

KRIGAGEM INDICATIVA APLICADA À PESQUISA DE NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ÁREA URBANA DE PORTO VELHO-RO

Maria Lucilene Alves de Lima¹; Homero Reis de Melo Júnior²;
Carlos Alberto Paraguassu Chaves³ & Flávio Batista Simão⁴

Resumo - O presente estudo avaliou a qualidade das águas subterrâneas potencialmente impactadas por nitrato (NO_3^-), através de análise geostatística, na Zona 3 da cidade de Porto Velho-RO. Na oportunidade foram cadastrados noventa poços rasos utilizados para abastecimento da população, que determinou o teor de nitrato no aquífero livre. A Zona 3 é constituída por treze bairros, destes somente três bairros possuem parcialmente rede de distribuição de água tratada. 100% da área enfocada não dispõem de rede coletora de esgotos. Constatou-se o comprometimento da potabilidade em 33% dos poços analisados, onde foram detectados teores de nitrato acima ou muito próximo de 10 mg/L, limite máximo permitido, de acordo com a Portaria nº. 518/2004/MS, em águas para o consumo humano. Enquanto que, em 66% das amostras foram identificados teores maiores que 3 mg/L, o qual indica alteração química da qualidade água por atividades antropogênicas. O nitrato, além de causar doenças pela presença de agentes patogênicos é potencialmente cancerígeno.

Abstract - This research assessed groundwater quality potentially threatened by nitrate (NO_3^-), throughout geo statistical analyses, performed on Zone 3 at Porto Velho municipality, Rondonia Estate, Brazil. The study carried out ninety shallow wells cadastre, used for local people for drinking water which allowed obtains the nitrate levels in unconfined aquifer. The Zone 3 is composed by thirteen neighborhoods where, only three access partially drinking water from distribution systems available by Estate Sanitation Company. 100% focused area has no sewer collect system. The groundwater quality was altered in 33% of analyzed wells, where nitrate levels reached over or very close to 10 mg/L, highest value allowed by Brazilian Legislation (Portaria nº. 518/2004/MS) for drinking water. Was denoted, yet, 66% of sampled water reached over 3 mg/L, indicating anthropogenic alteration on groundwater. Nitrate is responsible for disease causes by pathogenic agents presence and be considered a potential carcinogenic element.

Palavras Chave: Água Subterrânea. Nitrato. *Krigagem* Indicativa.

¹ Mestranda em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia – UNIR, BR-364 Km 9,5 fone: 2182-2190. marialucil@gmail.com.

² CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Av. Lauro Sodré, 2561, fone: 69-3901-3700, homero@pv.cprm.gov.br.

³ Departamento de Geografia da Universidade Federal de Rondônia. pchaves@unir.br BR 364, Km 9,5.

⁴ Departamento de Matemática da Universidade Federal de Rondônia. simao@unir.br. BR 364, Km 9,5.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, muito se especula sobre as atividades humanas causadoras de poluição ambiental nas áreas urbanas das cidades, principalmente, quando estas atividades se tornam uma ameaça de degradação dos recursos hídricos subterrâneos. Na cidade de Porto Velho, é comum a prática da exploração das águas subterrâneas, especialmente nos bairros periféricos, onde os serviços de saneamento básico são insuficientes.

Aproximadamente 33% da população urbana de Porto Velho é abastecida por água subterrânea, uma vez que, esta é uma alternativa de baixo custo e acessível a todos. Outro agravante na cidade é a inexistência de rede coletora de esgotos. A ineficiência desses serviços obriga a população local a construir fossas negras e sépticas para deposição de efluentes e poços rasos para suprimento de água dentro das imediações de seus terrenos (Melo Junior *et al.*, 2006), o que, na prática, contamina as águas subterrâneas, possibilitando conseqüências drásticas e influências negativas na vida das pessoas.

Este estudo originou-se a partir da realidade local, semelhante aos demais estados brasileiros. Segundo dados do IBGE (2004), 41% da população brasileira, o que corresponde a aproximadamente 69 milhões de pessoas, utilizam fossas rudimentares ou não possuem qualquer sistema de saneamento e somente 32% estão conectadas devidamente à rede de esgotos. Este procedimento se manifesta na deposição inadequada dos efluentes, os quais, muitas vezes, diretamente no aquífero.

Na região norte do Brasil, a situação é ainda mais grave. Somente 6% dos municípios possuem rede coletora de esgotos sanitários e 54,6% possuem rede de distribuição de água tratada (IBGE, 2004).

Em decorrência destes fatos a água subterrânea, pode ter a sua qualidade comprometida pela falta de esgoto sanitário nas áreas urbanas, onde estão presentes diferentes substâncias, de origem antropogênica. Sendo assim, este estudo enfocou o agente químico nitrato, originado do nitrogênio nas águas subterrâneas na Zona 3 (sul) da cidade de Porto Velho.

