



## INTRODUÇÃO

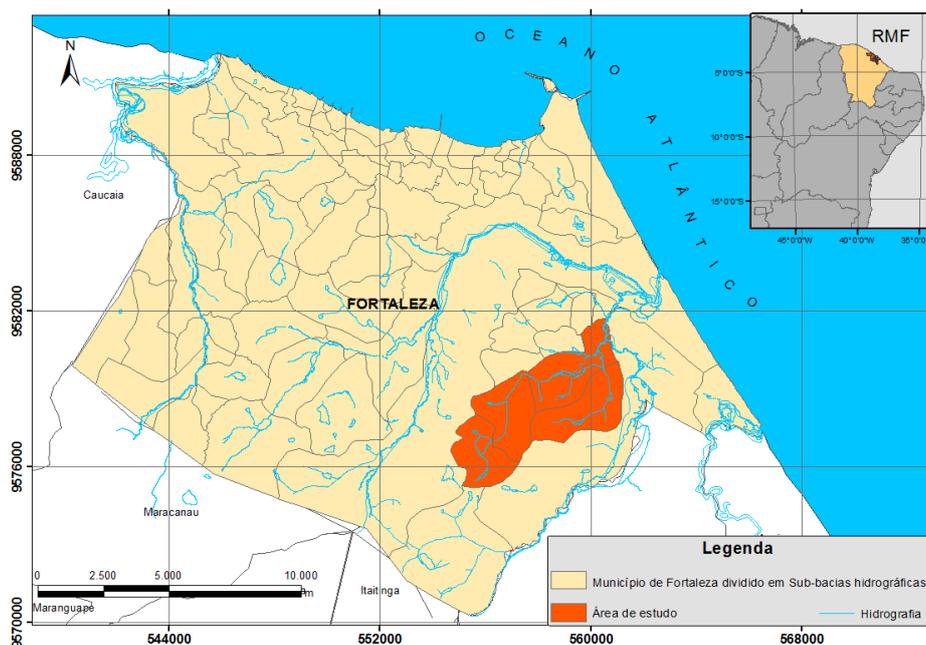
No Brasil estima-se que 70% das doenças infectoparasitárias que acometem a população são consequência da ausência de segurança hídrica, isto é, o acesso à água em quantidade mínima ideal e qualidade necessária. Estima-se em R\$ 2 bilhões o prejuízo anual para o Estado brasileiro em detrimento dessas doenças, que poderiam ser evitadas caso existisse além do abastecimento de água adequado, esgotamento sanitário para a população.

Nos últimos anos, grande quantidade de dados são gerados a partir dos recenseamentos e coletas estatísticas, a exemplo do Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sobretudo em áreas urbanas. Com os avanços realizados no Sistema de Informações Geográficas (SIG), é possível, a partir desse conjunto de dados, a criação de séries estatísticas e suas respectivas correlações espaciais, e a consequente produção de mapas temáticos, capazes de auxiliar o gerenciamento da saúde pública (SHAID *et al*, 2014) em seus diversos aspectos, apresentando em seu universo populações que se encontram em situação vulnerável para que medidas mitigadoras sejam tomadas a partir do poder público.

O SIG tem se mostrado uma ferramenta de grande potencial para a investigação de dados de salubridade espacial. Santos e Noronha (2001), Andrade e Szwarcwald (2001) e Silva *et al.* (2010) ressaltam que o planejamento em recursos hídricos é norteado pelos diagnósticos físicos associados a dados socioeconômicos capazes de gerar informações necessárias à condução de ações pelas instituições competentes. Esse Sistema contribui para o processo à medida que integra de maneira consistente os dados gerando informações geográficas que servem como subsídios para a gestão e planejamento em recursos hídricos, não apenas em áreas urbanas, mas onde quer que o uso e ocupação do solo interfira sobremaneira exigindo algum tipo de normatização (BATISTA E SILVA, 2006; PEIXOTO, 2016).

