

## IV-318 - ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS E DO ZONEAMENTO DO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA - ESTUDO DE CASO EM BAIROS PRIORITÁRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SANEAMENTO BÁSICO

**Amanda Queiroz Mito**<sup>(1)</sup>

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Especialista em Gestão Hídrica e Ambiental pela Universidade Federal do Pará.

**Adenilson Campos Diniz**<sup>(2)</sup>

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Engenheiro Sanitarista do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Parauapebas (SAAEP).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá – Belém – PA CEP: 66075-110 – Brasil – e-mail: [amanda.mitosa@yahoo.com.br](mailto:amanda.mitosa@yahoo.com.br)

### RESUMO

A água é um recurso natural limitado. Em sua gestão, as águas subterrâneas devem ser relevadas por representarem a maior parcela da água doce em estado líquido e por serem estratégicas para manutenção do ciclo hidrológico bem como para gestão da disponibilidade hídrica a longo prazo. A carência na infraestrutura de saneamento básico e de saneamento *in situ* são fatores que podem avariar águas subterrâneas, destinando a estas uma elevada carga contaminante. Assim, a gestão dos recursos hídricos deve ser parte importante no planejamento e na tomada de decisões do governo; e o zoneamento territorial, que leva em consideração a vulnerabilidade de aquíferos, é uma importante estratégia. Nesta perspectiva, realizou-se uma análise da vulnerabilidade de aquíferos e do zoneamento do município de Belém, identificando bairros prioritários para implantação de medidas de saneamento básico. Constatou-se que há bairros inseridos em zonas de conservação ambiental com população considerável e que todos os bairros que apresentam vulnerabilidade significativa de aquíferos precisam, em maior ou menor grau, de intervenções no saneamento básico. Em apenas 14% deles o abastecimento de água cobre mais de 90% dos domicílios e o esgotamento sanitário não cobre mais que 50% dos domicílios em 84% dos bairros. A maior cobertura dos serviços de saneamento básico refere-se aos resíduos sólidos, uma vez que em 76% dos bairros analisados, a coleta de resíduos ocorre em mais de 90% dos domicílios. Os bairros inseridos em zonas destinadas ao adensamento construtivo, populosos, com elevada carga contaminante, vulnerabilidade alta a extrema e com baixos níveis de saneamento básico são os que merecem maior diligência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Zoneamento territorial, Vulnerabilidade de aquíferos, Saneamento básico.

### INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural limitado dotado de valor econômico (PNRH, 1997) e sua conservação é imprescindível para que se alcance um desenvolvimento sustentável. Para tanto, a gestão descentralizada dos recursos hídricos deve ser parte importante no planejamento e tomada de decisões do governo. As águas subterrâneas ganham destaque por representarem a maior parcela das águas doces em estado físico líquido, geralmente ter boa qualidade natural e por, em alguns casos, apresentar inviabilidade técnica ou econômica para recuperação da qualidade de seus mananciais depois de contaminados, fato este que leva a manutenção da qualidade das águas subterrâneas ser indispensável (Foster *et al.*, 2006).

Em áreas urbanas, construções irregulares ou que não obedecem a critérios técnicos de engenharia, ou ainda com falhas na manutenção, podem intensificar os riscos de contaminação dos mananciais subterrâneos. Como exemplo, tem-se: zonas industriais mal instaladas ou operadas, poços que permitam o ingresso direto de água superficial ou subterrânea freática poluída, postos de gasolina que não realizam manutenção em seus tanques submersos, resíduos sólidos depositados em solo impróprio, cemitérios mal instalados, fossas negras adensadas, canais de drenagem permeáveis que recebem contribuições de esgoto sanitário, redes de esgotamento sanitário com precárias manutenções e estações de tratamento de esgoto sanitário que permitam a percolação de carga poluidora para o aquífero freático. Maiores devem ser as preocupações em aquíferos não confinados, especialmente nas áreas em que a zona vadosa é pouco espessa (Foster *et al.*, 2002).

A precariedade de infraestrutura em saneamento básico ocasiona a implementação de sistemas de saneamento *in situ*, como tanques sépticos, filtros biológicos e sumidouros que são, em maior parte, construídos sem obedecer a critérios técnicos de engenharia. É comum tanques, que deveriam ser estanques, permitindo a percolação do esgoto no solo, contribuindo para a recarga do aquífero. Há ainda situações em que os esgotos são destinados às fossas rudimentares, rede de drenagem, valas ou corpos hídricos.

