

BIO-FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE POÇOS CACIMBA DO CENTRO URBANO DE OURO PRETO DO OESTE - RO: UMA ANÁLISE ESPACIAL

Bio-Physical-Chemical cacimba wells from downtown urban of Ouro Preto do Oeste city, Rondonia state, Brazil: a spatial analysis

Ranieli dos Anjos de Souza Muler*
Eliomar Pereira da Silva Filho**

***Universidade Federal de Rondônia - UNIR**

Laboratório de Geografia e Cartografia LABCART/UNIR - Coordenadora do Laboratório de Geoprocessamento e Estatística da M. Ambiental

Av. Presidente Dutra, 2965 – Centro – Porto Velho, Rondônia, Brasil – CEP: 76801-974 – Fone: (69) 2182-2000
ranieli.anjos@hotmail.com

****Universidade Federal de Rondônia - UNIR**

Docente do Programa de Mestrado em Geografia/UNIR

Av. Presidente Dutra, 2965 – Centro – Porto Velho, Rondônia, Brasil – CEP: 76801-974 – Fone: (69) 2182-2000
eliomar@unir.br

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a condição de parâmetros bio-físico-químicos das águas subterrâneas no perímetro urbano do município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia e, determinar a variabilidade espacial das concentrações destes parâmetros, considerando os poços do tipo cacimba. Foram mapeadas as zonas alteradas por meio do método dos vizinhos naturais, visando indicar as áreas de maior índice de contaminação do aquífero. Para isso selecionou-se, após cálculo de amostragem baseado em Landim (2003), 42 pontos de coleta para análise da água. Os parâmetros investigados foram pH, turbidez, cloreto, coliformes fecais e totais, nitrito, nitrato, ferro total e fósforo, analisados de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005 e portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011. A análise espacial evidenciou que as maiores concentrações de contaminação encontram-se em poços localizados nas proximidades dos cursos d'água que cortam a área urbana. Os parâmetros com frequência acima dos padrões exigidos para a potabilidade foram o fósforo e coliformes totais e, o distrito mais impactado pelas ações antrópicas da urbe foram o D4 e D5, que compreendem os bairros: Jardim Novo Horizonte, Nova Ouro Preto, Jardim Aeroporto e Boa Esperança. De modo geral, foi possível realizar uma análise espacial de dados pontuais na forma de uma malha contínua com informações sobre a condição das águas subterrâneas.

Palavras chave: Análise bio-físico-química. Poços. Vizinhos naturais. Rondônia.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the condition of bio-physical-chemical parameters of groundwater in the urban area of Ouro Preto do Oeste, Rondônia state, and determine the spatial variability of the concentrations of these parameters, considering the wells of the type 'cacimba'. Were mapped areas altered, by the method of natural neighbor, indicating the areas of highest contamination of the aquifer. For that, were selected after calculation based sampling Landim (2003), 42 points for water analysis. The parameters investigated were pH, turbidity, chloride, total and fecal coliforms, nitrite, nitrate, total iron and phosphorus, analyzed according to CONAMA Resolution 357/2005 and Decree of the Ministry of Health 2.914/2011. According to the spatial analyzes, it was found that the highest concentrations of contamination were found in wells located near watercourses that cross the urban area. The parameter that was more often above the standards required for the drinkability are the phosphorus and total coliforms. The district most impacted by human activities in the city were D4 and D5 respectively, compound by districts: Jardim Novo Horizonte, Nova Ouro Preto, Jardim Aeroporto and Nova Esperança. In general, it was possible to perform a spatial analysis of pontual data in the form of a continuous surface with information regarding the condition of groundwater.

Keywords: Bio-physical-chemical analysis. Wells. Natural neighbor. Rondônia state.

1 INTRODUÇÃO

A água subterrânea é considerada um recurso natural dotado de múltiplos usos e de importância estratégica, pois, está associada frequentemente ao uso para abastecimento doméstico, à irrigação e à utilização pela indústria. No entanto, em virtude da crescente demanda de água em áreas urbanas, sua utilização só é economicamente viável se disponível em quantidade e qualidade adequadas. Embora os mananciais urbanos representem apenas uma pequena fração do total de águas doces disponíveis em nosso continente, são nos ambientes urbanos e nas áreas industriais que são verificados os maiores impactos na qualidade da água (NOBRE *et al.*, 2008).

A contaminação das águas de subsuperfície promove a deterioração deste recurso e de suas reservas, ocorre, principalmente, por meio da percolação de resíduos de aterros sanitários, percolação de lagoas de estabilização, perdas por derrames acidentais de tanques de reserva de combustíveis e descargas a partir de fossas negras (NAS, 1999).

Diversos estudos têm sido realizados nos últimos anos visando a caracterização dos efeitos da urbanização nos corpos de água e em sua área de influência (CASTRO; BAPTISTA; BARRAUD, 2009). E as abordagens geoespaciais surgem como uma ferramenta de grande importância para a tomada de decisões preventivas, de conservação e intervenção quando o assunto é contaminação das águas subterrâneas, pois, o mapeamento de zonas alteradas torna a interpretação dos dados facilmente aplicável a qualquer público e faz com que as respostas a serem propostas ocorram com maior agilidade.

