

IX-005 – AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO ALTER DO CHÃO, ESTUDO DE CASO DO BAIRRO NOVO ISRAEL, MANAUS AMAZONAS

Miqueias Lima Duarte⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Amazonas, Campus Vale do Rio Madeira.

Endereço⁽¹⁾: Rua FCO Monteiro Neto, Nº 2370, Apartamento – São Pedro - Humaitá – Amazonas - CEP: 69800-000 – Brasil - Tel: +55 (97) 98121-3364 - e-mail: miqueiaseng@hotmail.com

RESUMO

A poluição das águas superficiais e subterrâneas pela disposição inadequada de resíduos sólidos tem sido frequente. No presente estudo, objetivou-se avaliar a vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no bairro Novo Israel e suas imediações, na zona norte de Manaus. O emprego do método GOD (Groundwater occurrence Overall Lithology of the unsaturated zone, Depth of the water table) possibilitou identificar três classes de vulnerabilidade na área. Os resultados obtidos demonstram a predominância de baixa vulnerabilidade à contaminação no bairro Novo Israel, no entanto em suas imediações existe a predominância de média vulnerabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Águas subterrâneas, Método GOD, vulnerabilidade à contaminação.

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas são muito utilizadas em todo território nacional, no entanto ainda pouco se conhece sobre esses sistemas. No estado do Amazonas, 70% dos municípios são abastecidos exclusivamente por fontes subterrâneas, já a capital do estado é abastecida por um sistema misto, mantido por captação de água do rio Negro e poços tubulares no sistema de aquífero Alter do Chão (ANA, 2010).

Segundo Foster et al. (2006), todos os aquíferos são vulneráveis a médio ou em longo prazo a contaminantes que apresentam características persistentes e móveis, gerados por uma atividade amplamente distribuída em uma região. O mesmo autor afirma que o despejo inadequado de resíduos sólidos é responsável por um número significativo de casos de poluição de água subterrânea, principalmente em regiões de clima úmido.

O que torna preocupante o caso do bairro Novo Israel, na região norte da área urbana do município de Manaus. O local na década de 70 era utilizado como ponto de deposição de resíduos sólidos do município, já no final da década de 80, a área foi aterrada e atualmente é densamente ocupada (Rocha e Horbe, 2006).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o bairro Novo Israel possui uma população de 16.823 habitantes, e ainda segundo registros no banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas/SIAGAS, existem cerca de 61 poços tubulares nessa região, que estão desativados, ou mesmo em utilização para diversos fins, tais como: abastecimento público, doméstico e industrial.

Nesse caso, o estudo da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas é de suma importância, uma vez que pode auxiliar no planejamento local e no melhor gerenciamento dos recursos hídricos. Segundo Cutrim e Campos (2010), a avaliação da vulnerabilidade à contaminação de aquíferos tem se tornado uma prática cada vez mais comum e de grande contribuição no gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos.

O método GOD proposto por Foster e Hirata (1988), por sua simplicidade conceitual e de aplicação, tornou-se um método bastante difundido, e tem sido amplamente utilizado em diversas regiões do Brasil. Em ambos os casos, tem contribuído para o conhecimento sobre os recursos hídricos subterrâneos, bem como na aquisição de informações de grande importância para sua proteção e planejamento.

Nesse contexto, objetivou-se com o presente estudo avaliar a vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no bairro Novo Israel e suas adjacências na área urbana do município de Manaus, com o emprego do método GOD descrito por Foster et al. (2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área abrangida no presente estudo compreende o bairro Novo Israel, bem como seu entorno, localizado na zona norte da área urbana do município de Manaus, Amazonas (Figura 1). A área urbana de Manaus situa-se na confluência dos rios Negro e Solimões. Segundo dados do IBGE (2010), a população da capital é de 2.057.711 habitantes, e como densidade demográfica de 158,06 hab/km².

