

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ORIUNDAS DE POÇOS RASOS DO BAIRRO HABITAT BRASIL II (MOTOCROSS) NO MUNICÍPIO DE CACOAL, RONDÔNIA, BRASIL**

**QUALITY EVALUATION OF GROUNDWATER DERIVED FROM SHALLOW WELLS IN THE NEIGHBORHOOD HABITAT BRASIL II IN THE CITY OF CACOAL, RONDONIA, BRAZIL**

**Danilo Marcio de Oliveira Cardoso<sup>1</sup>, Roberta Grain Barreto<sup>2</sup>, Elessandra Maria Silvestro<sup>3</sup>, Rubens Buissa Filho<sup>4</sup>, Rodrigo Nunes de Paula<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Farmacêutico Bioquímico (UFOP), pós graduação em Citologia Clínica (UFOP/Sbac), pós graduação em Análises Clínicas (FACIMED), docente da FACIMED, Cacoal, RO, Brasil.

<sup>2</sup> Farmacêutico Bioquímico (UFOP), mestre em Ciências Biológicas (UFOP), pós graduação em Citologia Clínica (UFOP/SBAC), pós graduação em Análises Clínicas (FACIMED), docente da FACIMED, Cacoal, RO, Brasil.

<sup>3</sup> Farmacêutico (Unipar), mestre em Ciências (USP), pós graduação em Manipulação farmacêutica e cosmeceutica (Tecnipar), pós graduação em homeopatia (Tecnipar), pós graduação em Análises Clínicas (FACIMED), docente da FACIMED, Cacoal, RO, Brasil.

<sup>4</sup> Farmacêutico Bioquímico (Unipar), mestre em Ciências (USP), pós graduação em Análises Clínicas (FACIMED), docente da FACIMED, Cacoal, RO, Brasil.

<sup>5</sup> Farmacêutico Bioquímico (FACIMED), pós graduação em Análises Clínicas (FACIMED), Cacoal, RO, Brasil.

Autor responsável:

Danilo Marcio de Oliveira Cardoso - e-mail: danilo\_marcio@hotmail.com

**Palavras chave:** contaminação, águas subterrâneas, poços rasos

**Keywords:** contamination, groundwater, wells

**RESUMO**

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade das águas subterrâneas oriundas de poços rasos do bairro Habitat Brasil II no município de Cacoal-RO. A qualidade da água consumida reflete diretamente na saúde das pessoas que a consome. Nas amostras de água, foram avaliados parâmetros como condutividade elétrica, teor de cloreto, nitrato além da detecção da presença de coliformes totais e termotolerantes. Os dados foram interpolados em mapas utilizando as coordenadas geográficas dos poços obtidas por GPS para determinar as áreas de maior contaminação. As análises mostraram que 100% dos poços possuem níveis de coliformes e condutividade elétrica acima dos valores permitidos pela legislação brasileira, o que torna essas águas impróprias para o consumo humano. Os resultados alertam para a necessidade de buscar novas fontes de

disponibilização de recursos hídricos para essas populações que utilizam água para consumo fora dos padrões de qualidade determinados.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the quality of groundwater derived from shallow wells in the neighborhood Habitat Brasil II in the city of Cacoal, Rondonia, Brazil. The quality of water consumed directly reflects the health of people who consume it. In water samples were evaluated parameters such as electrical conductivity, chloride content, nitrate addition to the presence of total coliforms and thermotolerant. The data were interpolated maps using the geographic coordinates of wells obtained by GPS so that it can determine the areas of high contamination. The analysis showed that 100% of the wells have levels of coliforms and electrical conductivity higher than the values allowed by Brazilian law, thus making them unfit for human consumption. The results emphasize the need to seek new sources of supply of water for these people who use water for consumption outside of certain quality standards.

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida e ao desenvolvimento dos seres vivos. Considerada por muitos uma reserva mineral barata e inesgotável, é de direito de todos independente do estágio de desenvolvimento ou condição sócio-econômica dos diferentes grupos humanos. Assim não basta que as populações apenas disponham de água. É necessário também que essa água tenha um mínimo de qualidade (Mattos e Silva, 2002).

As fontes de contaminação antropogênica em águas subterrâneas são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microorganismos patogênicos (Freitas e Almeida, 1998). Além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês (Nordberg et al, 1985), também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente.

Uns dos grandes problemas que a região amazônica apresenta são os baixos índices de saneamento básico nas áreas urbanas de suas diversas cidades (Maia Neto, 1998). Isso provoca a disseminação de fossas sanitárias para a destinação dos esgotos domésticos e a perfuração de poços tubulares e cacimba para abastecimento d'água. Esta conjuntura tem propiciado freqüentemente a contaminação das águas subterrâneas consumidas pela população, por dejetos provenientes do saneamento *in situ* (Campos, 2003).