O desenvolvimento acelerado das Geotecnologias como o Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitou o avanço na coleta de dados e posterior geração de informações especializadas, que visam uma possível modelagem do mundo real com uso de técnicas de Geoprocessamento.

As aplicações do SIG atingem as mais diversas áreas do conhecimento, tendo a abordagem Semiótica um papel fundamental no estudo dos signos gráficos, suas propriedades e relações com elementos representativos de informações, bem como na eficácia da transmissão destes conhecimentos aos usuários de mapas.

Grandes contribuições sobre o tema para o estado de Rondônia estão representadas em trabalhos como os de Campos (2013), Campos, Filho e Oliveira (2013), Lima *et al.* (2008), Rodrigues (2008) e Souza (2012). Estes autores realizaram uma análise regionalizada dos parâmetros bio-físico-químicos do ambiente, que pode ser utilizada e ampliada pelas entidades públicas e privadas voltadas à investigação e controle dos parâmetros hídricos necessários à potabilidade, ultrapassando os diagnósticos pontuais.

Estas pesquisas reforçam o pensamento científico de que a qualidade da água tem se tornado o foco de estudos e discussões regionais e globais, que visam alertar toda cadeia envolvida quanto aos fatores que precisam ser mudados atualmente, como modos de vida e de produção.

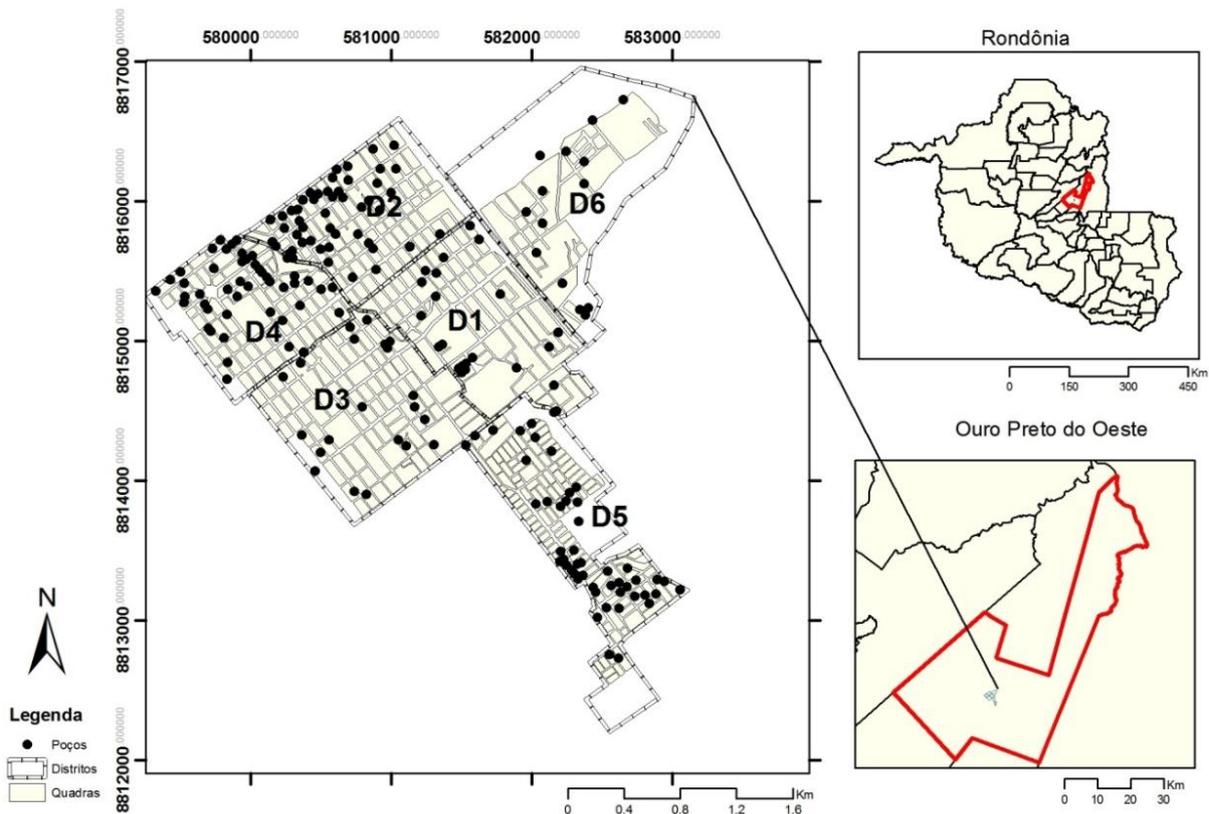
Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a condição de parâmetros bio-físico-químicos das águas subterrâneas no perímetro urbano do município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia e, determinar a variabilidade espacial das concentrações destes parâmetros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

Ouro Preto do Oeste localiza-se a uma latitude 10° 42' S e longitude 62° 14' O a cerca de 330 km da capital do estado de Rondônia, possui 1.970,40 km² de área e a sede urbana do município abarca 7,8 km² (Figura 1).

