



## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA: ESTUDO DE CASO DE VILHENA – RO

### EVALUATION OF GROUNDWATER QUALITY: VILHENA CASE STUDY - RO

Gislayne Alves Oliveira<sup>1</sup>; Elisabete Lourdes do Nascimento<sup>2</sup>; Ana Lúcia Denardin da Rosa<sup>3</sup>; Leidiane Caroline Lauthartte<sup>4</sup>; Wanderley Rodrigues Bastos<sup>5</sup>; Calina Grazielli Dias Barros<sup>6</sup>; Eloiza Ruschel Cremonese<sup>7</sup>; Amanda Quinhones Bent<sup>8</sup>; Olaf Malm<sup>9</sup>; Jordana Georgin<sup>10</sup>; Adrielen Moraes Corti<sup>11</sup>

Artigo recebido em: 02/03/2015 e aceito para publicação em: 31/07/2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v29i2.28399>

**Abstract:** The groundwater of the Parecis Aquifer (PA) represents the only source of public drinking water supply in the Vilhena City, RO. In this way, an evaluation of water quality determined by physical, chemical and microbiological analyzes can provide data to understand the consumed water conditions. In the present study, two groundwater collections were performed in 12 wells distributed around the city: the first one in the dry season, in August 2013; and the second one in rainy season, in December of 2013. The parameters analyzed were the ionic constituents ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) that were quantified by ion chromatography, while for microbiological analysis, the method utilized was the chromogenic media used in membranes filtration. The parameters pH and turbidity were measured using a portable pH meter, and a portable turbidimeter. The results showed values below the limits established by CONAMA Resolution 396/2008 and the MS Directive 2914/2011 for turbidity and all of ionic constituents, except for nitrate (6 wells) and ammonium (1 well), as well as presence of acid pH. The rainy season presented more contamination by *Escherichia coli* and total coliforms than the dry period, and it can be associated with bad conditions of wells, besides it is an unconfined aquifer, it has been facilitating the flow of possible contaminants. The results shown the importance of a constant monitoring in the water quality in communities that have been using alternative sources, avoiding problems related to human health.

**Keywords:** Water from wells. Contamination. Potability of water.

**Resumo:** As águas subterrâneas do Aquífero Parecis (AP) representam a única fonte explorada para o abastecimento público de água potável do município de Vilhena - RO. Nesse sentido, a avaliação da qualidade da água determinada por análises físicas, químicas e microbiológicas, podem fornecer subsídios para a compreensão das condições da água consumida. No presente estudo, foram realizadas duas coletas de água subterrânea em 12 poços distribuídos na cidade: a primeira no período de estiagem (seca), em agosto de 2013; e a outra no período chuvoso, em dezembro de 2013. Os parâmetros analisados foram os constituintes iônicos ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $NH_3^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ), os quais foram quantificados pela técnica de cromatografia iônica, enquanto que para as análises microbiológicas, o método utilizado foi o de membranas filtrantes em meio cromogênico. Os parâmetros pH e turbidez foram medidos por meio de pHmetro e turbidímetro portáteis. Os resultados apresentaram valores abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008 e Portaria do MS 2.914/2011 para a turbidez e praticamente todos os constituintes iônicos, com exceção do nitrato (6 poços) e de amônia (1 poço), além de um pH ácido. O período chuvoso apresentou maior contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli* que o período de estiagem, podendo estar associado às más condições dos poços, além de ser um aquífero livre, facilitando o escoamento de possíveis contaminantes. Em função dos resultados, destaca-se a importância do monitoramento constante da qualidade da água nas comunidades usuárias de fontes alternativas, evitando problemas à saúde humana.

**Palavras-chave:** Água de poços. Contaminação. Potabilidade da água.

<sup>1-11</sup> Universidade Federal de Rondônia (UFRO) ([gislainy\\_2009@hotmail.com](mailto:gislainy_2009@hotmail.com); [elisabetenascimento05@gmail.com](mailto:elisabetenascimento05@gmail.com); [eng.analucia@yahoo.com.br](mailto:eng.analucia@yahoo.com.br); [leidianequimica@gmail.com](mailto:leidianequimica@gmail.com); [bastos@gmail.com](mailto:bastos@gmail.com); [calina.grazielli@gmail.com](mailto:calina.grazielli@gmail.com); [elo.ruschel@hotmail.com](mailto:elo.ruschel@hotmail.com); [amandabento@hotmail.com](mailto:amandabento@hotmail.com); [olafmalm@gmail.com](mailto:olafmalm@gmail.com); [jordana\\_gin@hotmail.com](mailto:jordana_gin@hotmail.com); [adrielen\\_morais@hotmail.com](mailto:adrielen_morais@hotmail.com))

## 1 INTRODUÇÃO

São muitas as cidades brasileiras que não possuem um sistema de coleta de esgotos que permita um destino ecologicamente correto para os dejetos produzidos por sua população. Dessa forma, os produtos orgânicos e inorgânicos lançados em sistemas rudimentares, fossas negras, ou em fossas sépticas chegam, em muitos casos, com relativa facilidade ao lençol freático, introduzindo substâncias tóxicas e aumentando as concentrações de alguns íons na água subterrânea, além de microrganismos nocivos (SILVA, 2008).