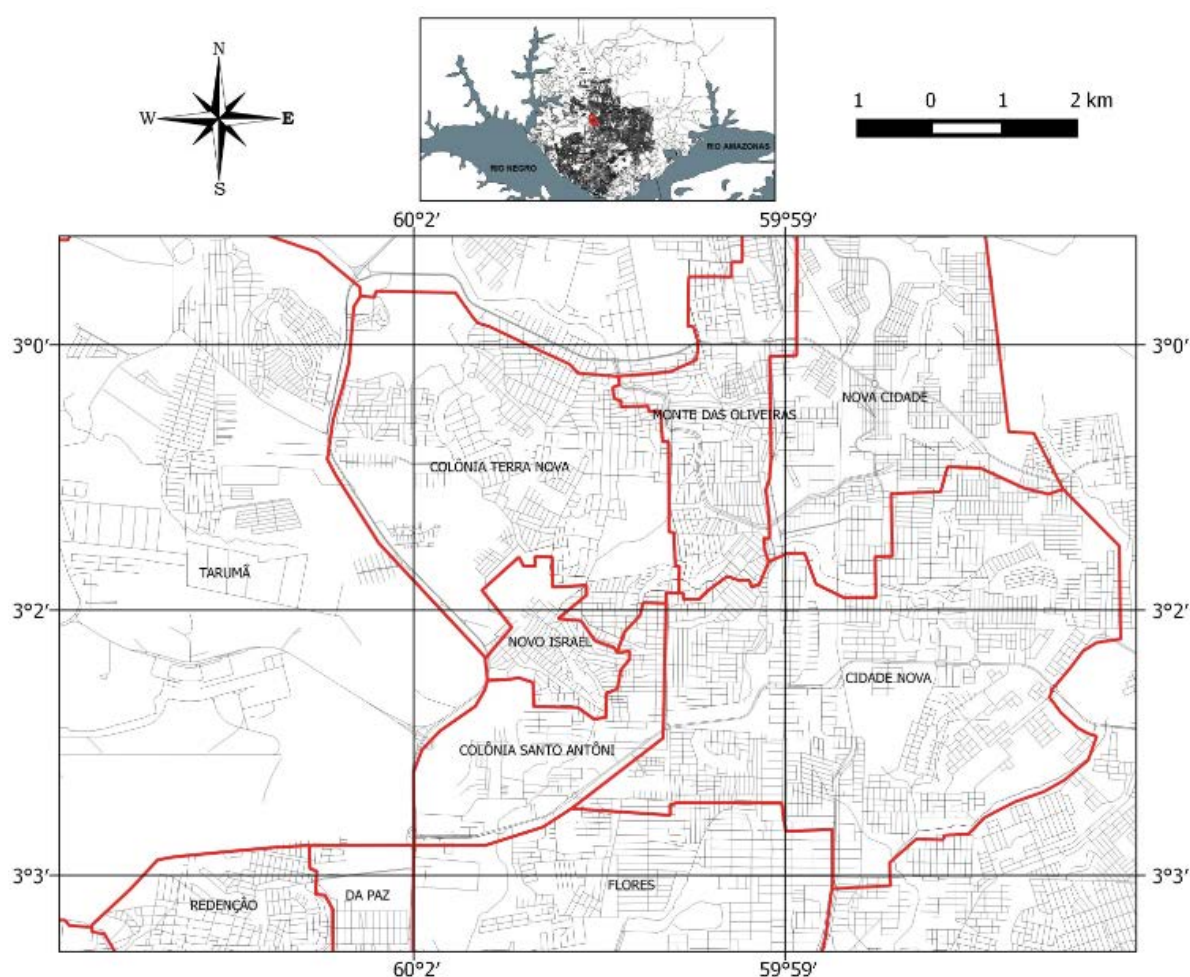


Figura 1. Localização da área de estudo.

Na área urbana de Manaus, muitas das ocupações ou “invasões” ocorridas nos últimos anos foram feitas em áreas impróprias para habitação, como encostas, nascentes de rios, barrancos ou mesmo em antigos depósitos de lixo, como o caso do bairro do Novo Israel, na zona norte da cidade.