O nitrato ocorre naturalmente nas águas subterrâneas, mas a sua presença em concentrações elevadas é resultante de atividades humanas, principalmente devido o uso de sistemas de saneamento *in situ*, onde as substâncias nitrogenadas dos resíduos orgânicos são oxidadas por reações químicas e biológicas e o resultado é a presença de nitrato no solo. O nitrato é extremamente solúvel na água e pode se mover facilmente, contaminando o aquífero a longa distância, devido a sua persistência e mobilidade (Freeze & Cherry, 1979).

Está regulamentado na Legislação Federal, Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde e da Organização Mundial de Saúde (OMS), que dispõe sobre o sistema de abastecimento de água,

público ou individual, que água contendo concentrações superiores a 10 mg/L de nitrogênio (N), na forma de nitrato (NO_3^-) é imprópria para o consumo humano.

2. ASPECTOS DO MEIO FISICO DA CIDADE DE PORTO VELHO

O município de Porto Velho, localizado na região noroeste do Estado de Rondônia, foi influenciado, principalmente, pela a construção da Ferrovia Madeira-Mamoré (1907-1912) e teve sua ocupação iniciada em uma pequena porção da margem direita do rio Madeira (Silva, 1991).

Na geologia local predomina a formação Rio Madeira, de idade pleistocênica colúvio-aluvionar, além de lateritos imaturos (Rizzoto & Quadros, 2007). Encontram-se ainda Latossolos, Podzólicos, Concrecionários e solos Glei. Os latossolos amplamente dominantes na área abrangida são comumente bastante intemperizados. Possui uma boa drenagem, favorecendo o desenvolvimento dos sistemas radiculares. Porém, são ao mesmo tempo, resistentes à erosão. A formação Rio Madeira é o principal aquífero fornecedor de água subterrânea para a população local. Nestas condições, a geologia possibilita a construção de poços rasos, a baixo custo, com no máximo 12 metros de profundidade.

O clima na cidade de Porto Velho corresponde ao tipo quente e úmido, com extremos índices pluviométricos registrados entre 1600 mm e 2300 mm/ano. A temperatura média anual gira em torno de 26°C e a umidade relativa média anual chega a 85% (Fernandes & Guimarães, 2003).

Este estudo foi desenvolvido na Zona 3, abrangendo toda a parte Sul da cidade, compreendendo uma área urbana de 19,44 Km². Possui 19.033 domicílios particulares permanentes, onde vivem aproximadamente 77.155 habitantes (IBGE, 2000), distribuídos em treze bairros: Nova Floresta, Floresta, Eldorado, Aeroclube, Cohab Floresta, Castanheira, Caladinho, Novo Horizonte, Conceição, Cidade do Lobo, Cidade Nova, Eletronorte e Areia Branca.

2.1. Saneamento Básico Local

O abastecimento de água é fornecido para 20% dos domicílios através de rede geral de distribuição, em quadras alternadas e com abastecimento intermitente (CAERD, 2006) sendo que, os 80% restantes são abastecidos por poços amazonas ou cacimba construídos pelos próprios moradores. Na Zona 3, não existe rede coletora de esgotos, sendo que estes são lançados diretamente no solo, em valas negras ou em córregos que cortam a região. As características geológicas locais (material arenoso) favorecem processos de infiltração das águas e de cargas contaminantes, oriundas do sistema séptico utilizado pela população local.

Os serviços de infra-estrutura oferecidos a esta região da capital são incapazes de atender, a contento, sua população. Existe, nesta área ainda, o lançamento de efluentes do segundo maior hospital público da cidade, localizado na porção norte da Zona 3, no bairro Nova Floresta, podendo fornecer vários tipos de compostos físicos, químicos e biológicos além das fossas negras e sépticas, como possíveis fontes de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas.

Muitos poços rasos apresentam construções bastante precárias, inadequadas, sem condições de proteção, com cobertura em tábuas (pedaços de madeira), outros totalmente desprotegidos e, ainda outros, ao lado de fossas. Podendo servir de caminho ou facilitar o aporte de contaminantes ao aquífero.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo trata-se de um estudo de característica descritiva, com coleta de dados do tipo quantitativa, compreendendo um período de cinco meses. O principal objetivo foi medir os teores de nitrogênio, na forma de nitrato (NO_3^-), no Aquífero Livre da Zona 3 da cidade de Porto Velho, através dos poços rasos.

Este tipo de poço capta água do lençol freático e possui geralmente profundidade na ordem de até vinte metros. Optou-se pelos poços que tinham bomba elétrica instalada, possibilitando a coleta da água na saída do poço antes de ir para caixa d'água, conforme a metodologia proposta por Derisio & Souza (1997).

Utilizou-se Amostragem Aleatória Estratificada para selecionar os poços dentro da área da Zona 3 (Freund & Simon, 2000) e as coletas de água procederam-se de acordo com o *Standard Methods for the Examination for Water and Wasterwater* (APHA, 1998), juntamente com a metodologia proposta no guia Coleta e Preservação de Amostra de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (Batalha, 1993) adotadas pelo Laboratório de Análise Ambiental da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM em Rondônia.