Foster *et al.* (2006) afirmam que a proteção das águas subterrâneas deve estar baseada em quatro estratégias: mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos; delimitação das áreas de proteção das fontes de abastecimento de água subterrânea; cadastro de carga contaminante de subsolo; e monitoramento da qualidade da água subterrânea.

Ressaltam ainda a importância do zoneamento territorial como estrutura geral para o desenvolvimento e implementação das políticas de proteção da água subterrânea e defendem a adoção de programas de proteção da qualidade destas águas que incluam a definição do zoneamento do solo com base nas exigências de proteção de aquíferos. Assim, faz-se necessário um zoneamento urbano que considere a vulnerabilidade de aquíferos na delimitação de zonas, para a maior proteção destes mananciais.

Desta forma, este trabalho visa à identificação do nível de vulnerabilidade de aquíferos em cada zona do município de Belém, para que seja possível verificar se os objetivos e diretrizes abordados no planejamento municipal protegem a qualidade das águas subterrâneas por meio de um zoneamento que conserve as áreas com vulnerabilidade de aquíferos significativa ou, se fomentam os usos do solo potencialmente poluidores nestas áreas, que aumentam a carga contaminante destinada aos aquíferos. É importante ainda, verificar as atuais condições de saneamento básico nos bairros que apresentem vulnerabilidade significativa, visando tanto a identificação de bairros com carga contaminante elevada, os quais representam um risco à qualidade das águas subterrâneas, quanto a realização de um prognóstico das condições de saúde pública, visto que a precariedade de sistema de saneamento coletivo salienta a adoção de alternativas individuais, que podem ter sido instaladas ou estar sendo operadas sem segurança ambiental.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os bairros prioritários para implantação de medidas de saneamento foram definidos a partir do zoneamento do Plano Diretor; da vulnerabilidade natural significativa de aquíferos; da população, da densidade populacional, da carga contaminante, dos níveis de saneamento básico relacionados à rede geral de abastecimento de água, ao esgotamento sanitário e ao sistema de coleta de resíduos sólidos. Para tanto, utilizou-se a metodologia apresentada no fluxograma da Figura 1.

