômico da região central do Estado de Roraima**. Tomo 2, V. 2, Cap. 2-Hidrogeologia. (no prelo).

- COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTO DE RONDÔNIA-CAERD. **Diagnóstico dos serviços de saneamento básico do Estado de Rondônia**. Porto Velho, 1997. n.p.
- FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. (Coords.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2ª ed. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 2000. 391p.
- FERREIRA, L.M.R.; HIRATA, R.C.A. Determinação de Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas por Sistemas de Saneamento in situ. Estudo de Caso: Município de Campinas/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10, 1993, Gramado. **Anais**. Gramado, 1993. p. 443-452.
- FOSTER, S. **Poluição das águas subterrâneas: um documento executivo da situação da América Latina e Caribe com relação ao abastecimento de água potável**. São Paulo: Instituto Geológico, 1993.
- IBGE. **Censo demográfico: sinopse preliminar**. Rio de Janeiro, 2000.
- MAIA NETO, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**, v. 5, n. 9, p. 21-32, nov. 1997.