Os teores de nitrato foram obtidos através do método de espectrofotometria, com uso do Espectrofotômetro.

3.1 Krigagem

A análise estatística da pluma de contaminação por nitrato no aquífero livre constituído pela formação Rio Madeira onde está situada a Zona 3 procedeu-se através da *Krigagem*, esta é denominada como estimador espacial de variáveis regionalizadas a partir de valores adjacentes enquanto considerados independentes na análise variográfica. Segundo Isaak & Srivastava (1989)

por meio da *Krigagem*, pode-se obter a previsão do valor pontual de uma variável regionalizada e em um local específico dentro do espaço geométrico (trata-se de um procedimento exato de interpolação que leva em consideração todos os valores observados).

Além disso, a *Krigagem* fornece, em geral, estimativas não tendenciosas e com variância mínima (LANDIM, 2003). Portanto a *Krigagem* reúne diversos tipos de métodos de estimação, neste estudo abordou-se a *Krigagem* Indicativa.

Para Landim (2003) através do método da *Krigagem* Ordinária é possível elaborar estimativas de proporções para determinados valores que estão abaixo ou acima de um determinado nível de corte (*percentis*) de uma distribuição acumulada em determinado local; e , em seguida transforma-se os dados em indicadores, definida pela seguinte expressão:

$$i_j(v_c) = \begin{cases} 1, se & v_j \leq v_c \\ 0, se & v_j > v_c \end{cases}$$

onde: v_j = valor observado
 v_c = valor do nível de corte

E a função de distribuição acumulada dos valores abaixo do nível de corte é definida por:

$$F(v_c) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n i_j(v_c)$$

E de valores acima do nível de corte: $\hat{F}(v_c) = \sum_{j=1}^n w_j i_j(v_c)$

onde: W_j = os pesos.
 i_j = os indicadores
 v_c = nível de corte

Onde a condição de não viés é: $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

Portanto, a distribuição espacial para um local dentro de uma região A é dada por:

$$\phi(A, V_c) = \frac{1}{A} \int_{x \in A} i(x, v_c) dx$$

onde:

$\phi(A, v_c)$ = distribuição espacial dos valores no local, dentro de uma região A e V_c é o nível de corte.

Assim, $\phi(A, V_c)$ é uma variável aleatória. Logo, o valor esperado é definido por:

$$\begin{aligned} E[\phi(A, V_c)] &= \frac{1}{4} E \int_{x \in A} [I(X, V_c)] dx = \frac{1}{4} \int_{x \in A} E[I(X, V_c)] dx \\ &= \frac{1}{A} \int_{x \in A} \{(1)P[V(X) \leq V_c] + (0)P[V(X) \geq V_c]\} dx \\ &= \frac{1}{A} \cdot P[V(X) \leq V_c] \text{ para estacionaridade de } V(x), \\ &= F(V_c) \end{aligned}$$

onde:

$P[V(x) \leq V_c]$ = probabilidade de $V(x) \leq V_c$;

$F(v_c)$ = função de distribuição acumulada univariada.

Os parâmetros da *Krigagem Ordinária* são utilizados para equacionar os parâmetros da *Krigagem Indicativa* que é dada pela expressão:

$$\phi(A, V_c) = \frac{1}{A} \int_{x \in A} i(x, v_c) dx$$

Então, calculam-se os variogramas experimentais indicativos para os diversos níveis de cortes desejados, que podem ser os *percentis* e estabelecidos os modelos variográficos para os mesmos.

Assim sendo, os variogramas indicativos são definidos por:

$$\gamma i(h, v_c) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^n [I(x+h, v_c) - I(x, v_c)]^2$$

Deste modo, emprega-se a *Krigagem Ordinária* para calcular as proporções que estão abaixo dos níveis de corte, previamente estabelecidos. Segundo os quais serão obtidos os mapas de probabilidade de ocorrência.

Com as proporções obtidas, elaboram-se a função de distribuição acumulada para um determinado local da área, para analisar a variável de interesse. Neste estudo foi utilizado para a determinação de teores anômalos de nitrato e de níveis de poluição acima de um teor crítico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Geoestatística e Semivariográfica

Os teores de nitrato (NO_3^-) apresentam distribuição com certa homogeneidade. Valores até 114 mg/L foram detectados. A concentração média de nitrato é 12.96 mg/L e a mediana é 4.8 mg/L.

O predomínio de isovalores de nitrato se manteve abaixo de 10 mg/L em sessenta e oito dos poços amostrados. Nestes termos, não se estabelece a média geral para a área, prevalecendo a mediana, devido ao maior número de ocorrência ser abaixo de 10 mg/L.

A Krigagem estimou valores médios nos locais não amostrados, os maiores teores de nitrato encontrados, serviram de pontos (nó) de referência, que indicaram a tendência da pluma de contaminação no reservatório. Em alguns bairros a contaminação está abaixo da mediana, ou seja, menor que 3 mg/L.