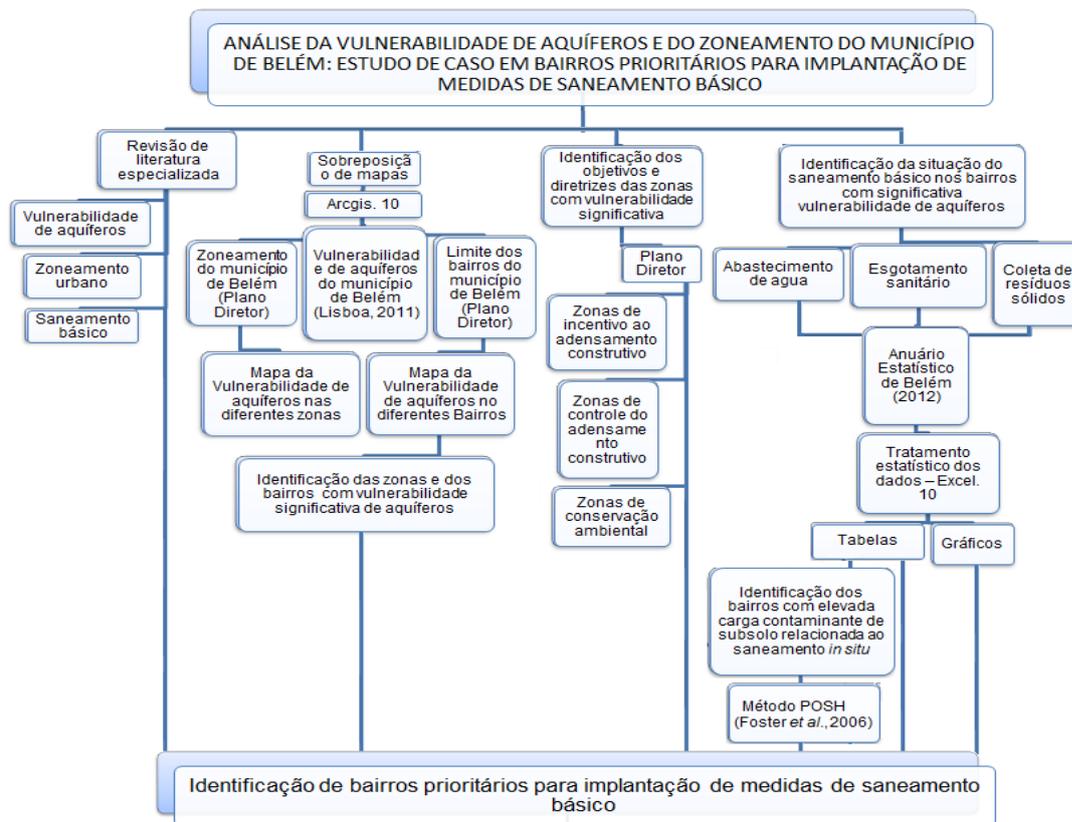
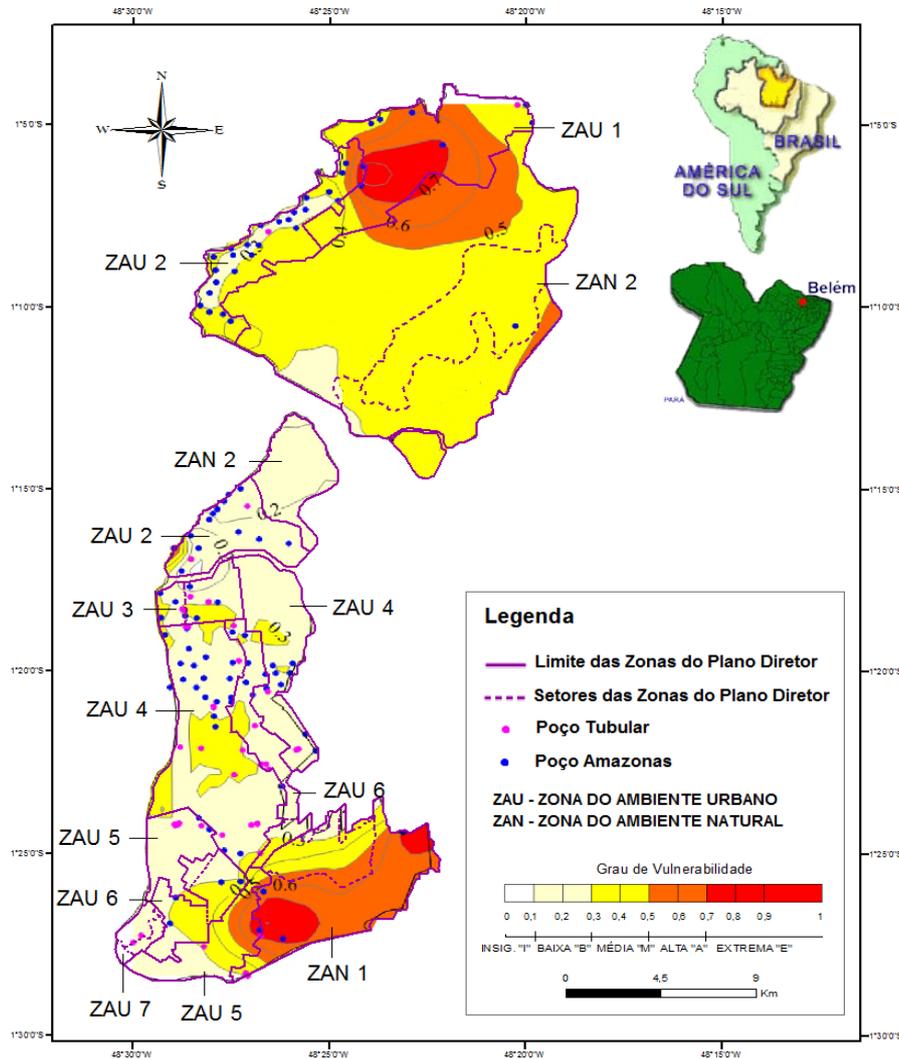


Figura 1: Organograma dos procedimentos metodológicos. Fonte: Autores, 2016.