Nos países em desenvolvimento, em virtude das precárias condições de saneamento e da má qualidade das águas, as doenças diarreicas de veiculação hídrica, como, por exemplo, febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose e outras gastroenterites, poliomielite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase, têm sido responsáveis por vários surtos epidêmicos e pelas elevadas taxas de mortalidade infantil, relacionadas à água de consumo humano (Leser et al, 1985).

O Estado de Rondônia, a partir das décadas de 70 e 80, sofreu um grande aumento populacional provocado pela imigração de pessoas de várias partes do país em busca de terras para agricultura e do ouro encontrado no rio Madeira. Estes fatos, aliados à urbanização desordenada, ocasionaram o surgimento de vários bairros sem um mínimo de infra-estrutura social como saneamento básico, saúde, transporte, educação, assim como fornecimento de energia elétrica e água tratada.

Inserido neste contexto, no município de Cacoal (RO) possui um sistema de saneamento básico deficitário, apesar do esgotamento sanitário atingir aproximadamente 70% da área total da cede do município (SAAE, 2009). Neste cenário, a maioria dos moradores periféricos está condicionada a captação de água através de poços escavados, denominados cacimbas, cisternas, poço amazonas ou poços rasos.

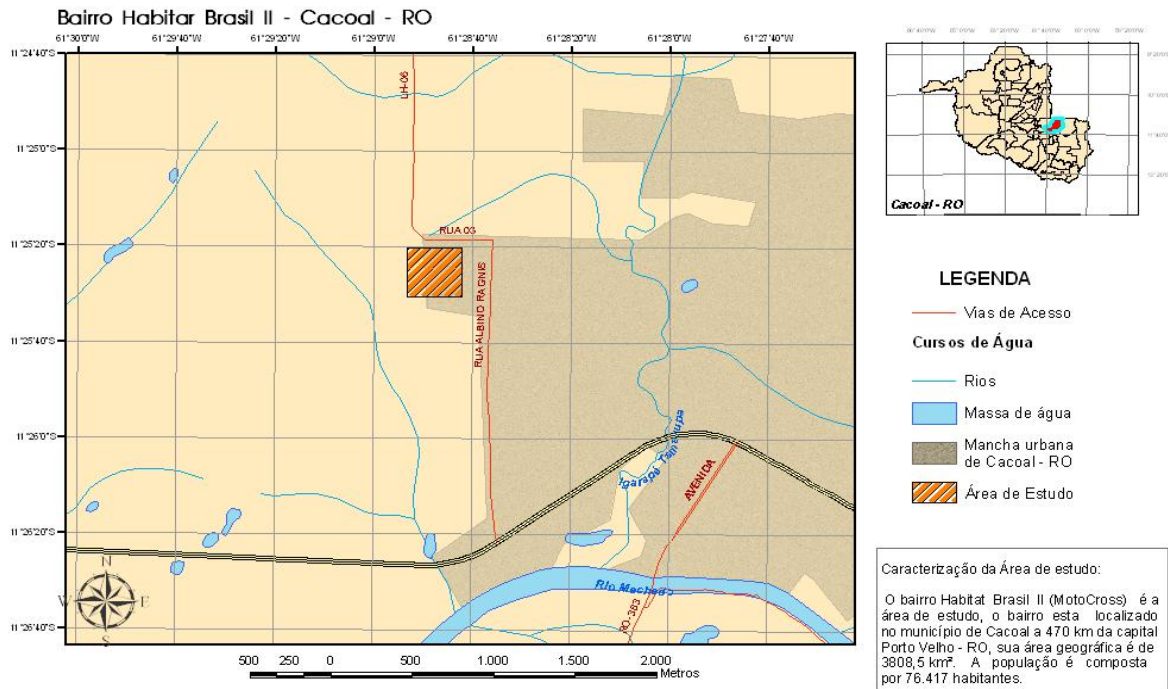
Desta forma, o principal objetivo deste estudo foi avaliar o grau de contaminação das águas subterrâneas no bairro Habitat Brasil II, uma vez que a população local utiliza desses recursos para seu abastecimento, devido a uma deficiência quanto ao abastecimento de água tratada. Soma-se a isso a ausência de um sistema coletor de esgoto, o que obriga a população a construir fossas negras dentro das imediações de suas casas. Portanto, o sistema poço x fossa se caracteriza por ser um dos principais responsáveis pela contaminação das águas subterrâneas na sede do município de Cacoal.