Originou-se dois semivariogramas o primeiro com valores de nitrato menores ou iguais a 3 mg/L, que foram ajustados para o nível de corte um e os valores acima deste limite foram ajustados para o nível de corte zero (Figura 1). Os parâmetros encontrados foram: Efeito Pepita (C_0) = 0,036; Patamar = 0,043 e o Alcance (a) = 1450, resultando no mapa de iso-probabilidade de risco de contaminação por nitrato até 3 mg/L, ilustrado na Figura 2.

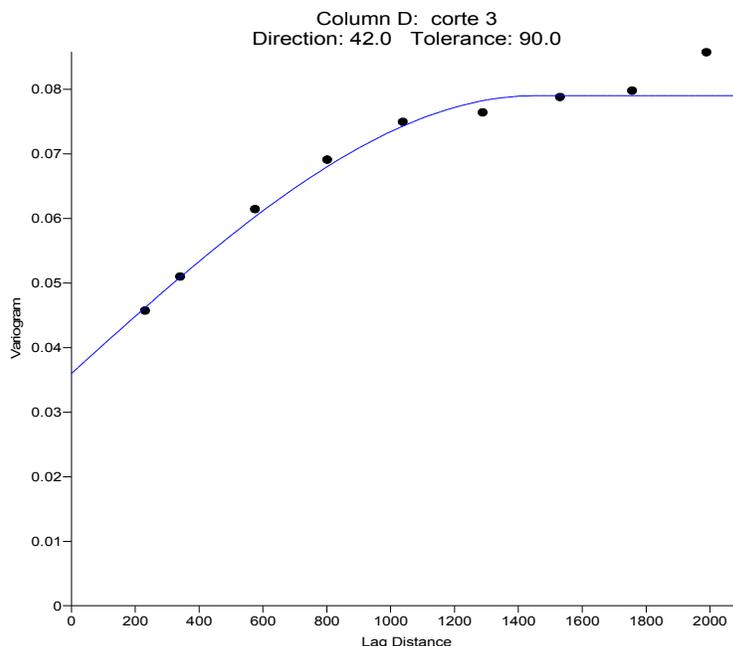


Figura 1: Variograma experimental, ajustado para o nível de corte 3 mg/L de NO_3^-

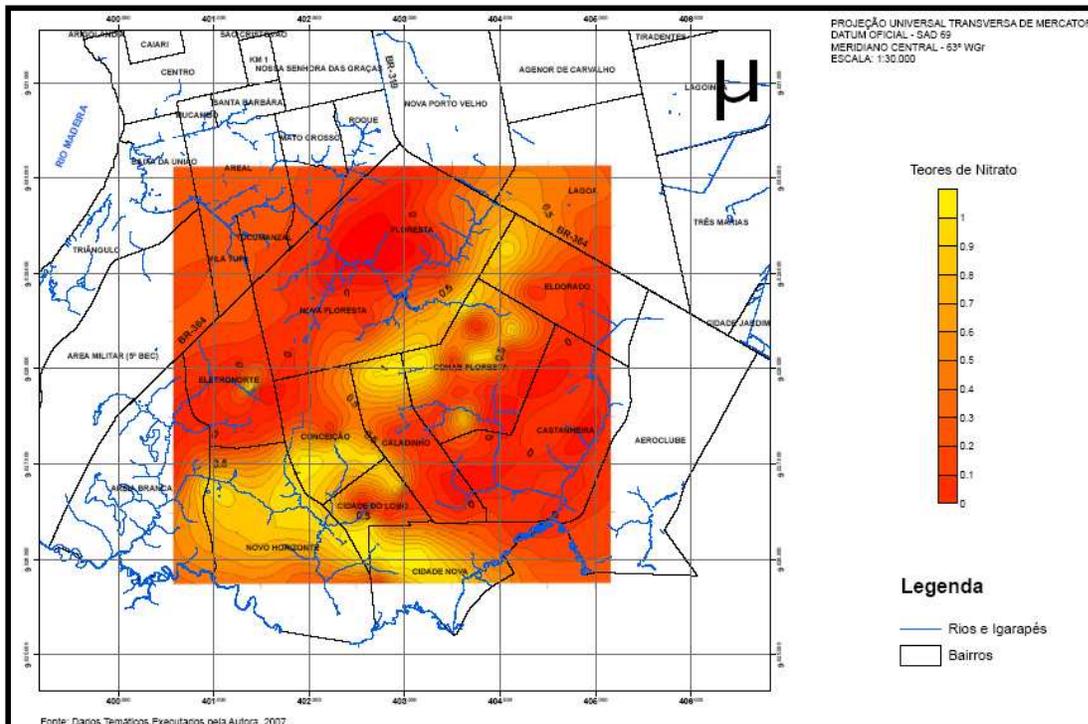


Figura 2: Mapa de iso-probabilidade de risco de contaminação por nitrato até 3 mg/L de nitrato (NO₃).