O município não conta com sistema de tratamento de esgoto, como alternativa a população serve-se de “fossas negras” individuais, comumente localizadas na porção frontal das residências.

Figura 1 – Localização da área de estudo (Distritos D1 a D6) com 200 poços identificados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Zoneamento do perímetro urbano e dos pontos de coleta

O município possui 13 bairros registrados no Plano Diretor Municipal, que foram reorganizados em 6 Distritos a partir de uma proposta adaptada da Agência dos Correios de Ouro Preto do Oeste (Figura 1). A composição dos distritos é a que segue:

Distrito 1: compreende os bairros Jardim Tropical, Incra, Bela Floresta, União e Liberdade.

Distrito 2: compreende os bairros Jardim Novo, Liberdade e Jardim Novo Horizonte.

Distrito 3: compreende os bairros Jardim Bandeirantes, União, Bela Floresta e Nova Ouro Preto.

Distrito 4: compreende os bairros Jardim Novo Horizonte e Nova Ouro Preto.

Distrito 5: compreende os bairros Bela Floresta, Jardim Aeroporto e Boa Esperança.

Distrito 6: compreende toda porção ao norte da BR 364, composto pelos bairros Alvorada e Industrial.

Os distritos com maior registros de poços foram o D2, D4 e D5 (Figura 2).

Para a escolha dos pontos de coleta, utilizou-se a Amostragem Estratificada com base em Landim (2003), procurando formar uma malha que melhor espacializasse a localização do aquífero. A partir do sistema de referência de 200 poços, a amostragem indicou um mínimo de 42 pontos de coleta para o estudo (Figura 3). Assim, pelo método casual simples, foram sorteados 7 poços em cada Distrito do município.

Figura 2 – Distribuição de poços por distritos.

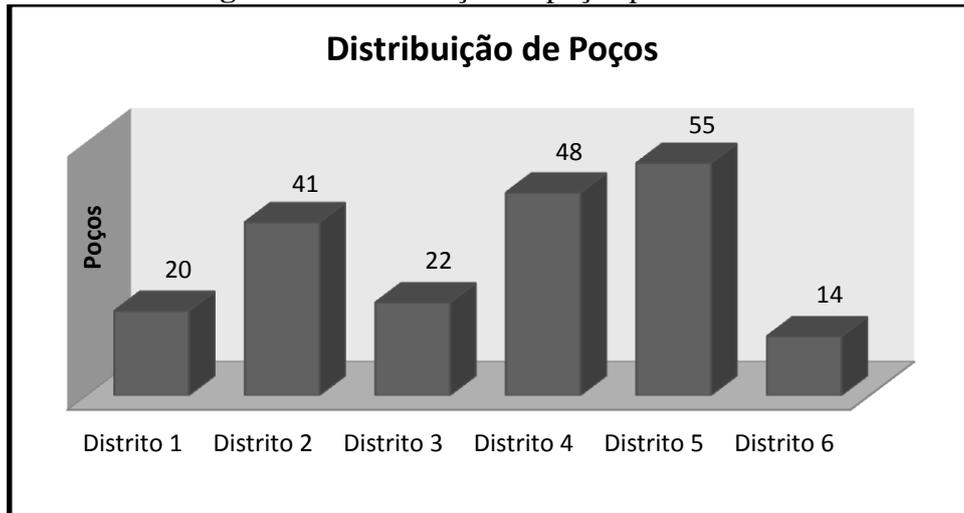
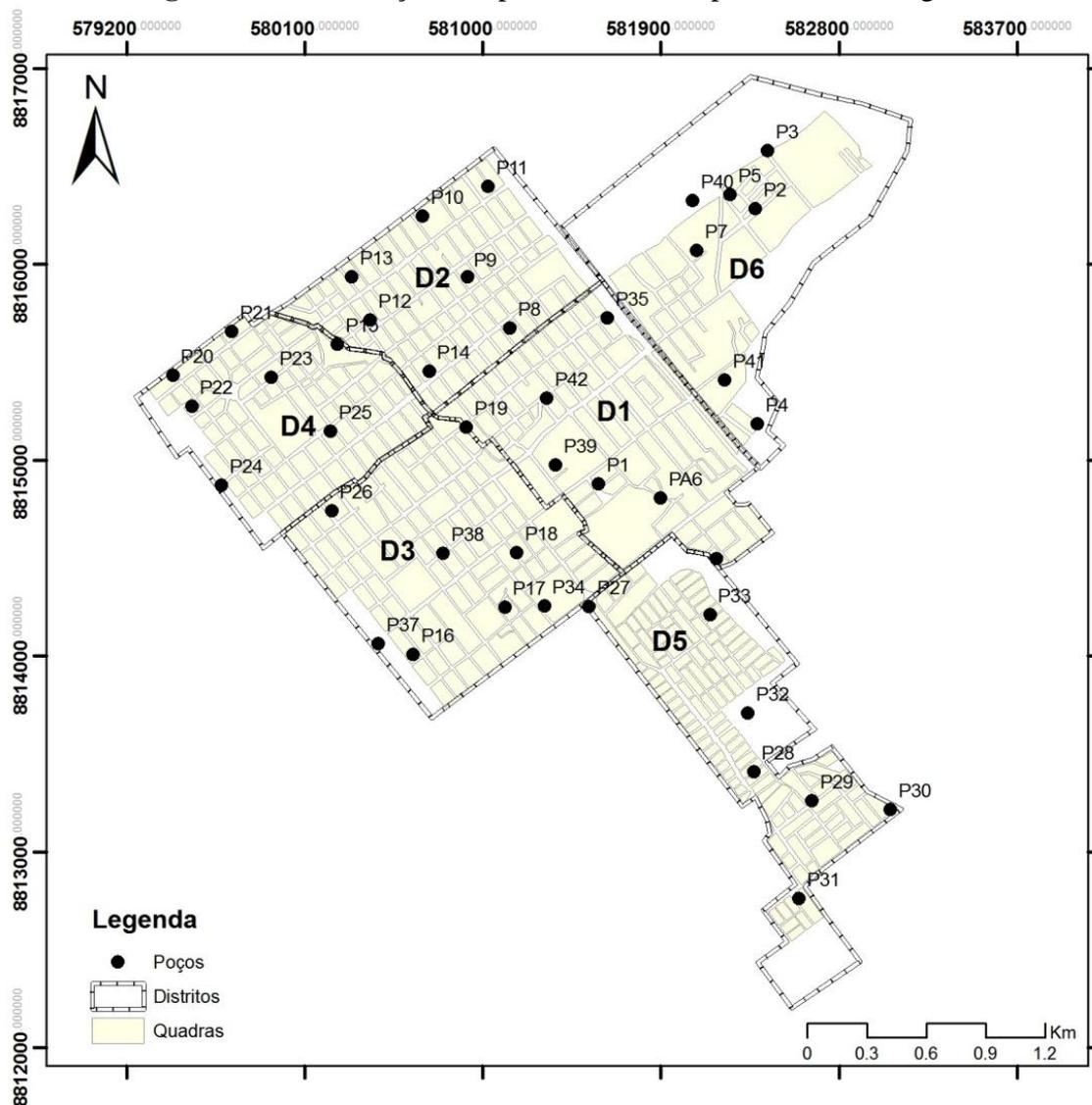