O Bairro Habitat Brasil II (MotoCross), localiza-se na periferia do município de Cacoal (Figura 1). Recentemente, o bairro era considerado uma invasão e assim caracterizado como o bairro MotoCross, por estar ao lado das pistas de corrida de moto-velocidade (MotoCross). Após a implantação parcial de rede de água tratada e com o cadastramento dos moradores, houve a formação do novo Bairro Habitat Brasil II (MotoCross).

## LOCALIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

Apesar do Sistema de tratamento de esgoto já atingir aproximadamente 70% do município, o mesmo não alcança a área em estudo, segundo CPD-SAAE – Centro de processamento de Dados do Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE 2009).

**Figura 1** – Localização geográfica do bairro Habitat Brasil II no Município de Cacoal-RO



## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo pode ser considerado como analítico transversal de caráter quali-quantitativo. Foram incluídas na pesquisa apenas residências do Bairro Habitat Brasil II em Cacoal-RO que possuíam poços subterrâneos através dos quais os moradores extraíam água para consumo próprio. A coleta também só foi realizada após ser autorizada pelo morador por meio da assinatura do consentimento livre e esclarecido. No total, foram coletadas amostras de 12 poços no referido bairro no mês de outubro de 2009. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

O cadastro dos poços foi realizado com aparelho GPS com o objetivo de se obter suas coordenadas geográficas. No próprio aparelho, a residência era cadastrada pelo nome do proprietário, endereço e telefone para contato.

Para serem obtidas as coordenadas geográficas exatas dos pontos de coleta e a posterior utilização destes dados em um software de geoprocessamento foi utilizado um

aparelho GPS portátil (GLOBAL POSITIONING SYSTEM), marca GARMIN, modelo GPSMAP 76CSX. O aparelho foi posicionado na boca de cada poço e suas coordenadas foram salvas no equipamento e anotadas na caderneta de campo.

No próprio local de coleta, a condutividade elétrica da amostra era analisada. Os valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas foram obtidos através do aparelho portátil chamado condutivímetro tipo MB-11 (MARTE). A unidade utilizada foi  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , inverso de Ohm, que corresponde à unidade de resistência. O eletrodo do condutivímetro foi introduzido na garrafa de polipropileno (utilizada para a coleta da amostra), para ser efetivada a leitura, sendo obtido o resultado em alguns segundos. Em seguida as amostras eram enviadas para o Laboratório de Controle de Qualidade de águas do SAAE de Cacoal/RO, onde os elementos nitrato e cloreto e coliformes fecais foram analisados.

O nitrato e o cloreto foram analisados utilizando um espectrofotômetro DR 2800 N/S1211935 – HACH para análise quantitativa, utilizando os reagentes para trabalho Spectrokit de Nitrato (ALFAKIT) e UNIKIT de cloreto U007A (ALFAKIT) respectivamente.

Todas as análises bacteriológicas foram realizadas pelo Laboratório de Controle de Qualidade de águas do SAAE de Cacoal/RO.

A técnica utilizada para análise de coliformes termotolerantes e coliformes totais foi a da “Membrana Filtrante” de acordo com Silva et al (2000), a qual se baseia em 6 (seis) passos fundamentais: preparação do conjunto de filtração, preparação da amostra, filtração, transferência e incubação da membrana, contagem das colônias e cálculo dos resultados. A descrição de cada etapa da análise encontra-se em seguida:

**Preparação do conjunto de filtração.** O conjunto de filtração foi preparado com o ajustamento da membrana no filtro e o corpo de filtração sobre a membrana. Conectou-se o kitasato de coleta do líquido filtrado á bomba de vácuo. O conjunto foi montado próximo à chama de um bico de Bunsen.

**Preparação da amostra.** As amostras foram agitadas 25 vezes cada uma causando sua homogeneização. Em seguida, foi diluído em 100 vezes cada amostra com água destilada, isso significa que, foi pipetado 1 ml de cada amostra e completado para 100 ml com água destilada, este preparo, foi vertido cuidadosamente no corpo do conjunto de filtração. A filtração de 100 ml da amostra é o padrão para análise de amostras de água destinada ao consumo humano, nas quais se espera ausência de coliformes (Silva et al, 2000).

**Filtração.** Depois de adicionado 100 ml da água no conjunto de filtração, ligou-se a bomba de vácuo fazendo com que ocorra a filtração, as paredes do copo com 20 ml de água de diluição foram enxaguadas (Tampão fosfato com cloreto de magnésio), para recolher eventuais contaminantes aderidos. Este procedimento foi repetido 2 (duas) vezes. A bomba de vácuo foi desligada antes de a membrana secar excessivamente.