Desta forma, surge a preocupação e o cuidado acerca da contaminação e preservação das águas subterrâneas, demonstradas pela criação de legislações que tratam do gerenciamento dos recursos hídricos, tornando fundamental que este bem seja garantido às próximas gerações, tanto com quantidade como qualidade suficiente para o abastecimento humano.

A qualidade das águas depende das condições geológicas e geomorfológicas e da cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de água doce e das ações antrópicas. As ações do homem que mais podem influenciar a qualidade da água são: (a) lançamento de cargas de esgoto nos sistemas hídricos; (b) alteração do uso do solo rural e urbano; e (c) modificações no sistema fluvial (TUCCI, 2003).

Existem diversos tipos de poços para captação de água, cada um característico de uma região e da profundidade da água subterrânea. Os tipos de poços empregados na captação de água do lençol freático são o raso comum, o amazonas e o tubular (MEDEIROS e FERNANDES, 2013).

De acordo com Medeiros e Fernandes (2013), o poço raso comum é um poço construído escavando-se o terreno, em geral na forma cilíndrica, com ou sem revestimento,

com diâmetro da ordem de 1 a 4 metros e profundidade variando de 5 a 20 metros. O poço amazonas difere do raso comum devido sua construção na região amazônica onde o terreno é muito instável por excesso de água no solo, sendo caracterizado por seu método construtivo, em que a fôrma do poço é uma manilha de concreto. Já os poços tubulares apresentam pequenos diâmetros e variam de dezenas a centenas de metros, muitas vezes revestidos com tubos intercalados com filtros.

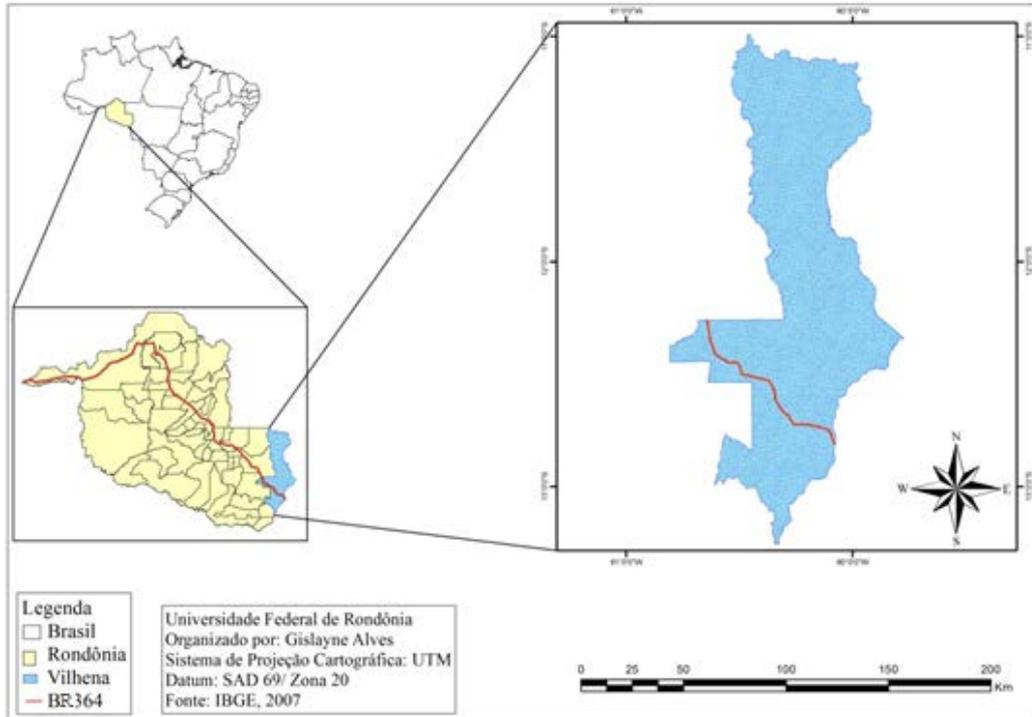
Assim, o objetivo do trabalho é apresentar uma avaliação da qualidade física, química e microbiológica da água de poços de captação no município de Vilhena - RO e comparar os resultados obtidos aos padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008 e pela Portaria 2.914/MS/2011.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

No estado de Rondônia, a bacia dos Parecis está localizada no seu extremo sul ocupando área de 32.000 km<sup>2</sup>. Está inserida nas Bacias hidrográficas dos rios Machado e Rosevelt. Sua altitude oscila de 200 a 400 m (planalto dissecado dos Parecis) até cerca de 650 m na cidade de Vilhena (chapada dos Parecis). Apresenta índice pluviométrico anual entre 1.900 e 2.000 mm (CPRM, 2012).

De acordo com a Agência Nacional de Água - ANA (2005) o Aquífero Parecis se enquadra no tipo poroso e livre. Corresponde às formações cenozoicas e às bacias sedimentares, as quais detêm os aquíferos de maior expressão em termos de extensão, profundidade e produtividade (ANA, 2010).