Figura 3 – Distribuição dos pontos de coleta para análise da água.



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 Coleta e análise de amostras de água

As coletas de amostras de água foram realizadas em duas campanhas no mês de novembro de 2010, sendo feitas diretamente nos poços com o auxílio de um instrumento construído para comportar um recipiente de 500 ml, preso a um cordão estéril de 10 metros. A metodologia para coleta de águas tratadas baseou-se nos padrões estabelecidos pela APHA (1998) e pela CETESB (1995).

O recipiente plástico estéril foi mergulhado à profundidade de 50 cm do nível estático do poço. A garrafa foi rinsada 3 vezes com a água do poço e o material armazenado em caixa de isopor com gelo, a ser encaminhado ao laboratório para análise. A logística de campo foi organizada de maneira que o intervalo de coleta e análise não ultrapassasse 24 horas.

As amostras foram identificadas com o número do poço, a data e a hora da coleta. Todas as análises precederam ao branco da amostra com água deionizada. Os procedimentos utilizados em laboratório podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Método de análises e limites legais por parâmetros.

VARIÁVEL	UNIDADE	LIMITE LEGAL	MÉTODO DE ANÁLISE	INSTRUMENTO DE MEDIDA
1. pH	-	6,0 a 9,0	Potenciométrico	pHmetro PHS-3b de bancada
2. TURBIDEZ	UNT	40 /5*	Nefelométrico	Turbidímetro de bancada Q279P
3. FERRO _{total}	mg/L Fe _{total}	0,3*	Fotocolorimétrico	Fotocolorímetro AT-100PB
4. FÓSFORO	mg/L P	0,02	Fotocolorimétrico	Fotocolorímetro AT-100PB
5. CLORETO	mg/L Cl	250	Titulométrico	Soluções Químicas
6. NITRATO	mg/L NO ₃	10	Fotocolorimétrico	Fotocolorímetro AT-100PB
7. NITRITO	mg/L NO ₂	1	Fotocolorimétrico	Fotocolorímetro AT-100PB
8. COLIFORMES TOTAIS	UFC/100 mL	Ausente	Contagem de bactérias	Cartela filtrante ALFAKIT e Estufa Microbiológica TERMOBAC
9. COLIFORMES FECAIS	UFC/100 mL	Ausente	Contagem de bactérias	Cartela filtrante ALFAKIT e Estufa Microbiológica TERMOBAC

Fonte: CONAMA 357/2005. Nota: * Portaria MS 2.914/2011.

2.4 Análise dos dados

Para análise espacial dos dados foi utilizado o método dos vizinhos naturais ou *natural neighbor*, utilizando o software livre QGIS 2.6 para espacializar os índices compilados, identificando 3 níveis: alto, médio e baixo; que representam os níveis de contaminação de cada poço.