O presente trabalho trata dos resultados de avaliação, por meio do SIG, das condições sanitárias que interferem no abastecimento de água e no esgotamento sanitário em uma sub-bacia hidrográfica urbana. A metodologia empregada pode ser reproduzida para desenvolver relevantes resultados na situação sanitária de vários municípios, haja visto serem utilizados dados secundários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponíveis gratuitamente. Desse modo, se contribui para a gestão hidroambiental no espaço urbano, principalmente pela aplicação do SIG como uma ferramenta fundamental para a gestão, análise e interpretação de uma grande quantidade de dados disponíveis.

A área de estudo está inserida em Fortaleza (CE), onde a Bacia Hidrográfica do Rio Cocó drena a maior parte do município (**Figura 1**). Abrange vários bairros da cidade, total ou parcialmente, sobretudo aqueles periféricos, onde as condições sanitárias se mostram ineficientes consequência da intensa segregação socioespacial na cidade (SOUZA, 2009; BENTO, 2011).



**Figura 1** - Localização da área de estudo no município de Fortaleza, Ceará

## METODOLOGIA

O trabalho foi realizado com o suporte de um banco de dados integralizado. É desse modo que a análise espacial em SIG é baseada nas relações entre os *features* e seus atributos, representando a realidade através de um modelo passível de ser integrado com vários tipos de informações, possibilitando interpretações espaciais complexas (BERNHARDSEN, 1999). Foram utilizados os dados dos censos do IBGE de 2000 e 2010 referentes as variáveis “Abastecimento Hídrico” (AH) e “Esgotamento Sanitário” (ES) em uma perspectiva de evolução.

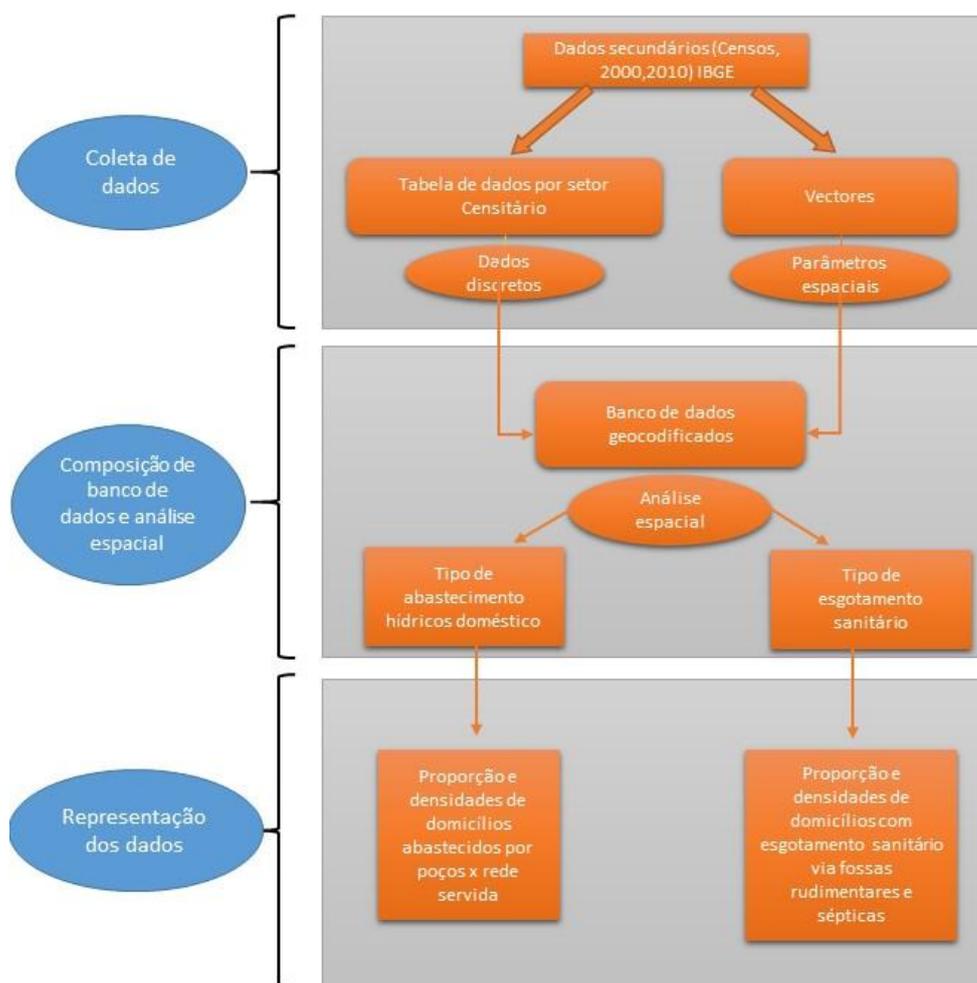
Deste modo, é possível dividir os dados utilizados em dois tipos, conforme consta na **Tabela 1**. Os dados analisados consideraram variáveis para que se mensurasse de maneira prática o abastecimento hídrico e o esgotamento sanitário, avaliados em perspectiva de evolução temporal entre 2000 e 2010.