**Transferência e incubação da membrana.** Após a filtração, foi retirada e, com uma pinça flambada e resfriada, transferiu-se a membrana para uma placa com o meio de cultura adequado Chomocult-coliformen-Agar (Merck). Para a contagem que se desejava efetuar, no caso em estudo de coliformes termotolerantes e coliformes totais. A incubação das placas de Chomocult-coliformen-Agar (Merck) foi realizada por 24 horas a 35,5°C, em incubadora com variação de temperatura não superior a 0,2°C de acordo com Silva et al, 2000.

**Contagem das colônias.** Neste meio de cultura, a contagem foi feita a olho nu, sem auxílio de microscópio. As colônias com coliformes totais adquiriram a coloração rosa enquanto as colônias dos coliformes termotolerantes obtiveram a cor azul.

**Cálculo dos resultados.** Para a obtenção dos resultados finais de cada amostra, foram contados os quadros da membrana que desenvolveram colônias, a quantidade de colônias encontradas – Unidades Formadoras de Colônia (UFC) – foi multiplicada pelo valor da diluição, no caso 100 vezes. O mesmo procedimento foi aplicado para os coliformes totais.

Os valores de referência para os parâmetros analisados na pesquisa seguiram a portaria 518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005) e a Resolução 537/05 do CONAMA (BRASIL, 2000). Utilizando-se as coordenadas dos poços assim como os valores dos elementos nitrato e cloreto e condutividade elétrica foi criado um banco de dados para inserção destes parâmetros em ambiente SIG, através do software ArcGis 9.1, onde as zonas de isovalores dos elementos investigados foram obtidas através do modelo matemático Inverse Distance Weighted (IDW).

### **Mapeamento**

Por meio de modelo matemático, utilizando o método da Inverse Distance Weighted (IDW) aplicado no software ArcGis 9.1 foram produzidos os principais mapas temáticos do presente estudo, onde se destacam os mapas com isovalores de cloreto, condutividade elétrica e nitrato.

Este modelo é executado através da interpolação dos valores dos elementos investigados pontualmente em cada um dos poços cadastrados. A partir do método do

inverso do peso da distância, o software cria campos de valores iguais e aproxima aqueles de valores diferentes com a média existente entre eles. Dessa forma, nas áreas onde não há dados, o modelo preenche com os valores matematicamente prováveis de ocorrer naquela determinada região.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as amostras coletadas nos 12 poços cadastrados no bairro Habitat Brasil II com suas respectivas coordenadas geográficas se encontram na (tabela 01).

**Tabela 01** - Valores das análises físico-químicas das amostras de água subterrânea, coletadas no bairro Habitat Brasil II, Cacoal – RO.

Poço	Coordenadas (S)	Coordenadas (W)	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	NO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	Coliformes (UFC)
P01	11°25'28.3"	061°28'46.4"	154.3	0.044	46.15	Confluência* (>100)
P02	11°25'27.3"	061°28'46.4"	133.7	0.086	35.5	Confluência* (>100)
P03	11°25'25.7"	061°28'44.9"	64	0.083	14.20	37
P04	11°25'26.1"	061°28'45.1"	53.8	0.0	7.1	Confluência* (>100)
P05	11°25'43.5"	061°28'23.9"	72.8	0.537	10.65	Confluência* (>100)
P06	11°25'23.6"	061°28'42.9"	61.8	1.923	14.2	Confluência* (>100)
P07	11°25'25.4"	061°28'44.8"	86.2	0.130	17.75	Confluência* (>100)
P08	11°25'25.2"	061°28'45.9"	93.8	0.038	26.62	Confluência* (>100)
P09	11°25'23.5"	061°28'45.8"	59.6	0.091	4.61	Confluência* (>100)
P10	11°25'29.4"	061°28'52.3"	135.1	0.085	35,5	Confluência* (>100)
P11	11°25'21.1"	061°28'51.6"	151.9	0.285	45.085	Confluência* (>100)
P12	11°25'24.0"	061°28'43.8"	81.3	0.095	22.33	4

\* Contagens acima de 100 UFC por cada 100 ml de amostra analisada.

### Condutividade Elétrica

Na análise da condutividade elétrica, de acordo com os dados da tabela 1, 100% dos poços investigados apresentaram valores acima do padrão. Na região amazônica, valores de condutividade elétrica compreendidos entre 10  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  a 40  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$  são considerados como background regional das águas subterrâneas (Campos, 2003). Em 33.33% dos poços, os valores obtidos para este parâmetro foram superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , evidenciando mais uma vez a influência antrópica na qualidade das águas subterrâneas.