O município de Vilhena localiza-se na região sul do estado de Rondônia (FIGURA 1), distante 701 km da capital Porto Velho, situado às coordenadas, latitude 12°44'26" sul e longitude 60°08'45" oeste (SEPLAN, 2008), sendo o município totalmente abastecido por água subterrânea.

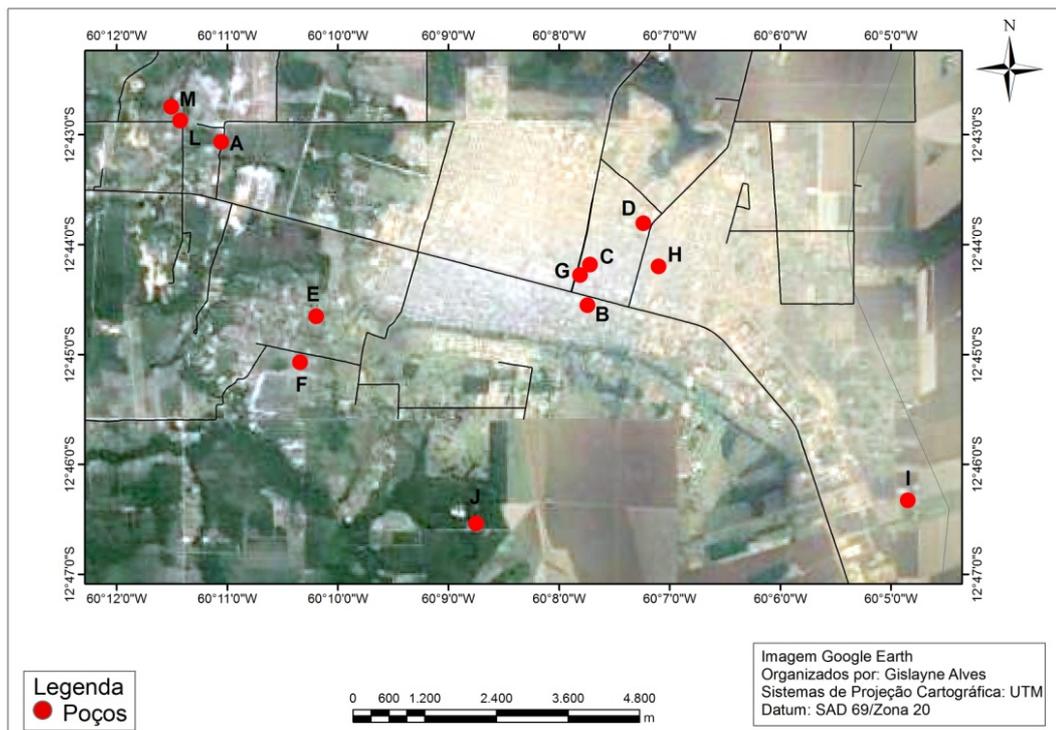


**Figura 1** - Localização do município de Vilhena, Rondônia

**Figure 1** - Location of the municipality of Vilhena, Rondônia

O clima em Rondônia é equatorial, com transição tropical; quente, durante todo ano, com temperatura média anual de 24 °C. A precipitação média anual durante um período de

25 anos foi de 2.081 mm. A distribuição da precipitação ao longo do ano é bastante irregular (SEDAM, 2010). A localização dos poços de coleta é apresentada na figura 2.



**Figura 2** - Localização dos poços amostrados para o estudo (modificado do Google Earth)

**Figure 2** - Location of sampling wells for the study (modified from Google Earth)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas 12 amostras de água subterrâneas para determinação da qualidade da água, sendo 8 de poços tubulares e 4 de po-

ços amazonas (TABELA 1), realizadas em agosto de 2013, que representa o período de estiagem (seca) da região, e dezembro de 2013, representando o período chuvoso.

**Tabela 1** - Características dos poços analisados  
**Table 1** - Characteristics of analyzed wells

Poço	Tipo	Latitude	Longitude	NE* (m)	Localização	Características
A	Tubular	12° 43' 04"	60° 11' 03,3"	8	Zona urbana	Hospital
B	Tubular	12° 44' 33,2"	60° 07' 44,7"	24	Zona urbana	Prédio residencial
C	Tubular	12° 44' 11,1"	60° 07' 43,3"	NC**	Zona urbana	Construção
D	Tubular	12° 43' 48,5"	60° 07' 14,4"	16	Zona urbana	Escola
E	Tubular	12° 44' 39,3"	60° 10' 11,8"	18	Zona urbana	Campo de futebol
F	Amazonas	12° 45' 04,4"	60° 10' 20,5"	NC**	Zona rural	Pastagem
G	Tubular	12° 44' 16,7"	60° 07' 48,6"	23	Zona urbana	Igreja
H	Tubular	12° 44' 12,1"	60° 07' 06,1"	18	Zona urbana	Escola
I	Tubular	12° 46' 19,8"	60° 04' 50,9"	NC**	Zona urbana	Granja
J	Amazonas	12° 46' 32,5"	60° 08' 45,1"	NC**	Zona rural	Más condições
L	Amazonas	12° 42' 52,4"	60° 11' 25,5"	NC**	Zona rural	Más condições
M	Amazonas	12° 42' 44,8"	60° 11' 30,3"	NC**	Zona rural	Más condições