O interpolador vizinho natural ou *natural neighbor* é um estimador determinístico local. Diferente das demais técnicas, esta não extrapola valores, resolvendo a interpolação somente para o interior do domínio dos dados. Esta técnica utiliza polígonos *Thiessen* para avaliar os pesos para os pontos e faz a interpolação através da média ponderada dos pontos vizinhos, onde os pesos são proporcionais às áreas (MAZZINI; SCHETTINI, 2009). É considerado determinístico, pois apenas os efeitos locais são predominantes e não são realizadas inferências estatísticas sobre a variabilidade espacial do fenômeno (CAMARGO et al. 2004).

Após obtenção dos parâmetros resultantes das análises de água, os dados foram tabulados em planilha Excel. A avaliação dos resultados foi feita com base nos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação federal atendendo a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA 357/2005.

Dos 9 parâmetros analisados em cada poço cacimba, a quantidade mínima e máxima de padrões em desacordo com as normas foi de 1 a 6. Desta forma, para determinar os três índices de contaminação, foi utilizada a proposta da Secretaria de Vigilância em Saúde do Rio Grande do Sul (SVS, 2011), que se baseia no cálculo dos intervalos interquartis.

A quantidade de parâmetros em desacordo com a legislação, em cada poço, foram ordenadas em níveis com o seguinte critério de impacto: o primeiro quartil (1 a 2 parâmetros em desacordo com os padrões legais) foi discriminado como baixa contaminação; o segundo quartil (3 a 4) como média contaminação e o terceiro quartil (5 a 6) como alta contaminação. Estes intervalos determinaram, então, os níveis de contaminação dos poços cacimbas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os poços apresentam estruturas construtivas pouco complexas, dos 42 analisados, somente 9% possuíam revestimento completo de manilha. Apenas um poço não se encontrava em uso, o que representa cerca de 98% da finalidade direcionada ao abastecimento domiciliar.

Todos os poços cacimbas apresentaram pelo menos um parâmetro acima dos limites exigidos pelas normas federais. O poço P38, no distrito D3, foi o único ponto que apresentou desacordo em apenas dos nove parâmetros avaliados, sendo o fósforo (0,06 mg/L) (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultado das análises de água.

DISTRITO	POÇO	1. pH	2. TURBIDEZ	3. Fe (mg/L)	4. P (mg/L)	5. CLORETO (mg/L)	6. NO ² (mg/L)	7. NO ³ (mg/L)	8. COL. TOTAIS (UFC/100 mL)	9. COL. FECAIS (UFC/100 mL)
D1**	P1	5,2	1,21	0	0,08	2,84	0,00	4,87	8280	5880
	P6	4,9	1,01	0	0,06	2,84	0,00	1,99	60	0
	P19	5,07	0,98	1,44	0,06	2,13	0,07	7,53	120	60
	P35	5,36	0,77	0	0,05	2,13	0,00	7,26	0	0
	P36	5,34	1,29	0	0,00	2,13	0,03	9,65	120	0
	P39	5,56	1,63	0	0,07	2,84	0,00	11,03	60	0
	P42	5,7	0,02	0	0,05	1,42	0,00	0,40	0	0
D2**	P8	5,5	3,12	0	0,07	2,84	0,00	7,84	60	0
	P9	5,7	1,47	0	0,09	2,13	0,07	6,60	0	0
	P10	5,2	1,99	0,2	0,09	2,13	0,07	4,65	0	0
	P11	5,8	2,34	0	0,23	2,13	0,00	8,94	0	0
	P12	5	2,66	0,01	0,18	1,42	0,00	8,37	60	0
	P13	5,7	2,79	0	0,03	2,13	0,00	4,12	180	60
	P14	4,8	1,23	1,47	0,03	2,13	0,00	9,87	0	0
D3	P16	4,98	2,54	1,4	0,02	2,13	0,00	0,89	0	0
	P17	5,2	1,03	0,68	0,06	2,13	0,10	2,61	180	0
	P18	4,99	0,79	0,51	0,00	2,13	0,00	8,59	300	120
	P26	5,12	1,42	0,11	0,09	2,13	0,00	7,00	0	0
	P34	6,4	0,65	0,03	0,01	3,55	0,00	10,10	120	0
	P37	5,29	2,44	0	0,03	1,42	0,00	0,89	120	0
	P38*	6,02	2,3	0	0,06	2,13	0,00	0,40	0	0
P20	5,77	5,39	0,29	0,08	1,42	0,00	1,90	120	0	
P21	5,63	28,4	0,05	0,09	2,84	0,03	10,45	2760	360	