A condutividade elétrica da água constitui um parâmetro físico que corresponde à quantidade de íons dissolvidos em seu meio e varia com a temperatura, mobilidade e valência dos íons presentes (Custodio e Llamas, 1976). Este parâmetro está intrinsecamente correlacionado à geologia de cada localidade, ou seja, o arcabouço de rochas, minerais e sedimentos que constituem uma determinada região, os quais influenciarão diretamente os íons que vão compor as águas superficiais e subterrâneas.

### **Nitrato**

De acordo com as análises realizadas (Tabela 01), 100% dos poços investigados apresentam concentrações de nitrato abaixo do valor de 10 mg/l, estabelecidos pela resolução 537/05 do CONAMA e portaria 518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2000).

Alguns autores consideram que concentrações superiores a 3 mg/l em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênicas. Em grandes cidades, onde a ação antropogênica é maior, as concentrações de nitrato em águas de poços apresentam valores diferentes. Estudos realizados por Alaburda e Nishihara (1998) demonstraram que 4,0% das amostras de água de poços da Grande São Paulo (24 amostras) apresentaram níveis de nitrato superiores aos recomendados pela legislação.

O nitrato geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas. O seu consumo por meio das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia, especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (Bouchard et al, 1992).

O desenvolvimento da metemoglobinemia a partir do nitrato nas águas potáveis depende da conversão bacteriana deste para nitrito durante a digestão, o que pode ocorrer na saliva e no trato gastrointestinal (Awwa, 1990; Mato, 1996).

### **Cloreto**

Conforme a portaria 518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005) e a resolução 537/05 do CONAMA (BRASIL, 2000), o valor máximo de potabilidade da água para o elemento cloreto (Cl<sup>-</sup>) é de 250 mg/l. De acordo com os dados da tabela 01, os valores identificados na água subterrânea dos poços cacimba investigados encontram-se todos abaixo deste nível, não apresentando risco para a população local.



Valores superiores ao recomendado, embora sejam favoráveis para aumentar a ação bactericida do cloro residual por formar uma porcentagem importante de  $\text{ClO}^-$  (hipoclorito), o qual é extremamente eficaz contra microorganismos, apresenta um risco importante de agressividade contra os materiais que constituem as tubulações, não somente diminuindo a vida útil dos mesmos, mas, sobretudo, podendo deteriorar a qualidade da água tratada, pela dissolução de produtos oriundos da própria corrosão e/ou do meio externo, como consequência da quebra da estanqueidade das tubulações (Freitas et al, 2001).

### **Coliformes Totais e Termotolerantes**

No Brasil, a Portaria 518/2004 (BRASIL, 2005) do Ministério da Saúde define os padrões de potabilidade da água com base nas exigências da OMS (Organização Mundial de Saúde). Este documento define que para que a água seja potável, deve haver ausência de Coliformes totais e termotolerantes numa amostra de 100 mL.

Ao todo, 10 das amostras analisadas possuíam uma alta carga para coliformes em quantidades acima de 100 UFC por 100 mL. Porém, todas elas apresentaram coliformes.

Estudos realizados por Freitas et al (2001) demonstraram contaminação em 50% das amostras de água analisadas em poços de bairros do Rio de Janeiro.

Em nosso estudo, ficaram evidentes as precárias condições de higiene em que se encontra a grande maioria dos poços cadastrados no bairro habitat Brasil II. Nestes observa-se a falta de impermeabilização do solo ao redor dos poços, a falta de uma tampa de proteção na boca dos poços, assim como o amontoado de lixo ou material descartado nas proximidades dos mesmos.

Foi observada durante o desenvolvimento da presente pesquisa a presença de latrinas localizadas a céu aberto e sem nenhum tipo de proteção ao solo, sendo todos os dejetos liberados diretamente sobre a calçada ou na rua, correspondendo a uma potencial fonte de contaminação aos recursos naturais, atingindo em especial águas subterrâneas.

Estes resultados evidenciam que a contaminação da água pode ocorrer no próprio domicílio, por falta de manutenção do reservatório, pela sua localização, pela ausência de cuidados com o manuseio e higiene e, também, pelo tipo de material que é empregado na construção da cisterna.