O segundo variograma (Figura 3), foi para os valores maiores que 10 mg/L os quais foram ajustados para o nível de corte zero, e os valores abaixo deste limite foram ajustados para o nível de corte um. Os parâmetros encontrados foram: Efeito pepita (Co) = 0,015; Patamar = 0,266 e o Alcance = 2000, ilustrado na Figura 4.

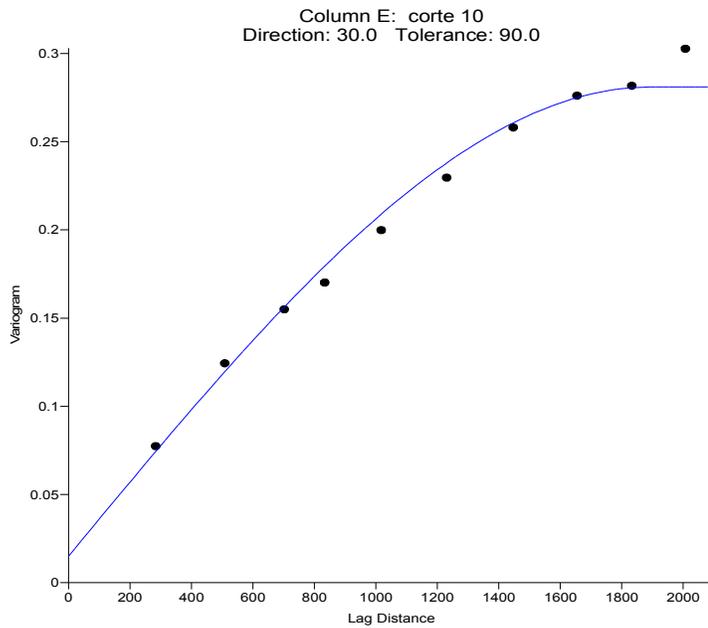


Figura 3: Variograma experimental ajustado para o nível de corte 10 mg/L de NO_3^- .

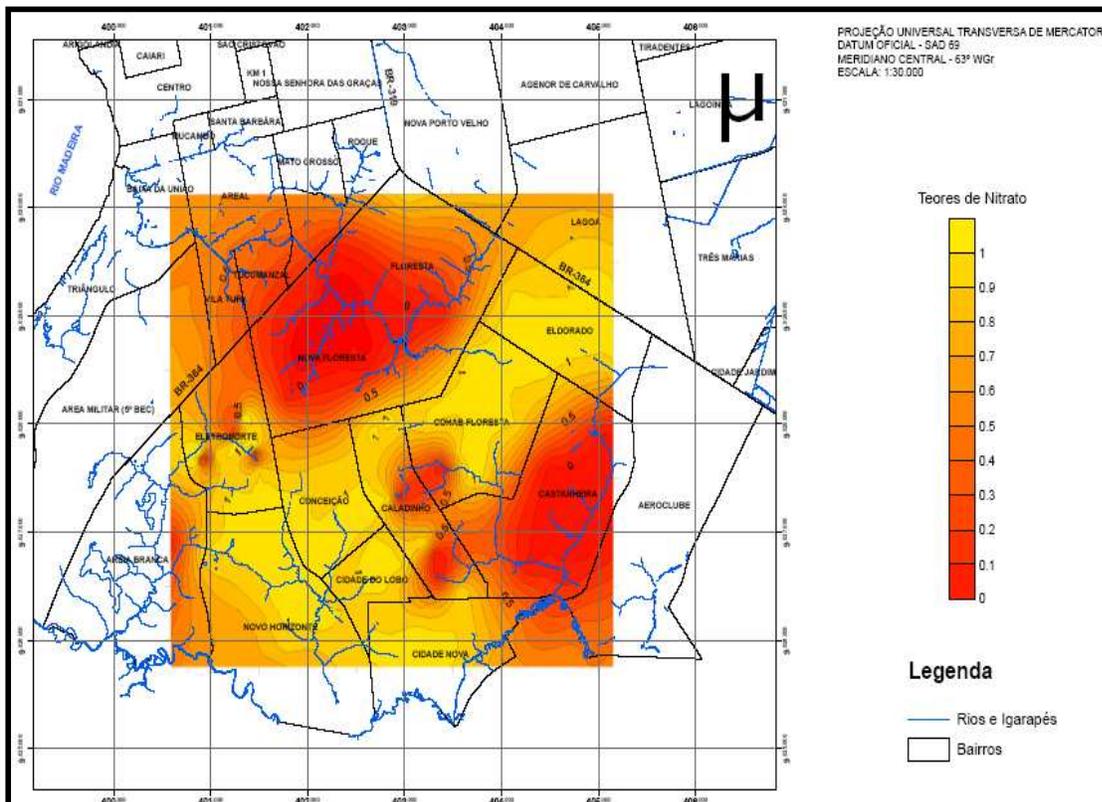


Figura 4: Mapa de iso-probabilidade de risco de contaminação por nitrato (NO_3^-) maior que 10 mg/L.