**Tabela 1** - Conjuntos de dados trabalhados a partir dos Censos 2000 e 2010.

Conjunto de dados	Censo 2000	Censo 2010
Abastecimento hídrico	1. Número de domicílios servidos com rede de esgoto	
	2. Número de domicílios com abastecimento de fontes alternativas (poços, nascentes, lagoas etc.)	
Esgotamento sanitário	1. Número e proporção de domicílios com serviço de esgotamento sanitário via rede coletora ou pluvial	
	2. Número de domicílio com esgotamento sanitário via fossas sépticas ou rudimentares	
	3. Número de domicílios com esgotamento sanitário via sumidouro ou corpo hídrico superficial	

A aplicação na área de estudo dos dados de abastecimento hídrico e esgotamento sanitário foi veiculado a unidades espaciais consideradas como setores censitários. As planilhas de dados do censo do IBGE de 2010 foram inseridas como atributos dos setores censitários utilizados pelo IBGE para o levantamento censitário no mesmo ano (**Figura 2**).

Deste modo, através da ferramenta *Join* do *Arc Gis 10.2* se desenvolveu um banco de dados georreferenciado e geocodificado a partir de setores censitários. O setor censitário é a unidade territorial de coleta das operações censitárias com limites físicos identificados, em áreas contínuas e respeitando a divisão político-administrativa. O banco de dados relacional como atributo do formato vetorial permite análises espaciais complexas (OLAYA, 2011), ao passo que as características geométricas também podem ser relacionadas e analisadas conjuntamente com os atributos acessados a partir do mesmo banco de dados (RAMASUBRAMANIAN, 2010).



**Figura 2 – Workflow metodológico para a análise em SIG.**

Para a representação dos dados, e finalmente a interpretação destes, foi utilizada a análise a partir da diferenciação espacial (CORREA 2006, 2007; CARLOS 2007) existente em cada setor censitário, visto que cada um possui área diferenciada. Essa análise consistiu na normalização dos dados segundo a **Equação 1**.

$$D = N/A$$

**Equação 1**

Onde:

D = Densidade de domicílios;

N = Número de domicílios com esgotamento sanitário via fossas sépticas ou rudimentares;

A = Área de cada setor censitário (km<sup>2</sup>).

Tal procedimento foi realizado para comparação da densidade de fossas sépticas por setores censitários identificando, dessa forma, as áreas com maior volume de efluentes drenados para o meio subterrâneo. Sabe-se que as características distintas de hidrogeologia permitem diferentes capacidades de depuração de contaminantes gerados pelos efluentes (LIU *et al.*, 2013). Assim, há limites de quantidades de dispositivos estáticos de esgotamento sanitários que devem ser obedecidos e fiscalizados (PEIXOTO, 2016).