\*NE – Nível Estático

\*\*NC – Não consta

Alguns dos procedimentos relacionados aos parâmetros físico-químicos nas amostras de água foram realizados em campo e logo após a coleta, como pH e a turbidez. As demais análises, tais como: coliformes totais e coliformes termotolerantes (*E. coli*) (APHA, 1995), sódio ( $\text{Na}^+$ ), amônia ( $\text{NH}_3^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), fluoreto ( $\text{F}^-$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), brometo ( $\text{Br}^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (cromatografia iônica) foram realizadas no laboratório de Microbiologia e Limnologia Ambiental (*campus* Ji-Paraná), laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer (*campus* Porto Velho) da Universidade Federal de Rondônia, seguindo as metodologias reconhecidas.

Para elaboração dos planos de informação, utilizou-se o Programa Surfer 8.0, com o método “krigagem”, o qual corresponde a um procedimento geoestatístico de interpolação, admitindo-se uma estimativa para uma certa

área, já que os valores que foram adicionados ao software para confeccionar os mapas foram pontuais.

Na validação dos resultados, buscando verificar se houve diferença nos resultados obtidos entre os períodos de seca e chuva utilizou o método estatístico não-paramétrico (teste de Wilcoxon). Para tanto, utilizou-se uma média de cada um dos parâmetros, no período de seca (agosto) e chuva (dezembro), e aplicou-se o método de Wilcoxon com nível de significância de 5%, utilizando-se o software STATISTICA versão 7.0.

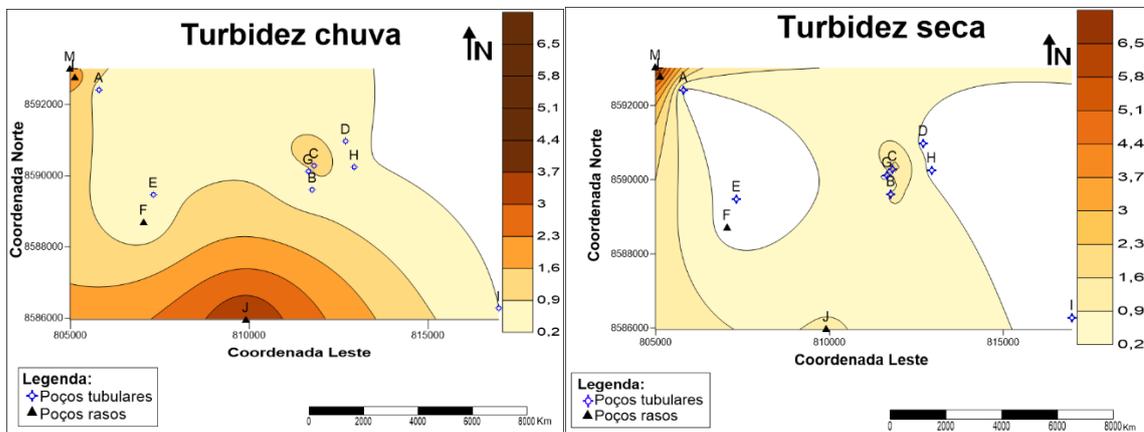
### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A turbidez apresentada na figura 3 mostra que a maioria dos poços indicou baixa incidência, com valores destacados nos poços amazonas em ambos os períodos. Apenas uma das amostras apresentou desconformidade aos padrões de consumo humano (ponto M), com

um valor de 7 UNT, acima do preconizado pela Portaria do MS 2.914/2011, na qual o valor de turbidez deve ser inferior a 5 UNT. Isso pode ser explicado provavelmente pelas más condições de proteção nos poços amazonas, haja vista que estes estavam sem impermeabilização à sua volta, tampa de madeira danificada, perfuração no centro para instalação da bomba submersa, além de espaços entre a tampa e a alvenaria acima do solo, de forma que pode carrear para o interior do poço materiais orgânicos e sedimentos.

Estudo realizado por Silva e Araújo (2003) em duas áreas urbanas de Feira de Santana - BA apresentou valores de turbidez mais