As águas subterrâneas do aquífero Rio Madeira, na Zona 3 de Porto Velho, estão parcialmente contaminadas por nitrato. Em trinta dos noventa poços pesquisados, ou seja, 33% das amostras de água foram detectados teores de nitrato acima ou muito próximos do limite de 10 mg/L, valor máximo permitido no Brasil para águas destinadas ao consumo humano, conforme a Portaria nº. 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde.

Enquanto que, em sessenta e dois poços, representando 68% das amostras, foram identificados teores maiores que 3 mg/L, o que indica alteração na composição química da água por atividades antropogênicas. Os pontos de amostragem, os poços rasos, utilizados neste estudo, 100% possuem profundidade até 12 metros.

Foi observado que a distribuição dos isovalores de nitrato no reservatório diferencia uma área caracterizada, com valores relativamente baixos, cujo contorno é alongado na direção sudoeste da Zona 3, concordante com a orientação de três bairros menos populosos (Conceição, Areia Branca e Novo Horizonte).

Conforme expressa a Figura 2, a porção clara do mapa a isoconcentração de nitrato é menor que 3 mg/L, apresentando uma reserva hídrica com baixo impacto. Neste local, estão situados os bairros Eldorado, parte do Cohab Floresta, Caladinho, Conceição, Novo Horizonte, Cidade do Lobo e Cidade Nova.

No entanto, a probabilidade da contaminação se estender para o sentido sudoeste e sul da Zona é alta, em virtude da densidade populacional existente no bairro Castanheira. E, estando este localizado no centro leste da Zona, favorece a disseminação das cargas de nitrogênio em todo o aquífero.

O comprometimento parcial na potabilidade das águas subterrâneas na Zona 3, em destaque para as áreas mais densamente povoadas estava dentro do esperado, quando comparados aos estudos realizados por Campos (2003, p. 8) em Mirante da Serra (RO), onde foi encontrado predominância de elevados teores de nitrato (NO_3^-) nas áreas mais densamente povoadas.

Estes resultados são semelhantes aos da Zona 3, somando-se a baixa profundidade dos poços à situação de sub-afloramento e predominância de latossolos, material extremamente poroso; e, ao alto índice pluviométrico na região, favorecendo o processo de lixiviação. Além da precariedade de proteção, os poços estão susceptíveis a influências variadas da superfície. Estes fatores contribuem de forma direta na contaminação das águas subterrâneas.

Na espacialização dos teores de nitrato, expresso na Figura 4, nas cores mais densas do mapa, encontram-se as maiores concentrações de nitrato por mg.

Observa-se, que a maior concentração de nitrato está no sentido noroeste e sudeste da Zona. Nessas áreas estão assentadas as maiores concentrações populacionais nos bairros Castanheira,

Caladinho e Nova Floresta e, conseqüentemente, maiores quantidades de poços e fossas. Outro aspecto na Zona 3 são os canais que cortam a região e são utilizados como receptores dos efluentes.

Este indício de contaminação já era esperado, considerando que a Zona 3, em sua totalidade, não possui rede coletora de esgotos e os efluentes (dejetos) produzidos pela população são lançados no solo, nos córregos e em fossas negras locais.

Esta situação também foi observada por Melo Junior *et al.* (2006), através um mapeamento da pluma de contaminação do aquífero livre, realizado pelo método da Krigagem Indicativa, em um bairro periférico da cidade de Porto Velho (RO), confirmando a associação entre elevadas concentrações de nitrato e alta densidade populacional, devido à inexistência de redes coletoras de esgotos. Este fato representa mais um argumento em favor da interpretação proposta.

Semelhantemente, nos bairros Castanheira, Nova Floresta, Floresta e Caladinho estão as maiores concentrações populacionais e os maiores teores de nitrato. No bairro Cidade Nova a concentração média de nitrato é menor que 3 mg/L, neste local apresenta uma concentração populacional considerável, situação semelhante aos bairros Nova Floresta, Floresta e Caladinho, ocorre que a ocupação deste bairro é recente, justificando, então, a baixa impactação. Situação que necessitaria de monitoramento para avaliar o comportamento da concentração de nitrato com a ocupação do solo.

A carga de nitrogênio subsuperficial liberada, dependendo das características físicas do ambiente, pode atingir áreas vizinhas a sua fonte. Este fato foi observado na área central da Zona, o qual sofre influência da contaminação dos bairros Castanheira, Nova Floresta e Areia Branca, pela grande concentração de nitrato nessas áreas, chegando a dez vezes mais que o recomendado pela Portaria Federal nº. 518/04 do Ministério da Saúde.

Na região estudada as fossas estão disseminadas de forma aleatória, sendo que, a situação é mais crítica nos bairros Castanheira, Caladinho e Nova Floresta, onde a população é maior, contribuindo para elevar a contaminação das águas subterrâneas por compostos do nitrogênio.