Além disso, também foi possível identificar a existência de fossas rudimentares por setores censitários, permitindo o reconhecimento das zonas onde as condições sanitárias são mais graves do ponto de vista das águas subterrâneas. Por sua vez, a maior utilização de fontes hídricas locais, a exemplo de poços rasos, sobretudo em áreas periféricas, indica maior probabilidade de contaminação veiculada ao consumo direto da água pela população.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Abastecimento de Água

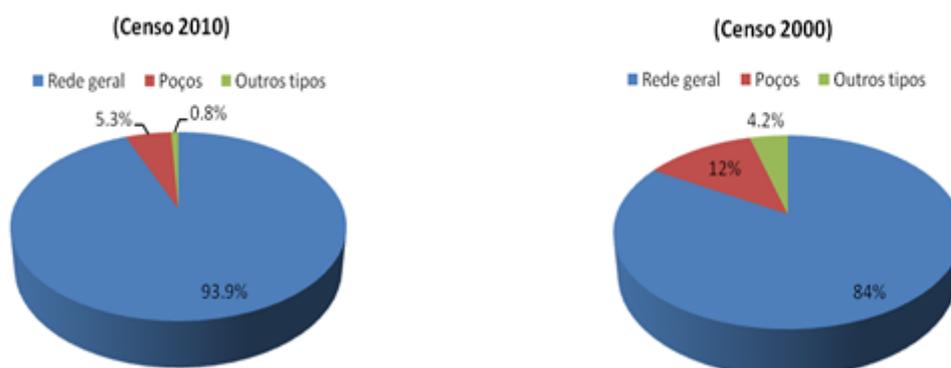
As condições sanitárias urbanas de abastecimento hídrico e esgotamento sanitário são de extrema importância para os assentamentos humanos e fazem parte do saneamento básico como um direito urbano reconhecido constitucionalmente.

Fortaleza, bem como sua Região Metropolitana, (RMF) é a maior consumidora de água do Estado, com uma demanda hídrica anual média de 1,2 milhão de m<sup>3</sup> para os anos de 2014 e 2015 (SRH, 2016). Praticamente toda a água consumida na cidade é proveniente de reservatórios de águas superficiais (açudes), fomentados por um modelo de gestão implementado a partir de 1992 com o plano de recursos hídricos do Estado do Ceará (TEIXEIRA, 2004). A pegada hídrica rápida calculada por Souza *et al.* (2014), de acordo com o método da *The Water Footprint Assessment Manual*, confere um consumo individual que varia de 606 m<sup>3</sup>/ano a 3.667 m<sup>3</sup>/ano, de acordo com o bairro onde se localiza a comunidade.

As águas subterrâneas também possuem importância relevante e, de acordo com Cavalcante (1998) e Quesado Junior e Cavalcante (2000), são utilizadas por aproximadamente 60% da população de forma direta ou indireta. Segundo Gomes (2013, p. 76) "...até o ano de 2002, foram cadastrados na RMF 12.704 poços, sendo que Fortaleza possui 7.281, dos quais 6.519 são particulares, 695 públicos e 67 não se tem informações".

Na área de estudo observa-se uma expansão da infraestrutura urbana que exerce padrões diferenciados de uso e ocupação do solo, bem como o uso dos recursos naturais disponíveis. No ano 2000, o número de domicílios era de 24.395 e no ano de 2010 esse número evoluiu para 25.207, ocorrendo um acréscimo de 812 domicílios, cuja expansão foi sobremaneira de tipologia horizontal. De acordo com Kurian (2010), o aumento de residências representa uma tendência atual nas grandes cidades, mesmo que venham apresentando diminuição do crescimento populacional. Este, por sua vez, teve seu auge no período de 1970 a 1996 quando a população da cidade cresceu 228%, passando de 856.980 para 1.954.656 moradores; atualmente, a população de 2016 é de 2.609.716 habitantes segundo o IBGE.

Observou-se ainda que durante os anos de 2000 e 2010 ocorreu a diminuição do número de domicílios abastecidos por água subterrânea, consequência da expansão da rede de abastecimento de água que, segundo a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), atinge 98% do território municipal. Assim, na medida em que ocorria a expansão do número de domicílios, ocorria também a substituição de fontes de abastecimento de água, consequência da expansão do uso do serviço de abastecimento. Entre 2000 e 2010 registrou-se um decréscimo de número de domicílios que utilizam água via captação subterrânea de 2.955 para 1.324. Desse modo, 94% dos domicílios da área passaram a ser abastecidos pela rede geral de distribuição. Houve, portanto, uma diminuição de 12% para 5,3% da proporção de domicílios que utilizam poços como fontes principais ou alternativas de abastecimento de água (**Figura 3**).