Na década de 70 o bairro Novo Israel era utilizado para deposição dos resíduos sólidos do município de Manaus. Já na década de 80 o local foi aterrado e ocupado por famílias, e consequentemente, a perfuração de poços rasos “tipo Amazonas” e poços tubulares foram escavados no local para abastecimento residencial (Rocha e Horbe, 2006). Atualmente, existe cerca de 30 registros de poços tubulares em funcionamento, sendo

utilizados para diversos fins, tais como abastecimento urbano, doméstico e usos múltiplos (SIAGAS, 2015), e com população local de 16.823 habitantes (IBGE, 2010).

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLOGIA DA ÁREA

A área de estudo está situada sobre os sedimentos continentais da Formação Alter do Chão, oriundos da deposição de sedimentos continentais em ambientes aquosos, predominantemente lacustres e fluviais (Silva e Bonotto, 2000). A unidade Alter do Chão é representada por arenitos e pelitos avermelhados, relacionados a um sistema deposicional continental do Cretáceo Superior. Aparece assentada discordantemente sobre os calcários da Formação Nova Olinda, de idade carbonífera, em sua sucessão inferior é constituída predominantemente por arenitos, e em sua seção superior de constituição pelítica (CPRM, 2012).

O sistema de aquífero Alter do Chão, na cidade de Manaus, apresenta-se com uma espessura média de aproximadamente 160 m (porção saturada e arenosa da formação). A profundidade média do nível d'água é de aproximadamente 30 m, onde as maiores profundidades estão nos setores sudeste e nordeste, correspondendo a quase toda a porção oriental da cidade de Manaus. Para oeste, o nível d'água torna-se mais raso, chegando a aflorar em alguns locais, como no setor noroeste (CPRM, 2012).

Além de ser base do sistema público de abastecimento de água das três cidades mais populosas do interior do estado (Parintins, Itacoatiara e Manacapuru) e de mais de uma dezena de cidades menores, o sistema de aquífero Alter do Chão também complementa o abastecimento de água na capital amazonense (Gonçales e Miranda, 2014). Os poços profundos perfurados da área urbana do município, comumente apresentam vazões superiores a $100 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$; a capacidade específica média é de $2 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ e a transmissividade de $4,7 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ (Maia, 2010).

MATERIAL E MÉTODO

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram obtidos dados de poços tubulares junto ao Sistema de Informações de Águas Subterrâneas/SIAGAS da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais/CPRM.

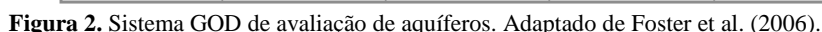
Sendo realizado um levantamento dos poços tubulares referente aos bairros Novo Israel, Colônia Terra Nova, Tarumã, Colônia Santo Antônio e Monte das Oliveiras, onde as informações requeridas para aplicação do método GOD foram: identificação dos poços (ID), uso da água, localidade, coordenadas UTM, situação de uso, tipo de Formação Geológica, descrição litológica por profundidade e nível estático.

DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD

O método GOD proposto por Foster e Hirata (1988) e modificado por Foster et al. (2006), baseia na análise de três parâmetros. O índice “G” (Groundwater hydraulic confinement) que é o grau de confinamento do aquífero, índice “O” (Overlaying strata) que corresponde ao tipo de litologia encontrada na zona não saturada, e “D” (Depth to groundwater table) que corresponde à profundidade do nível d'água (Foster et al., 2006).

Cada parâmetro possui um índice de acordo com suas características específicas, o parâmetro “G” que corresponde ao grau de confinamento do aquífero varia de 0 a 1, já o parâmetro “O” que se refere ao tipo litológico varia de 0,4 a 1, o parâmetro “D” que corresponde à profundidade do nível estático do aquífero varia entre 0,6 e 1.

O índice final de vulnerabilidade do aquífero corresponde ao produto dos três índices, onde valores mais próximos de 0 correspondem a menores índices de vulnerabilidade, já valores mais próximos de 1 correspondem a maiores índices de vulnerabilidade. A Figura 2 apresenta as etapas do método GOD na obtenção do índice de vulnerabilidade à contaminação do aquífero.



Já o parâmetro “D”, na área de estudo, a profundidade variou entre 5 a 109 metros, sendo atribuído índice 0,6 (profundidades >50 metros), 0,7 (profundidades entre 20 a 50 metros) e 0,8 para profundidades inferiores a 20 metros.