## RESULTADOS

Devem ser tomadas medidas para conservação da qualidade de aquíferos de forma prioritária nas Zonas de Ambiente Urbano (ZAUs) que apresentem vulnerabilidade de aquíferos significativa, como as zonas de vulnerabilidade Média, Alta e Extrema. Tais zonas são: ZAU1, ZAU 2, ZAU 3, ZAU 4, ZAU 5, ZAU 6, ZAN1 e a ZAN 2.

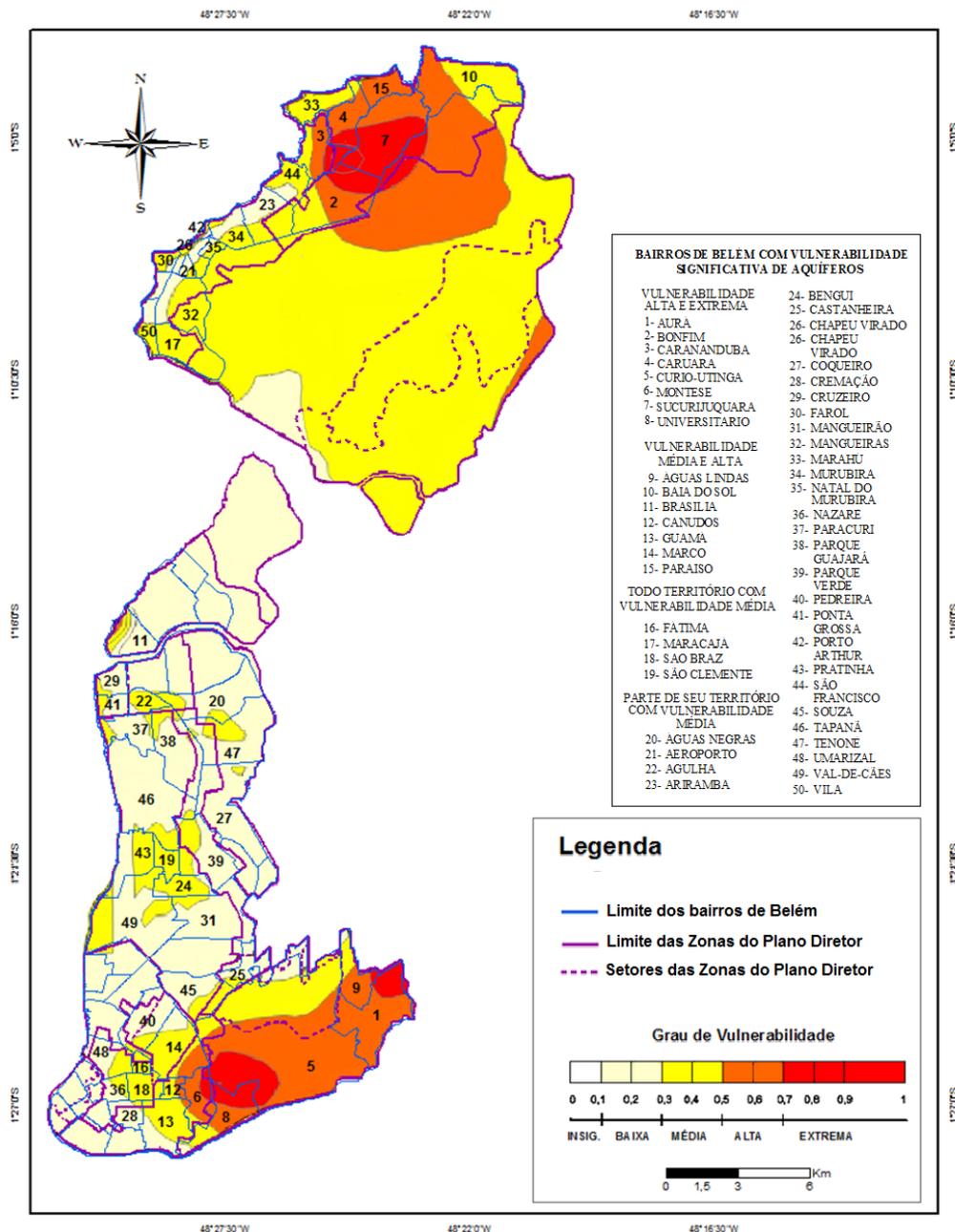
Na Figura 2, pode-se notar que a ZAU 7 apresenta Baixo grau de vulnerabilidade de aquíferos. As zonas ZAU 3, ZAU 4, ZAU 6 apresentam vulnerabilidade variando de Baixa a Média. A ZAU 2 tem sua vulnerabilidade variando de Baixa a Alta. A ZAU 5 e as Zonas de Ambiente Natural (ZANs) 1 e 2 têm seu grau de vulnerabilidade de aquíferos variando de Baixo a Extremo. A ZAU 1 varia seu grau de vulnerabilidade de aquíferos de Médio a Extremo, com predomínio de Alta e Extrema vulnerabilidade e uma menor fração correspondendo a vulnerabilidade Média.