D4***	P22	5,25	2,08	0	0,05	2,84	0,00	8,81	1320	60
	P23	5,59	1,58	0,02	0,05	2,13	0,00	11,29	3060	180
	P24	5,45	1,98	0	0,03	1,42	0,03	1,02	120	0
	P25	5,42	2,12	0,07	0,02	3,55	0,03	5,23	60	0
	P15	5,1	7,9	0,16	0,06	2,13	0,00	2,48	180	60
D5***	P27	5,6	9,38	0	0,12	1,42	0,00	1,95	180	0
	P28	5,2	2,12	0,06	0,07	3,55	0,03	9,83	0	0
	P29	5,35	0,64	0	0,04	3,55	0,00	11,07	120	0
	P30	5,65	1,31	0	0,06	1,42	0,00	0,97	120	0
	P31	5,05	3,01	0,05	0,03	1,42	0,07	10,89	0	0
	P32	5,34	0,59	0	0,06	4,26	0,00	10,45	120	0
	P33	5,42	0,57	0	0,00	2,13	0,03	4,16	180	60
D6	P40	5,82	1,33	0	0,08	1,42	0,00	0,80	120	60
	P41	5,22	0,54	0	0,04	2,13	0,00	3,59	60	0
	P2	5,5	1,37	0	0,10	2,84	0,00	3,68	0	0
	P3	5,3	1,77	0,25	0,08	2,13	0,00	1,99	120	60
	P4	5,8	2,13	0,17	0,08	2,13	0,00	0,58	0	0
	P5	5,1	1,56	0	0,09	2,84	0,00	4,65	0	0
	P7	5,4	5,08	0	0,13	2,13	0,03	4,25	120	60

Notas: * Poço 38 apresentou apenas 1 parâmetro em desacordo com os limites legais.

** Distrito com menor grau de contaminação.

*** Distritos com maior grau de contaminação.

A frequência do grau de contaminação 'alto', nos poços analisados, foi mais expressiva no distrito D4. Os parâmetros que não atenderam aos limites legais estabelecidos foram: fósforo, nitrato, coliformes fecais e totais, pH e turbidez (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores das análises de água nos poços do distrito D4.

Poço	Parâmetros e unidades de medida					
	P (mg/L)	NO ³ (mg/L)	Col.T UFC 100/mL	Col.F UFC 100/mL	pH -	Tur UNT
P20	0,08	1,9	120	0	5,77	5,39
P21	0,09	10,45	2760	360	5,63	28,4
P22	0,05	8,81	1320	60	5,25	2,08
P23	0,05	11,29	3060	180	5,59	1,58
P24	0,03	1,02	120	0	5,45	1,98
P25	0,02	5,23	60	0	5,42	2,12
15	0,06	2,48	180	60	5,1	7,9

Fonte: Dados do experimento.

Notas: Consideramos os limites legais para turbidez com referência na portaria MS 2914/2011; Valores em negrito estão fora dos padrões legais.

A tabulação dos dados nos intervalos interquartis demonstra que os distritos D1 e D2, compostos principalmente por construções comerciais e, D3 e D6 apresentaram a menor ocorrência de parâmetros contaminantes, com 42.8% dos poços avaliados como nível baixo de contaminação (Tabela 4).

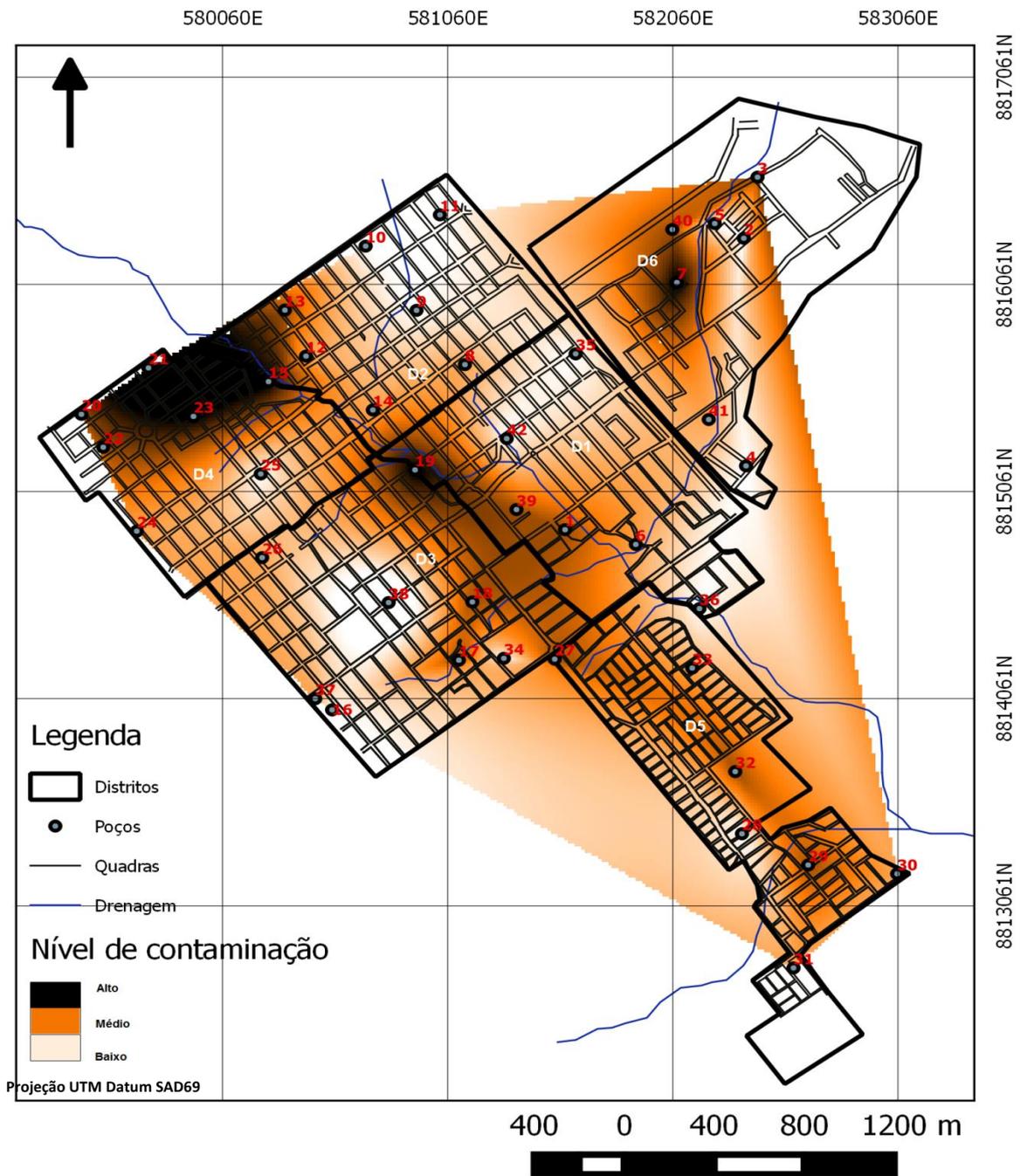
Tabela 4 – Quantidade de poços em seus respectivos níveis de contaminação por distrito.