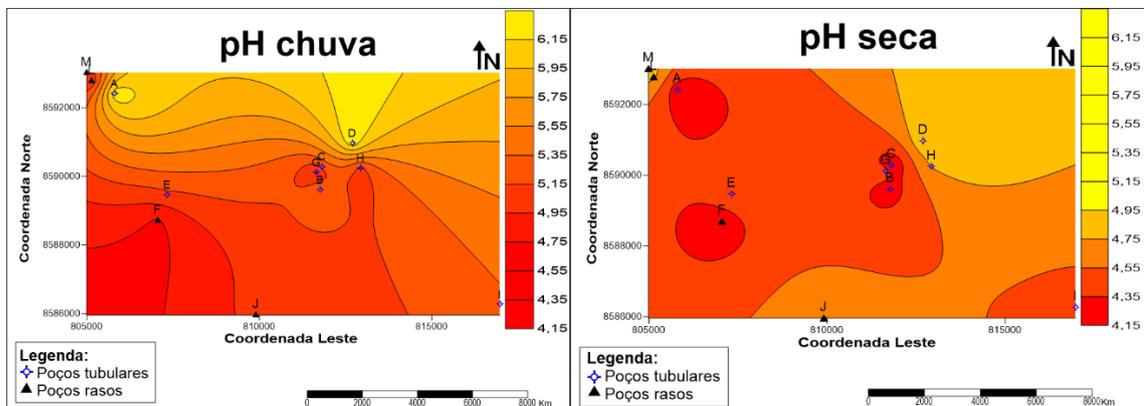
elevados para a água dos poços analisados (0,16 a 132 uT), sendo encontrado maior percentual de amostras com turbidez acima do recomendado na área 1 (75,5%) do que na área 2 (68,2%). O autor associou valores maiores que 1 uT a poços com profundidade de até 10 metros. O mesmo foi observado no presente trabalho, onde os poços com menor profundidade tiveram um valor elevado para a turbidez. Esse valor elevado não representa risco à saúde da população, mas dificulta o tratamento de desinfecção, servindo como uma barreira para os microrganismos.



**Figura 3 -** Mapa da distribuição dos valores de turbidez, em UNT, para os períodos de chuva e de seca  
**Figure 3 -** Distribution map of turbidity values, in UNT, for rainy and dry season

Os resultados obtidos de pH (FIGURA 4) caracterizaram a água como sendo ácida a levemente ácida. O valor mínimo no período

seco foi de 4,14 e o máximo de 4,94 e no período chuvoso o valor mínimo registrado foi de 4,72 e máximo de 6,30.



**Figura 4 -** Mapa da distribuição dos valores de pH na água subterrânea, para os períodos de chuva e de seca  
**Figure 4 -** Distribution map of pH values in the groundwater, for rainy and dry season

O MS por meio da portaria nº. 2.914/2011 recomenda, no sistema de distribuição, uma faixa de pH de 6,0 a 9,5. Feitosa e Manoel Filho (2000) destacam que a maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5 e, em casos excepcionais, pode variar entre 3 e 11. Nos estudos de Nascimento et al. (2011) as águas subterrâneas da bacia hidrográfica do alto e médio rio Machado apresentaram um pH médio de 5,9, sendo muito corrosivas para a indústria e inaceitável para o abastecimento.

Valores baixos de pH são característicos de climas tropicais com abundantes precipitações pluviométricas que atingem facilmente o lençol freático. Também são relacionadas a ambientes drasticamente lixiviados, onde predominam os elementos de menor mobilidade geoquímica, tais como ferro, alumínio e manganês, podendo ser considerados normais para ambientes da região amazônica (Bahia et al., 2011).

**Tabela 2** – Valores médios, mínimos e máximos dos ânions e cátions analisados durante o período seco; valores máximos permitidos pela Portaria 2.914/2011/MS e Resolução 396/2008 CONAMA

**Table 2** - Mean values, minimum and maximum values of anions and cations analyzed during the dry season; maximums values allowed by the Directive 2914/2011/MS and the CONAMA Resolution 396/2008

Analito	Média (mg.L <sup>-1</sup> )	Mínimo (mg.L <sup>-1</sup> )	Máximo (mg.L <sup>-1</sup> )	Portaria 2.914 (mg.L <sup>-1</sup> )	CONAMA 396 (mg.L <sup>-1</sup> )
Fluoreto	0,04	0,01	0,14	1,5	1,5
Cloreto	1,02	0,08	4,75	250	250
Brometo	0,03	0,03	0,04	-	-
Nitrito (como N)	0,03	0,02	0,03	1	1
Nitrato (como N)	3,48	0,06	13,88	10	10
Fosfato	0,09	0,07	0,12	-	-
Sulfato	0,73	0,15	2,21	250	250
Lítio	ND	ND	ND	-	0,1
Sódio	1,96	0,21	8,52	200	200
Amônia	0,07	0,01	0,41	1,5	-
Potássio	0,39	0,06	1,66	-	-
Cálcio	1,41	0,23	5,41	-	-
Magnésio	0,2	0,04	0,81	-	-

ND: Não detectado

Nos dois períodos estudados, verificou-se que as concentrações da maioria dos íons analisados na água dos poços estiveram abaixo dos valores preconizados pelo MS (Portaria 2.914/2011) e CONAMA (Resolução 396/2008).

O nitrato foi o íon encontrado em elevada concentração na maioria dos poços no período chuvoso, já no período de seca, esteve em desconformidade apenas em dois poços (FIGURA 5). Os valores elevados no período seco foram apresentados nos poços B (13,88 mg.L<sup>-1</sup>) e J (12,01 mg.L<sup>-1</sup>), sendo o poço B tubular localizado no centro da cidade e o poço J amazonas localizado na zona rural. Um dos problemas encontrados no poço amazonas foi a irregularidade na construção e a instalação

da fossa negra em uma cota mais alta, o que relaciona-se ao valor encontrado. O íon amônia, outra forma de nitrogênio que se apresenta na natureza de uma forma menos estável, apresentou valor elevado no poço tubular C (1,66 mg.L<sup>-1</sup>) no período chuvoso.