**Figura 2: Vulnerabilidade de aquíferos nas diferentes zonas do zoneamento do Plano Diretor de Belém.**  
Fonte: Autores, 2016.

O município de Belém possui 71 bairros, em 50 deles foi possível observar vulnerabilidade significativa de aquíferos (correspondente a vulnerabilidade de Média a Extrema), conforme apresentado na Figura 3. Todos os bairros que apresentam vulnerabilidade significativa de aquíferos precisam, em maior ou menor grau, de intervenções no saneamento básico, pois em apenas 14% dos bairros analisados o abastecimento público de água cobre mais de 90% dos domicílios. Quanto a coleta de resíduos sólidos, em 24% dos bairros analisados, ela ocorre em menos de 90% dos domicílios. O esgotamento sanitário não cobre mais que 50% dos domicílios em 84% dos bairros. Todos os bairros do município de Belém que possuem vulnerabilidade de aquíferos significativa apresentam níveis da rede de esgotamento sanitário inferiores a 85%.

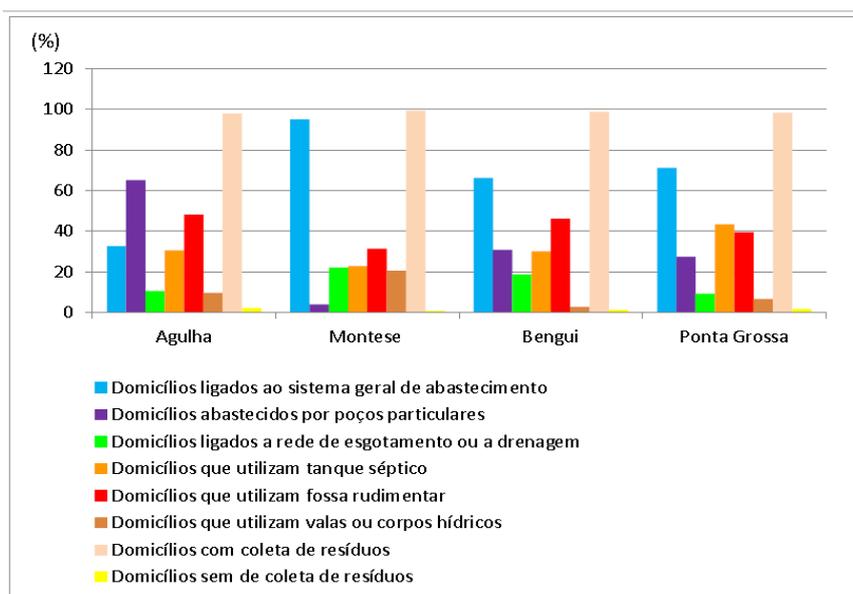
Dos 25 bairros inseridos em zonas urbanas de incentivo ao adensamento construtivo, 62,5% possuem índices de abastecimento de água inferiores a 80%; apenas 12,5% destes bairros possuem índices acima de 90%; e 25% possuem níveis de abastecimento variando entre 80 a 90%. Referindo-se aos resíduos sólidos, 95,84% dos bairros possuem coleta de resíduos atendendo mais de 90% dos domicílios.