Distrito	Alto	Médio	Baixo
D1	1	3	3
D2	0	4	3
D3	0	4	3
D4	3	3	1
D5	0	6	1
D6	1	3	3

Fonte: Dados da pesquisa.

O comportamento espacial dos pontos (poços cacimbas) que apresentaram média a alta contaminação nas amostras de água analisadas neste estudo segue o fluxo subterrâneo na direção norte-sul e perpassa, principalmente, os distritos D1, D2, D3, D4 e D5 (Figura 4).

Figura 4 – Níveis de contaminação dos poços cacimba no perímetro urbano de Ouro Preto do Oeste, RO.



O parâmetro “coliformes totais” mostrou-se mais crítico no distrito D4, o que pode ser resultado de fossas muito próximas aos poços cacimbas residenciais e circunvizinhos, por ser uma área com forte adensamento populacional. Já o fósforo apresentou-se espacialmente alterado em 85% dos poços amostrados, fato que pode estar relacionado aos efluentes domésticos (com cargas de detergentes) e ao alto índice de lava-jatos instalados às margens dos rios intra-urbanos.

Mesmo procedendo a coletas distribuídas por distritos, a interpolação realizada com os dados do presente estudo demonstra que as regiões mais expostas aos problemas com a qualidade da água são aquelas mais próximas ao nível de base local.

O zoneamento em distritos permitiu identificarmos as áreas com maior necessidade de intervenções das políticas de controle e prevenção à contaminação das águas subterrâneas do município. Distritos específicos (D4 e D5) e moradias ao longo dos cursos d'água apresentaram maior grau de contaminação da água subterrânea, sendo locais prioritários para políticas sanitárias e ambientais.

Baseado nos dados deste estudo observa-se que o perímetro urbano de Ouro Preto do Oeste apresentou um cenário de risco moderado em relação à contaminação das águas dos poços cacimbas no período estudado, pois, um valor representativo dos poços manteve-se com nível médio de contaminação. Uma estimativa ainda tímida, mas que deve ser monitorada para uma investigação mais detalhada dos impactos da urbanização no aquífero explorado.

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises de água dos poços cacimba no perímetro urbano de Ouro Preto do Oeste, evidenciando o quantitativo de parâmetros em desacordo com as normas CONAMA 357 e Portaria MS 2914, bem como o nível de contaminação atribuído a cada ponto analisado.

Tabela 5 – Níveis de contaminação por distrito.