Para confecção cartográfica, foi utilizada a malha do setor censitário disponibilizado pelo IBGE, o sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), e base de referência SIRGAS 2000, Zona 20S.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de métodos de avaliação da vulnerabilidade de aquíferos tornou-se uma ferramenta útil para delinear áreas para a prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas. No presente estudo, os resultados obtidos com a aplicação do método GOD foram satisfatórios, levando em conta a quantidade de dados disponíveis e a escala de trabalho.

Na área do bairro Novo Israel e em seu entorno, os poços tubulares apresentam profundidade média de 149 metros, e nível estático com média de 41,2 metros, apresentando vazão média de $96,56 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. Com base na descrição litológica dos perfis de poços tubulares obtidos no SIAGAS, foi confeccionado um perfil litológico (Figura 3) da área que possibilitou um melhor conhecimento das características geológicas do sistema de aquífero.

De modo geral, a ocorrência de arenito fino intercalado a argilito e arenito argiloso é predominante na área do Novo Israel. A presença da seção argilito e arenito argiloso/silicificado que pode servir como proteção contra infiltração de poluentes no local, uma vez que as seções de argilito sobrepostas a arenitos podem formar zonas de baixa permeabilidade pelo preenchimento de poros.

A aplicação do método GOD permitiu identificar três classes de vulnerabilidade à contaminação, sendo elas: baixa, média e alta. A Figura 4 apresenta a distribuição das classes de vulnerabilidade na área de estudo. Com base neste, é possível verificar que o bairro Novo Israel apresentou, em grande parte, baixa vulnerabilidade à contaminação do aquífero, onde apenas uma pequena área na região oeste apresentou média vulnerabilidade.

Nesses locais, a presença de uma camada selante constituída em predominância por argilito, como observado na Figura 3, sendo consolidado à inconsolidados, pode servir como proteção contra a infiltração de poluentes no local, ou mesmo a locomoção do mesmo no meio.

No entanto, no entorno do bairro Novo Israel houve a ocorrência de média e alta vulnerabilidade à contaminação do aquífero. Nessas áreas, a presença de afloramento geológico de predominância arenosa, juntamente com o nível estático pouco profundo, agregou índice médio e alto. Essas áreas podem ser facilmente alcançadas por poluentes, uma vez que características hidrogeológicas, de modo geral, apresentam boa acessibilidade hidráulica por percolação (Duarte et al., 2015).

Como observado no perfil litológico (Figura 3), a área ocupada pelo antigo lixão apresenta uma camada de sedimentos de granulação fina (argilitos/arenito argiloso) na sua seção superior, este que serve como proteção natural contra a infiltração de poluentes, no entanto, em suas imediações a presença de afloramento arenoso pode ser um ponto de entrada dos poluentes no sistema de aquífero.

Por se tratar de uma área que apresenta um grande potencial de geração de contaminantes, como descrito por Rocha e Horbe (2006), é de suma importância o monitoramento físico-químico, bem como microbiológico das águas distribuídas por poços na área. O estudo da predominância de direção de fluxo local também se faz necessário, o que possibilitará verificar a provável direção da pluma contaminante em caso de contaminação.

Levando em consideração a quantidade de poços desativados na área de estudo (31 poços), é fundamental a identificação e o mapeamento desses, bem como a fiscalização de suas condições de desativação, pois, como descrito por Foster et al. (2006), este é um dos principais meios de entrada de contaminante no sistema de aquífero.