**Figura 04** - Poço apresentando péssimas condições de higiene.



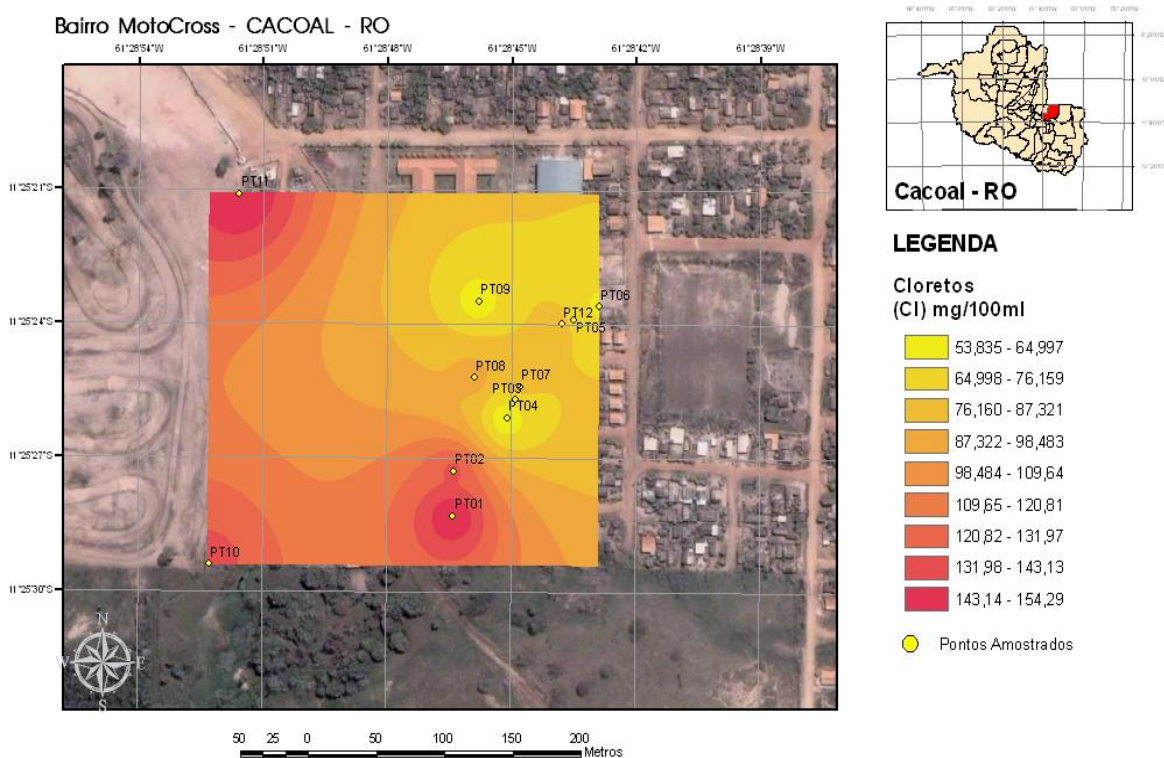
**Fonte:** Rodrigo Nunes 14/10/2009

### Mapas de isoconcentração

A metodologia adotada para mapear as zonas homólogas de cloreto (figura 5), condutividade elétrica (figura 6) e nitrato (figura 7) foi a mesma. Por meio do modelo matemático da Inverse Distance Weighted obtido pelo software ArcGis 9.1, foi determinado que as zonas amarelas simulam as menores concentrações, enquanto que, as regiões vermelhas do mapa representam as áreas com os maiores teores destes elementos.

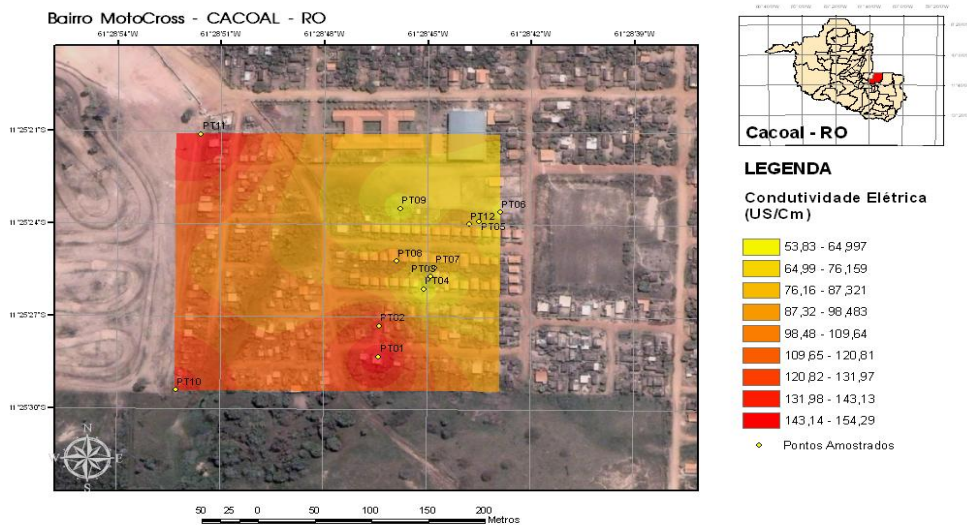
De acordo com o mapa da figura 13, as maiores concentrações de cloreto foram identificadas nos poços 01, 02, 10 e 11.