Distrito	Poço	Parâmetros em desacordo	Nível	Distrito	Poço	Parâmetros em desacordo	Nível
D1	P1	1, 4, 8, 9	Médio	D4	P20	1, 2, 4, 9	Médio
	P6	1, 4, 8	Médio		P21	1, 2, 4, 7, 9, 10	Alto
	P19	1, 3, 4, 8, 9	Alto		P22	1, 4, 9, 10	Médio
	P35	1, 4	Baixo		P23	1, 4, 7, 9, 10	Alto
	P36	1, 8	Baixo		P24	1, 4, 9	Médio
	P39	1, 4, 6, 8	Médio		P25	1, 8	Baixo
	P42	1, 4	Baixo		P15	1, 2, 4, 8, 9	Alto
D2	P8	1, 4, 8	Médio	D5	P27	1, 2, 4, 8	Médio
	P9	1, 4	Baixo		P28	1, 4	Baixo
	P10	1, 4	Baixo		P29	1, 4, 6, 8	Médio
	P11	1, 4	Baixo		P30	1, 4, 8	Médio
	P12	1, 4, 8	Médio		P31	1, 4, 6	Médio
	P13	1, 4, 8, 9	Médio		P32	1, 4, 6, 8	Médio
	P14	1, 3, 4	Médio		P33	1, 8, 9	Médio
D3	P16	1, 3	Baixo	D6	P40	1, 4, 8, 9	Médio
	P17	1, 3, 4, 8	Médio		P41	1, 4, 8	Médio
	P18	1, 3, 8, 9	Médio		P2	1, 4	Baixo
	P26	1, 3, 4	Médio		P3	1, 4, 8, 9	Médio
	P34	6, 8	Baixo		P4	1, 4	Baixo
	P37	1, 4, 8	Médio		P5	1, 4	Baixo
	P38	4	Baixo		P7	1, 2, 4, 8, 9	Alto

Fonte: Dados da pesquisa.

De modo geral 33.3% (14 poços) dos poços apresentaram nível baixo de contaminação, 54.7% (23 poços) nível médio e 12% (5 poços) nível alto de contaminação.

4 CONCLUSÕES

O pH, Fósforo, Nitrato, Ferro Total, Turbidez, Coliformes Totais e Fecais apresentaram padrões inadequados para a potabilidade, baseados na resolução CONAMA 357 e MS 2914. Estes parâmetros demonstraram desconformidade em termos percentuais na seguinte proporção: pH em 95,2% dos poços; fósforo em 85,7%; coliformes totais em 66,7%; coliformes fecais em 28,6%; nitrato em 16,7%; ferro total em 12% e turbidez em 12%. Os demais parâmetros não evidenciaram desacordo em nenhum poço analisado.

As áreas próximas à rede de drenagem merecem uma atenção especial, já que, formaram os pontos de maior concentração de poços com águas contaminadas, por serem áreas muito exploradas por prestação de serviços, moradias irregulares e, ainda, por ser o nível de base local, para onde o fluxo do aquífero se direciona.

A vantagem da análise espacial está na possibilidade desta técnica ser implementada nas políticas ambientais e sanitárias locais, pois, por meio da interpolação destes dados foi possível identificar a abrangência e influência que os pontos contaminados podem ter no meio, sendo importante o monitoramento dessas áreas, em busca de melhorias à aplicação de ações preventivas, a fim de evitar o aumento das contaminações que podem ser significativas para a população local, servindo como subsídio a orientar ações corretivas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa concedida durante os estudos do Programa de Mestrado em Geografia da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) que fomentaram esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

APHA, American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 17 ed. Washington: APHA, 1998.

BRASIL. **Resolução nº 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 17 mar. 2005.

_____. **Portaria MS 2.914**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 18 dez. 2011.

CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CAMARA, G. Análise espacial de superfícies. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf> Acesso em 06 fev. 2015.

CAMPOS, J. C. V. **Contaminação das águas subterrâneas na cidade de Mirante da Serra**. (1999). Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2013a.

CAMPOS, J. C. V.; FILHO, E. P. da S.; OLIVEIRA, I. R. **Contaminação do aquífero Jaciparaná na cidade de Porto Velho - RO**. (2003). Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 22 abr. 2013b.

CASTRO, L. M. A. de; BAPTISTA, M. B.; BARRAUD, S. Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 14. n.4, p. 113-123. Out-Dez 2009.

CETESB. **Relatório de qualidade de água interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 1995. 286 p.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2 ed. Rio Claro: Editora. Unesp, 2003. 253p.

LIMA, M. L. A. de et al. Aplicação de Métodos Geoestatísticos para mapeamento de área de risco em saúde pública no município de Porto Velho. **Revista Vita et Sanitas**. Trindade: v.2, n.2, 2008, p. 130-149

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, 2009, 13(1): p. 53-64.

NAS, National Academy of Sciences, et al. [Org.]. **Water for the future**. Whashington: National Academy Press, 1999. 244 p.

NOBRE, R. C. M. et al. Mapeamento do Índice de Perigo ao Consumo de Águas Subterrâneas Vulneráveis à Contaminação. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 13 n.2 Abr/Jun 2008, p. 101-111.

RODRIGUES, É. R. S. **Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho - Rondônia - Brasil**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, RO, Brasil, 2008.

SOUZA, R. dos A. de. **Bio-Físico-Química de poços cacimba do centro urbano de Ouro Preto do Oeste - RO: uma análise sócio espacial**. Dissertação (Mestrado em Geografia – Meio Físico e Desenvolvimento Sustentável), Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, RO, Brasil, 2012.

SVS, Secretaria de Vigilância em Saúde. **Identificação de áreas de maior vulnerabilidade para ocorrência de dengue no período de transmissão 2010/2011 com vistas a subsidiar a intensificação das ações de controle**. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/nt_aval_vul_epid_dengue_verao_10_11.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2012.

Data de submissão: 07.06.2013

Data de aceite: 09.04.2015

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.