É oportuno esclarecer que, a variável nitrato não é suficiente para diagnosticar o grau de contaminação na água. É apenas um dos parâmetros de potabilidade. Os compostos nitrogenados na água apresentam-se de diferentes formas e o nitrato é o resultado final da matéria orgânica em decomposição.

Este estudo comprova que mesmo a fossa estando longe do poço, em torno de dez metros, distância comumente observada, não diferencia o impacto nas águas subterrâneas.

É importante considerar que, havendo a presença de nitrato nas águas, mesmo em concentrações baixas, além de indicar que a contaminação é antiga no ambiente, revela a presença de matéria orgânica associada a bactérias, vírus e parasitas vivos ou em algum dos estágios de

decomposição. Estes agentes são causadores de diversas doenças, principalmente a diarreia aguda e, na forma de nitrato é indicador carcinogênico.

Desta forma, não é aconselhável consumir a água subterrânea do aquífero livre da Zona 3 da cidade de Porto Velho sem tratamento adequado uma vez que, em todos os poços amostrados foi constatada a presença de nitrato.

A relevância dos estudos sobre compostos nitrogenados nas águas de consumo justifica-se pelo fato da fonte de captação de água na Zona 3 ser realizada de maneira individual. O sistema de saneamento básico, especialmente água tratada, é uma atividade complexa e requer uma equipe de profissionais multidisciplinar.

5. CONCLUSÕES

As amostras de água subterrânea do aquífero Rio Madeira, coletadas nos bairros pesquisados, estão parcialmente contaminadas por nitrato, sendo a sua fonte antrópica e multi-pontual oriunda do sistema de saneamento *in situ*, do tipo fossa séptica e valas negras.

A pluma de contaminação foi evidenciada através da *Krigagem* Indicativa. Este método mostrou-se muito satisfatório. Identificou-se duas áreas anômalas no reservatório da Zona 3: uma, com isovalores até 3 mg/L de nitrato, e pequenas manchas, com isovalores abaixo deste limite, localizadas nos bairros Conceição, Novo Horizonte, Caladinho e Cidade Nova, representando baixa contaminação.

Nesses bairros a densidade populacional é menor, originando menores despejos de efluentes. Ainda assim, não é possível descartar a influência da contaminação através dos bairros vizinhos, onde a concentração populacional é maior, e o fato de que a densa rede de canais existentes na Zona 3 recebe esses efluentes e parte do lixo produzido pelos moradores, além do despejo do esgoto do Hospital João Paulo II, no bairro Nova Floresta.

A outra área anômala apresentou alto grau de impactação, identificando-se teores de nitrato acima de 10 mg/L, compreendendo os bairros Floresta, Nova Floresta, partes do Caladinho, Eletronorte e Areia Branca. Nestes locais as águas estão totalmente impróprias para consumo humano.

O nitrato é uma substância química originário do nitrogênio, constituinte da matéria orgânica em decomposição, sendo constatado neste estudo sua presença em teores elevados nas águas subterrâneas do aquífero Rio Madeira na zona sul da cidade de Porto Velho.

Assim sendo, não é recomendável a utilização da água, para consumo direto, sem tratamento. O alto grau de contaminação identificado neste estudo aponta que a contaminação é antiga no aquífero, pelo fato, do nitrato representar a parte final do ciclo do nitrogênio. Neste caso, o aquífero pode estar ou não contaminado por compostos do nitrogênio em fases iniciais (amônia, amônio ou nitrito). Portanto, recomendam-se estudos mais detalhados sobre o ciclo do nitrogênio, neste local.

Encontrou-se um número elevado de domicílios em situação de abandono e, conseqüentemente, os poços desativados foram submetidos a depósitos de lixo ou utilizados como fossas sépticas. Este evento é considerado um agravante na contaminação das águas subterrâneas, muito comum nas áreas identificadas neste estudo.

Pode-se concluir que, a baixa renda é um fator preponderante na contribuição da contaminação da água subterrânea, uma vez que fatores, como a falta de informação e condições sócio-econômicas dos moradores, levam os mesmos a praticarem esses atos, desatentos à trajetória da degradação.

Em um imóvel, cujo teor de nitrato foi o mais elevado deste estudo, chegou a dez vezes o valor recomendado para água potável. Imóvel este, localizado no setor abastecido por água tratada da CAERD. A proprietária do imóvel encontrava-se grávida e em uma situação de extrema pobreza. A mesma afirmou que suas condições financeiras não permitiam pagar o consumo de água mensal, por este motivo a preferência pela água do poço.

Percebeu-se que os moradores da Zona 3 preferem consumir a água do poço, quando esta apresenta característica física límpida. Vale salientar que o nitrato é incolor, dificilmente detectado fora do laboratório.