**Figura 5** – Mapa de isoconcentrações de cloreto no bairro Habitat Brasil II.



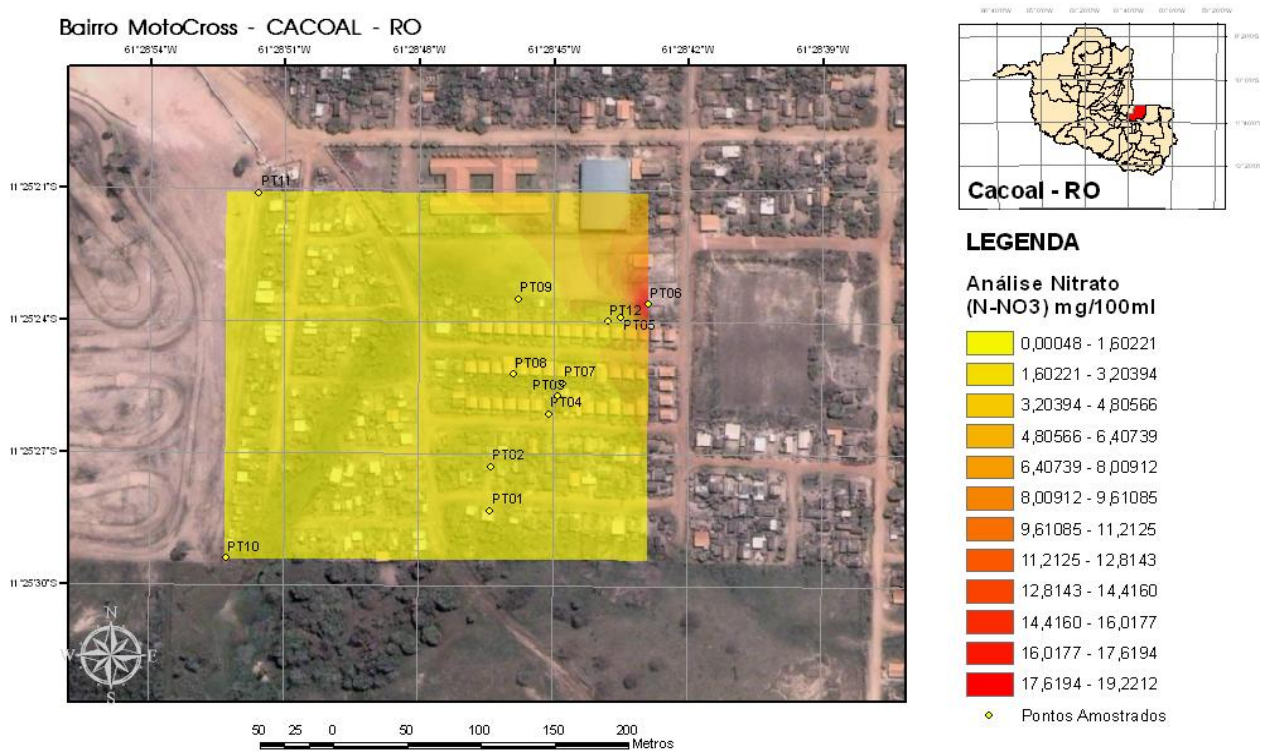
Em relação à condutividade elétrica (figura 6) destacam-se os poços 01, 02,10 e 11. Em ambos, os valores identificados para a condutividade elétrica foram elevados, porem abaixo de  $250 \mu\text{S}\cdot\text{CM}^{-1}$ . O mapa produzido pelo modelo matemático utilizado ilustra as demais áreas com coloração amarelo claro; no entanto, vale destacar que, cerca de 33.33% das amostras encontram-se acima de  $100\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , evidenciando a influência antrópica na alteração da qualidade das águas.

**Figura 6** – Mapa de isoconcentrações de Condutividade elétrica no bairro Habitat Brasil II.



A figura 7 mostra as áreas de isoconcentração de nitrato. As áreas amarelas indicam as regiões onde os teores de nitrato apresentaram valores mais baixos enquanto que, as áreas vermelhas do mapa representam as regiões cujos teores identificados apresentaram-se mais elevados. De acordo com o mapa de isoconcentrações de nitrato apresentado na figura 7, os teores mais elevados foram identificados no poços 05, 06,07 e 11.