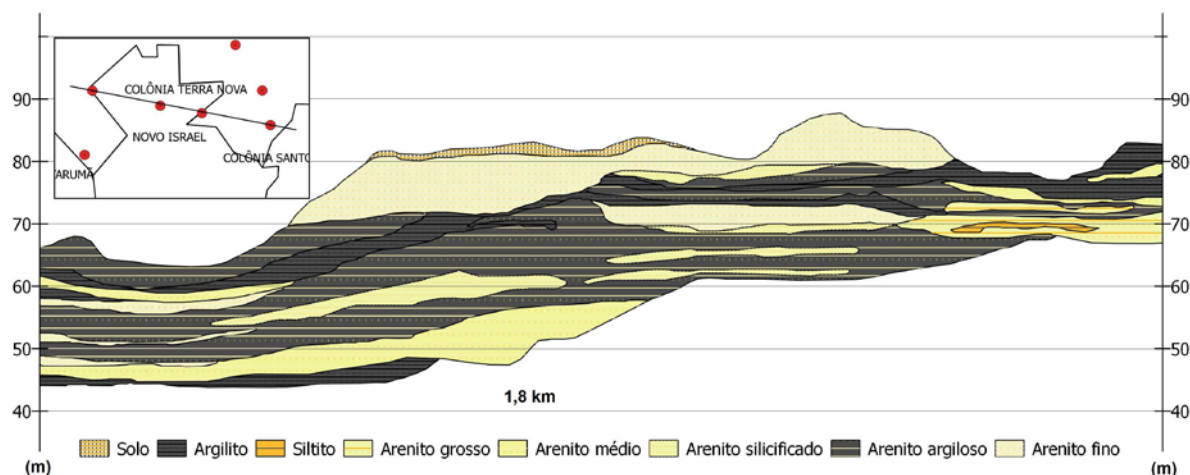


Figura 3. Perfil litológico da área de estudo elaborado com base nos dados de perfis de poços tubulares.