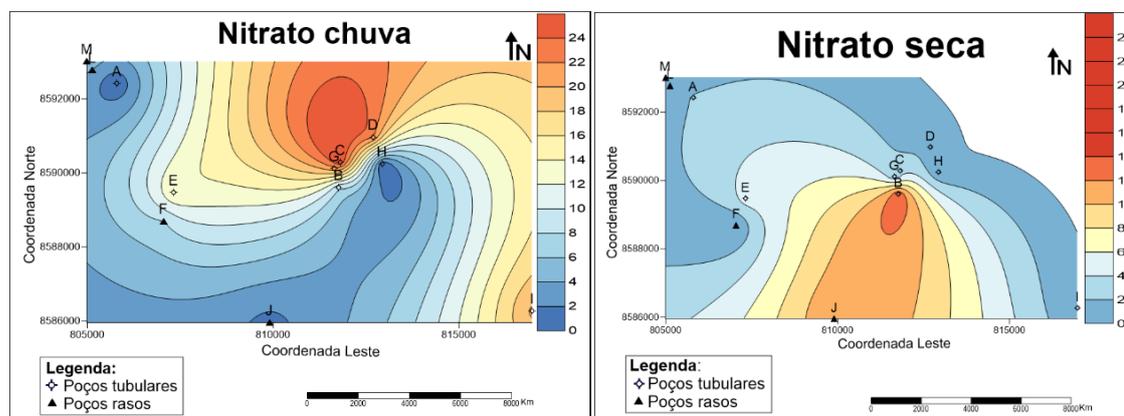
No período chuvoso, 5 poços (C, D, E, G e I) apresentaram valores acima do permitido para nitrato (10 mg.L<sup>-1</sup>), sendo todos tubulares. Visto que os pontos amostrais encontravam-se em áreas sem indústrias, a contaminação pontual e esporádica, provavelmente, deve-se a esgotos domésticos ou atividades agrícolas que são ricas em nitrogênio. Pode-se observar na figura 5 a variação do nitrato na área de estudo.

**Tabela 3** – Valores médio, mínimos e máximos dos ânions e cátions analisados durante o período chuvoso; valores máximos permitidos pela Portaria 2.914/2011/MS e Resolução 396/2008 CONAMA

**Table 3** - Mean values, minimum and maximum values of anions and cations analyzed during the rainy season; maximums values allowed by the Directive 2914/2011/MS and the CONAMA Resolution 396/2008

Analito	Média (mg.L <sup>-1</sup> )	Mínimo (mg.L <sup>-1</sup> )	Máximo (mg.L <sup>-1</sup> )	Portaria 2.914 (mg.L <sup>-1</sup> )	CONAMA 396 (mg.L <sup>-1</sup> )
Fluoreto	0,01	0,01	0,03	1,5	1,5
Cloreto	2,58	0,07	8,58	250	250
Brometo	0,04	0,03	0,06	-	-
Nitrito (como N)	0,04	0,03	0,05	1	1
Nitrato (como N)	10,92	0,10	25,8	10	10
Fosfato	0,08	0,08	0,09	-	-
Sulfato	0,60	0,06	1,49	250	250
Lítio	ND	ND	ND	-	0,1
Sódio	4,86	0,11	16,60	200	200
Amônia	0,23	0,01	1,66	1,5	-
Potássio	1,61	0,05	6,12	-	-
Cálcio	1,39	0,25	3,03	-	-
Magnésio	0,31	0,01	1,10	-	-

ND: Não detectado



**Figura 5** - Mapa da distribuição das concentrações de nitrato da água subterrânea, para os períodos de chuva e de seca

**Figure 5** - Distribution map of nitrate concentrations in the groundwater, for rainy and dry season

Os elevados níveis de nitrato encontrados podem estar relacionados à presença de matéria orgânica de diversas fontes. Nascimento et al. (2011) relataram que, em geral, o nitrato não existe em concentrações relativamente elevadas em águas subterrâneas não poluídas. Assim, as grandes concentrações verificadas na bacia hidrográfica do alto e médio rio Machado (RO) podem estar associadas a depósitos de origem biológica, ou a atividades antropogênicas, como fossas, fertilizantes, esgotos, etc. O nitrato pode causar malefícios para a saúde da população, principalmente

para as gestantes que pode causar a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul) (CE-TESB, 2013).

Alguns autores, como Alaburda e Nishihara (1998), consideram que concentrações superiores a 3 mg.L<sup>-1</sup> de nitrato em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênicas e a presença de espécies nitrogenadas são indicadores de contaminação de aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias.

Pela sua grande mobilidade e lixiviação através do solo em solução nas águas de infiltração, o nitrato pode chegar a grandes profundidades da zona saturada, pois não é adsorvido pelos sedimentos, movendo-se à mesma velocidade do fluxo de água (FEAGA, 2004).