**Figura 3: Vulnerabilidade de aquíferos nos diferentes bairros de Belém, de acordo com as zonas pertencentes. Fonte: Autores, 2016.**

### Carga Contaminante

De acordo com o método Pollutant Origin and its Surcharge Hydraulically (POSH) (Foster *et al.*, 2006), quanto ao potencial de carga contaminante de subsolo relacionada ao saneamento *in situ*, os bairros que apresentam carga contaminante elevada (cobertura da rede de esgoto inferior a 25% e densidade populacional superior a 100 hab/ha) são: Agulha, Montese (Terra Firme), Bengui e Ponta Grossa (Figura 4). Estes bairros, de elevada carga contaminante, têm seu sistema de coleta de resíduos cobrindo mais de 98%, mas apresentam carência no sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário; além disso, estão localizados em região de Média a Extrema vulnerabilidade. A situação se agrava devido à maioria do esgoto ter como destino fossas rudimentares, corpos hídricos e valas, podendo comprometer a qualidade da água captada pelos poços, que são em grande parte freáticos; bem como comprometer corpos hídricos superficiais ainda utilizados pela população local para o contato primário (lavagem de roupas, recreação, pesca, etc.), podendo elevar os índices de doenças de veiculação hídrica nestas áreas.



**Figura 4: Gráfico representativo da situação de saneamento nos bairros do município de Belém com elevada carga contaminante de aquíferos. Fonte: Autores, 2016.**

## CONCLUSÕES

O zoneamento urbano de Belém, de maneira geral, atende as necessidades de conservação de áreas de Alta e Extrema vulnerabilidade de aquíferos, embora a realidade de densidade populacional demonstre que falta fiscalização do uso do solo em alguma destas áreas.

No município de Belém, a maioria dos bairros apresenta vulnerabilidade significativa de aquíferos, com níveis de esgotamento sanitário não satisfatórios, com uma elevada carga contaminante direcionada aos aquíferos que existente em  $\frac{1}{4}$  (um quarto) de seus bairros.

Ações de saneamento básico que incluam a ampliação da rede de abastecimento de água potável e sistema de esgotamento sanitário em bairros inseridos em zonas destinadas ao adensamento populacional e com vulnerabilidade significativa são prioritárias.

Nos bairros incluídos em zonas urbanas de baixa densidade urbana ou zonas do ambiente natural, deve-se fiscalizar o uso do solo, para que seja compatível com o planejamento previsto. Em áreas de núcleos urbanos destes bairros, deve ser instalado ou ampliado o saneamento básico. Onde a ocupação humana possui menor densidade, não sendo viável a instalação de infraestrutura de saneamento, pode-se promover a educação ambiental dos moradores quanto à práticas ambientais saudáveis e sustentáveis, orientando-os sobre a qualidade da água de consumo e desinfecção, tratamento de esgoto sanitário e resíduos sólidos *in situ*.

A implantação ou ampliação de sistemas de saneamento devem ocorrer em localidades com presença de núcleos habitacionais, sendo urgente em bairros localizados em zonas de alta e extrema vulnerabilidade de aquíferos, com carga contaminante elevada, com consideráveis índices de ocorrência de doenças de veiculação hídrica e em bairros pertencentes à zonas de adensamento construtivo. Nos demais bairros, é prioritário o saneamento em localidades com baixos índices deste serviço e maiores densidades populacionais. Em localidades de baixo adensamento populacional, sendo inviável a implantação de sistema público de saneamento, pode-se proceder a educação de práticas sanitárias *in situ* seguras.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BELÉM. Plano Diretor de Belém: Lei nº 8.655/08. Belém: Câmara Municipal de Belém, 2008.
2. Blarasín, M., A. Cabrera, M. Villegas, C. Frigerio, e S. Bettera. Groundwater contamination from septic tanks system in twoneighborhoods in Río Cuarto City, Córdoba, Argentina. *International Association of Hydrogeologists–International Contributions to Hydrogeology* 21: 31–38. 1999.
3. FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D’ELIA, M.; PARIS, M. *Underground Water Quality Protection: a Guide for Water Utilities, Municipal Authorities and Environment Agencies*. Washington DC, USA: World Bank Publication, 2002.
4. LISBÔA, Érico Gaspar. Sistema de inferência fuzzy aplicado ao mapeamento da vulnerabilidade intrínseca de aquíferos. Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós-graduação em engenharia civil da Universidade Federal do Pará. Belém, 2011.
5. SEGEP. Anuário estatístico do município de Belém, v. 17, 2012 – Belém: Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão, 2012.