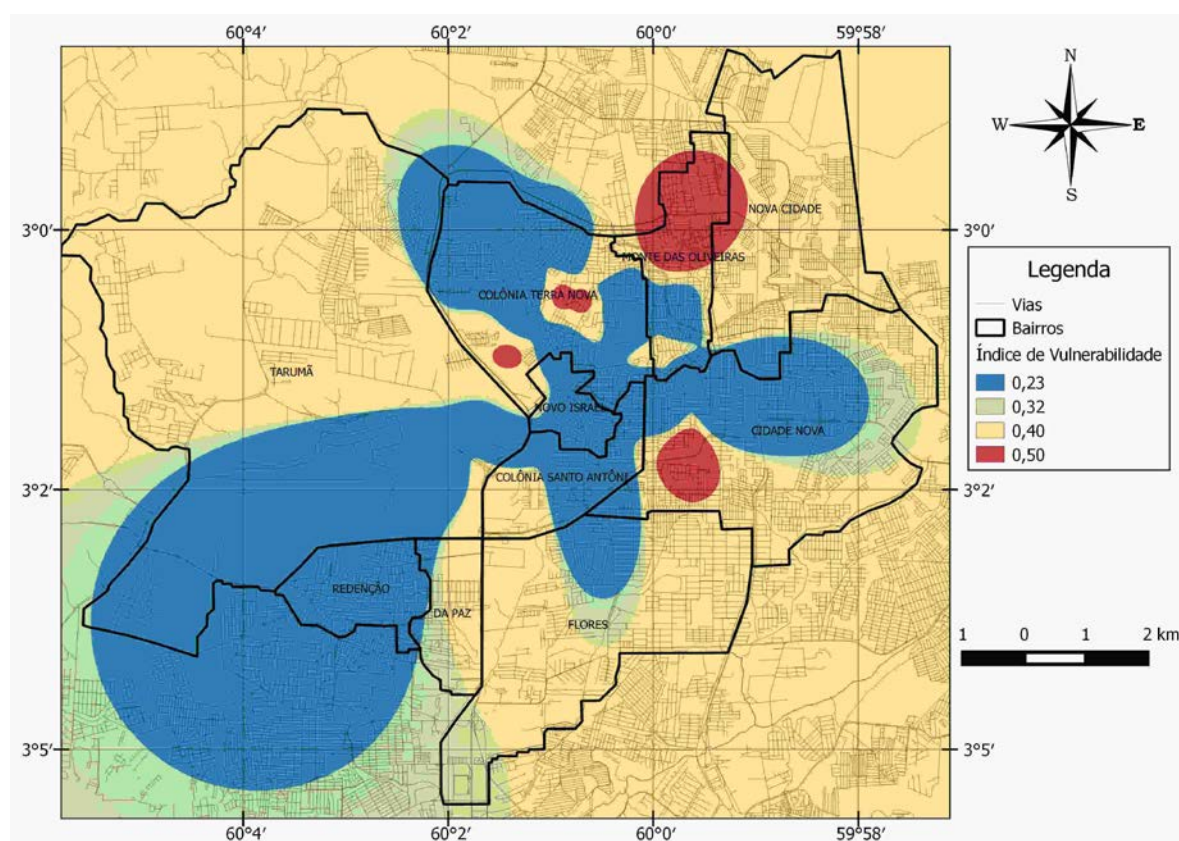


Figura 4. Mapa de vulnerabilidade à contaminação do aquífero na área do bairro Novo Israel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da avaliação de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos é identificar e classificar as áreas vulneráveis e não vulneráveis de modo que possibilitem o zoneamento, sua proteção e a implementação de estratégias de gestão que visam preservar a qualidade do manancial subterrâneo.

Nesse estudo, a aplicação do método GOD permitiu identificar a predominância de baixa vulnerabilidade na área ocupada pelo bairro Novo Israel. No entanto, no entorno do bairro existe predominância de média

vulnerabilidade à contaminação, e em alguns locais, alta vulnerabilidade à contaminação. O afloramento geológico de predominância arenosa pode ser ponto de entrada de contaminante no sistema de aquífero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, C. J. B.; MOURÃO, M. A. A. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Alter do Chão no Estado do Amazonas. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, p. 1-30. 2012.
2. ANA. **Atlas Brasil. Abastecimento Urbano de Água:** panorama nacional/Agência Nacional de Águas. Engecorps/Cobrape – Brasília. 2010.
3. CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Alter do Chão no Estado do Amazonas. Belo Horizonte; **CPRM – Serviço Geológico do Brasil**, 2012.
4. CUTRIM, A. O.; CAMPOS, J. E. G. Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis (MT) com aplicação dos métodos God e Posh. **Revista Geociências**, Rio Claro (SP), v.29, n. 3. 2010.
5. DUARTE, M. L.; ZANCHI, F. B.; NEVES, J. R. D.; NASCIMENTO, W. B. Mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação de aquífero no município de Humaitá/AM. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais Eletrônicos da ABES**; Rio de Janeiro, 2015.
6. FOSTER, S.; HIRATA, R. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO/PAHO/HPECEPIS, Lima, (**Relatório Técnico**). p. 81, 1988.
7. FOSTER, S; HIRATA, R; GOMES, D; D'ELIA, M; PARIS, M. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. São Paulo, **Servemar**, 2006. p.15-81.
8. GONÇALES, S. C. B.; MIRANDA, J. S. N. Caracterização da qualidade das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão, estudos de caso das estações da Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas (RIMAS – CPRM) no município de Manaus-AM. In: **XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Belo Horizonte – MG. 2014.
9. IBGE. **Censo Demográfico 2010. Indicadores de Bairros – Região Norte**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística /IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 Fevereiro, 2015.
10. MAIA, M. A. M. Geodiversidade do estado do Amazonas/Organização técnica Maria Adelaide Mansini Maia [et al]; **CPRM - Serviço Geológico do Brasil – Manaus**. 2010. p.59-71.
11. ROCHA, L. C. R.; HOBRE, A. M. C. Contaminação provocada por um depósito de lixo no aquífero Alter do Chão em Manaus-AM. **ACTA AMAZONICA**. v.36(3). 2006. p.307-312.
12. ROCHA, L. C. R.; HORBE, A. M. C. Contaminação provocada por um depósito de lixo no aquífero Alter do Chão em Manaus-AM. **ACTA AMAZONICA**. Vol. 36(3) 2006: p. 307 – 312.
13. SIAGAS, Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. 2015. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br>>. Acesso em: 23 Março 2015.
14. SILVA, M. L.; BONOTTO, D. M. Caracterização hidrogeoquímica na Formação Alter do Chão, Município de Manaus (AM). **1º Joint World Congress on Groundwater**. 2000, Fortaleza. CDROM of the 1st Joint World Congress on Groundwater. São Paulo: ABAS, 2000. p. 1-20.