Em relação aos resultados obtidos para os coliformes, levando em consideração a sazonalidade, no período chuvoso, 66,7% dos poços (10 pontos), encontravam-se em desacordo com a Resolução CONAMA n° 396/08 para *Escherichia coli*, com densidade máxima de 1.300 UFC/100mL (poço amazonas L) e mínima de 100 UFC/100mL (poços tubulares B, D, F e poço amazonas J). No período seco,

apenas um poço (poço amazonas L) apresentou resultado em desacordo com a mesma resolução, com presença de 400 UFC/100mL (TABELA 4).

Com relação aos resultados obtidos na determinação de Coliformes Totais, no período chuvoso, 91,7% (11 poços) das fontes alternativas avaliadas apresentaram contaminação, com densidade máxima de 5.600 UFC/100mL (poço raso L) e mínima de 100 UFC/100mL (poços tubulares A e B). No período seco 41,7% (5 poços) apresentaram contaminação, com densidade máxima de 5.400 UFC/100mL (poço amazonas L) e mínima de 100 UFC/100mL (poço J) (TABELA 5).

**Tabela 4** - Resultado microbiológico

**Table 4** - Microbiological results

Pontos	<i>E. Coli</i> (UFC/100mL)		Coliformes Totais (UFC/100mL)	
	chuva	seca	chuva	seca
A	ausente	ausente	100	ausente
B	100	ausente	100	5.000
C	ausente	ausente	500	ausente
D	100	ausente	100	ausente
E	800	ausente	1.000	ausente
F	100	ausente	600	ausente
G	200	ausente	300	ausente
H	ausente	ausente	200	300
I	ausente	ausente	ausente	200
J	100	ausente	600	100
L	1.300	400	5.600	5.400
M	800	ausente	1.300	ausente
<b>CONAMA n° 396/2008</b>	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml
<b>Portaria n° 2.914/2011</b>	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml	Ausente em 100ml

Principalmente no período chuvoso, foi encontrado elevado percentual (79,2%) de amostras com coliformes, tanto totais (91,6%) como *E. coli* (66,7%), indicando água imprópria para consumo humano segundo a Resolução n.º 396/2008 do CONAMA, a qual determina que a água para consumo esteja ausente de *E. coli* (indicador de contaminação fecal) e coliforme total em 100 mL de amostra de água. Também de acordo com os padrões estabelecidos pela Portaria do MS n° 2.914/2011

que determina para água de consumo humano ausência de *E. Coli* e coliformes totais em 100 mL de água, e que no sistema de distribuição essa ausência deve se manter até o consumo final para a *E. Coli*.

Pode-se observar que os poços que apresentaram maior contaminação foram os do tipo amazonas (F, J, L e M) presentes na zona rural, os quais estão mais vulneráveis e suscetíveis à contaminação. Como observado in loco, tem a presença da pecuária extensiva, la-

vouras, esgotos domésticos não canalizados para o interior de fossas negras e a disposição dos resíduos de forma irregular, que são queimados ou jogados no terreno.

O período chuvoso foi o mais crítico, devido a um maior fluxo e movimento da água do aquífero, causando intrusão das águas superficiais, extravasamento das fossas negras, aumentando assim a incidência de contaminação tanto pontual quanto difusa.

Em ambos os períodos estudados, todos os poços apresentaram contaminação por coliformes. Isso reflete as condições precárias de saneamento básico do município, principalmente inerente ao esgoto sanitário, visto que Vilhena não possui um sistema de coleta e tratamento de esgoto, tampouco um controle e fiscalização na construção de fossas, podendo ser interpretados como possíveis fontes de contaminação.

Na pesquisa desenvolvida por Nascimento et al. (2011), foram encontrados altos índices de coliformes fecais e totais em águas

subterrâneas amostradas na bacia hidrográfica do alto e médio rio Machado: do total de 79 amostras, 28 apresentaram o valor do número mais provável de coliformes totais de 140 a 2.401 NMP/100mL. Destas, 15 amostras foram coletadas em Vilhena.

Por meio da análise estatística, foi possível observar que o fluoreto, o pH, sólidos totais e a *E. coli* apresentaram concentrações significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) entre os períodos de seca e chuva, visto que as concentrações foram maiores no período chuvoso. Esta diferença entre a sazonalidade apresentada pela análise estatística pode estar relacionada ao maior volume de água presente na região na época da chuva, na qual carrega mais material e diferentes tipos de constituintes iônicos, além do tipo de solo que influencia mais no pH, sólidos totais e fluoreto aumentando sua concentração, com o aumento da infiltração da água no solo e um maior fluxo subterrâneo.