**Figura 7** – Mapa de isoconcentrações de Nitrato no bairro Habitat Brasil II.



## CONCLUSÃO

As análises de água dos poços do Bairro Habitat Brasil II, no município de Cacoal (RO), indicaram elevada contaminação por coliformes fecais, resultado da alta densidade de sistemas de saneamento *in situ*. Desta forma, a avaliação da área de risco selecionada obteve resultados significativos, constatando-se então a importância do estudo proposto.

Estes resultados podem, portanto, ser estendidos às demais áreas de risco. A partir daí, concluímos que mesmos os locais com baixos índices de vulnerabilidade serão susceptíveis à contaminação, quando sujeitos à disposição elevada contínua de contaminantes.

A interpretação da condutividade elétrica analisada conjuntamente com o mapeamento da pluma de contaminação, quando possível, pela medição dos íons cloreto e nitrato, pode ser um bom parâmetro adicional indicativo para a identificação da degradação das águas subterrâneas por sistemas de saneamento *in situ*.

Houve uma correlação entre o mapeamento de áreas com seus devidos elementos proposto na pesquisa. Apenas o elemento nitrato não apresentou esta tendência, podendo assim estar discutindo a relação da profundidade de poços com o aumento do teor de Nitrato.

Os poços na área da pesquisa, na maioria dos casos, são mal construídos e mal conservados, estando algumas vezes totalmente abertos, possibilitando a entrada de muitos contaminantes, sendo então a superfície uma importante via de contaminação das águas subterrâneas.

Por meio deste estudo, podemos verificar que o crescimento desordenado da população, associado à inoperância governamental no que tange à disponibilização de recursos hídricos pode levar a disseminação de meios alternativos para a obtenção de água, gerando assim problemas graves de saúde pública.

## REFERÊNCIAS

- Alaburda J, Nishihara L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. Revista de Saúde Pública, 32:160-165, 1998.
- AWWA (American Water Works Association), Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies. New York: Mcgraw Hill, 1990.
- Bouchard DC, Williams MD, Surampalli RY. Nitrate contamination of ground water sources and potential health effects. Journal of the American Water Works Association, 84:85-90, 1992.
- Brasil, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental Portaria MS n.º 518/2004. Ministério da Saúde, Brasília, 2005.
- Brasil, Ministério do Meio a Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Resolução, n.º 537, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2000.
- Campos JCV. A problemática dos recursos hídricos subterrâneos na Amazônia na visão do Serviço Geológico do Brasil – CPRM. I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. Petrópolis, Rio de Janeiro, pp. 133-141, 2003.
- Feitosa FAC, Filho JM. Hidrogeologia: Conceitos e aplicações, 2º Edição. CPRM/REFO, LABHID – UFPE. Fortaleza – CE, p. 391, 2000.
- Ferreira LMR, Hirata RCA. Determinação de Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas por Sistemas de Saneamento *in situ*. X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Gramado, RS. pp. 443-452, 1993.

- Freitas MB, Almeida LM. Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 1998.
- Freitas MB, Brilhante OM, Almeida LM. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cad. Saúde Pública vol.17 no.3 Rio de Janeiro, 2001.
- IBGE, Cidades. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. acesso em: 14/10/09
- Leser WS, Barbosa V, Baruzzi RG, Ribeiro MDB, Franco LJ. Elementos de Epidemiologia Geral. São Paulo. Atheneu, 1985.
- Maia Neto RF. Água para o desenvolvimento sustentável. A Água em Revista. 5(9): 21- 32, 1997.
- Mato AP. Determinação de Nitratos, Nitritos e Prováveis Fontes de Contaminação em Águas de Poços e sua Influência na Metemoglobinemia Infantil. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Universidade Mackenzie, 1996.
- Mattos MLT, Silva MD. Controle da qualidade microbiológica das águas de consumo na micro bacia hidrográfica arroio Passo do Pilão. Art. Comunicado Técnico, RS, 2002.
- Nordberg GF, Goyer RA, Clarkson TW. Impact of effects of acid precipitation on toxicity of metals. Environmental Health Perspectives. 63: 169-80, 1985.
- Silva Filho GN, Oliveira VL. Microbiologia: Manual de aulas práticas, Florianópolis, SC, Editora da UFSC, p.104-121, 2004.
- SAAE-CACOAL Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Cacoal. Centro de Processamento de Dados. Dados obtidos in loco, no dia 20/10/2009
- Uhly S, Souza EL. A questão da água na grande Belém. Fundação Heinrich Böll. Belém – PA, 182p. 2004.