Estes fatores refletem a situação sócio-econômica da população, pois todo indivíduo contribui para o desenvolvimento da comunidade em que vive, no entanto, quando suas condições financeiras não são suficientes, ele não consegue usufruir dos benefícios oferecidos à comunidade. Desta forma, essa troca fica prejudicada e os indivíduos tornam-se discriminados, necessitando uma maior participação, para o aproveitamento dos benefícios oferecidos pelos órgãos públicos. Ocorre, pois, o processo de exclusão na sociedade e, conseqüentemente, ficam cada vez mais susceptíveis às doenças.

Fica explícito, que os problemas ambientais encontrados na Zona 3, representam a forma sob a qual a problemática social se expressa, confirmada pela observação de que fontes potenciais de contaminação das águas estão relacionadas tanto com a deficiência de infra-estrutura urbana quanto às políticas públicas, incapazes de equacionar estas fontes de contaminação enquanto a população de Porto Velho ainda é inferior a 400 mil habitantes.

Dentro desta perspectiva, foi demonstrado de forma relativa, a influência da ocupação humana sobre o aquífero livre da Zona 3, adicionando compostos nitrogenados a este sistema. Foram aferidas concentrações que tornam a água imprópria para o consumo humano.

Estes dados configuram uma realidade local e atual, embora, desde os tempos remotos, a relação homem-natureza seja discutida e, em pleno século XXI, questões relacionadas ao modo de organização espacial ainda seja assunto relevante, devido aos altos índices de agravos à saúde das populações, principalmente, de baixa renda.

Face à utilização contínua e sem restrição da água dos poços rasos na Zona 3, a população residente no local está sujeita a contaminação bacteriológica e química. Com isso, recomendam-se medidas urgentes, como:

a) Controle, pela CAERD, das atividades e fontes poluidoras, ou seja, a implantação e o gerenciamento de um sistema de saneamento que garanta a coleta e o tratamento do efluente gerado na Zona 3 e a desativação das fossas sépticas e valas negras geradoras de poluição na água subterrânea. Estas medidas possibilitariam a redução das concentrações de nitrato e também diminuiria a probabilidade de contato da população que reside no local.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods for the Examination of water and wastewater*. 17 ed. Washington: 1998. p. 475 - 93.

BATALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. *Controle da Qualidade da Água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. São Paulo: CETESB, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. *Comentários sobre a Portaria nº. 518/2004*: Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 92 p.

BRASIL. Portaria Ministério da Saúde nº. 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2004.

BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. K.; SURAMPALLI, R. Y. *Nitrate Contamination of Ground Water: sources and potential health effects*. J. Am. Water Works Ass. p. 84-90. 1992.

CAERD. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA. *Diagnóstico técnico operacional sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário*: Programa de Saneamento Básico do Estado de Rondônia. Porto Velho: Gerência de Projetos e Obras, 2006. 298 p.

CAMPOS, J. C. V. *Contaminação das águas subterrâneas na cidade de Mirante da Serra (RO)*. Porto Velho: Serviço Geológico do Brasil, 1999. p. 1-11.

CAMPOS, J. C. V. *A problemática dos recursos hídricos subterrâneos na Amazônia na visão do Serviço Geológico do Brasil*. In: I SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 2003, Rio de Janeiro: 2003. p. 133-41.

DERISIO, J. C.; SOUZA, H. B. *Guia Técnico de coleta de amostras de água*. São Paulo: CETESB, 1977. 257 p.

FERNANDES, L. C.; GUIMARÃES, S. C. Governo do Estado de Rondônia. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. Edição digital. SEDAM, Porto Velho, CD ROM, 2003. 143 p.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. *Groundwater Contamination*. New Jersey: Prentice Hall, 1979. 604 p.

FREUND, J. E.; SIMON, G. A. *Estatística Aplicada*. Economia, Administração e Contabilidade. 9. ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2000. 334 p.

HIRATA, R. C. A.; BASTOS, C. R. A.; ROCHA, G. A. (Coord.) *Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo: Páginas e Letras, 1997. 129 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Resultados do Censo Demográfico*. Rio de Janeiro: 2000.

_____. *Atlas de saneamento* - IBGE. Rio de Janeiro: 2004. CD ROM

ISAAK, E. H.; SRIVASTAVA. *An introduction applied geoestatistic*. New York: Oxford University Press, 1989.

ISOTTA, C. A. L. *et al. Projeto Província Estanífera de Rondônia*. Porto Velho: relatório final. MME/DNPM/CPRM, v. I, 1978. 407 p.

LANDIM, P. M. B. *Análise Estatística de Dados Geológicos*. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2003. 254 p.

MELO JUNIOR, H. R. *et.al. Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas em uma Zona Urbana da Amazônia Brasileira: Estudo de caso do bairro Eletronorte, Porto Velho (RO)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14, 2006, Curitiba: Anais. Curitiba: ABAS, 2006. p. 1-20.

RIZZOTO, G.J. & QUADROS, M.L.E.S. 2007. *Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG. Texto Explicativo*. Escala 1:1.000.000. CPRM, Porto Velho (RO).

SILVA, A. G. *Amazônia*. Porto Velho. Porto Velho:1991.