**Tabela 5** - Resultados das análises estatísticas (valores de p)

**Table 5** - Results of statistical analysis (p values)

Parâmetros	Valor de p	Parâmetros	Valor de p
<b>Turbidez</b>	0,530	Nitrato	0,060
<b>Cond. Elétrica</b>	0,239	Fosfato	#
<b>pH</b>	0,002	Sulfato	0,358
<b>Sólidos Totais</b>	0,002	Lítio	#
<b>E. coli</b>	0,012	Sódio	0,209
<b>Coliformes totais</b>	0,108	Amônia	0,530
<b>Fluoreto</b>	0,006	Potássio	0,239
<b>Cloreto</b>	0,209	Cálcio	0,937
<b>Nitrito</b>	#	Magnésio	0,308
<b>Brometo</b>	#		

# não determinado

## 5 CONCLUSÕES

Segundo a avaliação da qualidade da água dos 12 poços analisados do Aquífero Paracis (Vilhena), a maioria dos parâmetros apresentou conformidade com a Portaria n.º 2.914/2011 do Ministério da Saúde e a Resolução n.º 396/2008 do CONAMA, exceto para nitrato, amônia e coliformes, chamando a atenção para indícios de contaminação.

A presença destes contaminantes nas amostras de água dos poços pode estar relacionada com a inadequada construção e instalação dos poços, além do substrato arenoso altamente permeável e pouca profundidade do lençol freático. Por ser um solo arenoso, facilita a movimentação da água subterrânea, aumentando o risco de contaminação principalmente nos períodos chuvosos, causando risco

a saúde da população. Outro fator que influencia na presença de coliformes é o fato do município não apresentar uma rede de coleta de esgoto e um tratamento adequado do mesmo.

Em decorrência do município de Vilhena ser totalmente abastecido por água subterrânea, recomenda-se um controle maior e um cuidado com a construção dos poços, fossas e disposição dos resíduos sólidos, visto que só no final de 2013 passaram a ser dispostos em um aterro sanitário. Entretanto, o lençol

freático pode ser contaminado devido à decomposição dos resíduos ali depositados.

Segundo a Portaria do MS 2.914/2011 (artigos 3º e 4º), toda a água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual ou coletiva de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita a vigilância da qualidade da água, na qual competem as secretarias de saúde do município (artigo 12).

## REFERÊNCIAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. Revista de Saúde Pública, 32: 160-165, 1998.

ANA – Agência Nacional de Águas. Caderno de Recursos Hídricos: **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, DF. Maio de 2005. 80 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. Atlas Brasil: **Abastecimento Urbano de Água**: Panorama Nacional. Brasília, DF, 2010. Vol. 1. 72 p.

APHA - **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19ª Edition. Washington, 1995.

BAHIA, V. E.; FENZL, N.; LEAL, L. R. B.; MORALES, G. P.; LUÍZ, J. G. Caracterização Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas na Área de Abrangência do Reservatório de Abastecimento Público do Utinga – Belém (PA). Revista Águas Subterrâneas. **ABAS**. São Paulo. 25(01):1-14. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 de Abr. 2008. Seção Resoluções, 71p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 de Dez. 2011.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório da qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo**: 2010-2012. São

Paulo: CESTESB, 2013. 242p.

CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Parecis no Estado de Rondônia, **Bacia Sedimentar dos Parecis**; Organizadores: Cláudio Cesar de Aguiar Cajazeiras, Maria Antonieta Alcântara Mourão. Coord. Belo Horizonte. 40 p. 2012.

FEAGA, J. **Nitrates and groundwater: Why Should We Be Concerned with Our Current Fertilizer Practices?** Funding for this research provided by the Oregon Department of Agriculture, Salem. Special Report 1050. 2004.

FEITOSA, F.A.C; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2ªed. Fortaleza: CPRM/REFO. LABHID-UFPE. 2000. 391p.

MEDEIROS, F.; FERNANDES, C. **Notas de aulas. Saneamento básico/ Engenharia Sanitária. ITEM 1. ABASTECIMENTO DE ÁGUA - CAPÍTULO I. A ÁGUA NA NATUREZA – II.3.3. Doenças relacionadas com a água - IV. 4. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - IV. 2. TIPOS DE MANANCIAIS**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Disponível em <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/>>. Acesso em: 13 de dez. de 2013.

NASCIMENTO, G. F.; ZUFFO, C. E.; GOVEIA, G. R. T. Qualidade de águas subterrâneas da bacia do alto e médio rio Machado – RO. In: Simpósio de Recursos Hídricos da Zona da Mata – RO, 2011, Rolim de Moura. **Anais...** Rolim de Moura: FAROL, 2011.

SEDAM - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental. **Boletim Climatológico de Rondônia - Ano 2010**. COGEO-SEDAM / Coordenadoria de Geociências – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - v12, 2010 - Porto Velho: COGEO. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br>> Acesso em: 19 de dez. de 2013.

SEPLAN - **Secretária de Planejamento e Coordenação Geral**. Indicadores. 2008. Disponível em: <[http://www.seplan.ro.gov.br/Uploads/Arquivos/PDF/GEP\\_Telma/Indicadores/2008/Vilhena.pdf](http://www.seplan.ro.gov.br/Uploads/Arquivos/PDF/GEP_Telma/Indicadores/2008/Vilhena.pdf)> Acesso em: 19 de dez. de 2013.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SILVA, A. C. **Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Paraná-RO**. Rio Claro: IGCE/UNESP, 2008. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001, 2003. 156p.