**Figura 3** – Evolução dos tipos de abastecimento de água na área de estudo.

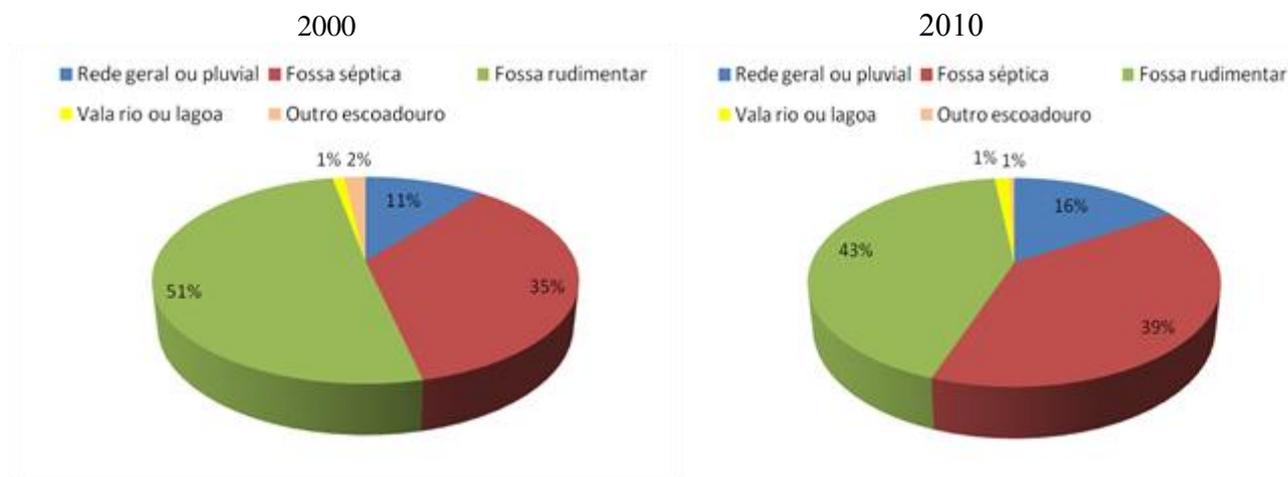
Esses dados significam, evidentemente, uma expansão no serviço de abastecimento de água tendo em vista o objetivo da universalização desse serviço na cidade. No entanto, a diminuição de abastecimento proveniente da água subterrânea não pode diminuir a preocupação da população com o ambiente subterrâneo local, sobretudo em função do não provimento adequado de esgoto doméstico, que aumenta vertiginosamente com a maior oferta e consumo de água servida balizado pelo processo de urbanização precária e desigual (SILVA *et al.*, 2010). Tal fato tende a aumentar a quantidade de *inputs* de efluentes no sistema hídrico subterrâneo promovendo, desse modo, a diminuição da qualidade da água subterrânea (PEIXOTO, 2016)

O aumento de domicílios abastecidos por poços não necessariamente representa a substituição completa do abastecimento, passando a consumir os serviços de água e esgoto oferecidos pela CAGECE e a consequente desativação do poço. Em muitas residências é comum a ocorrência das duas formas de abastecimento como forma de segurança para períodos em que ocorram o racionamento do fornecimento de água.

### Esgotamento Sanitário

Há evidências reais de condições inadequadas de esgotamento sanitário e do incipiente quadro de melhoria nessas condições, muito longe das ideais. Entre os anos de 2000 e 2010 houve um pequeno aumento do percentual de domicílios ligados à rede geral de serviço de esgoto, ou esgoto pluvial, além da diminuição percentual de fossas rudimentares; porém, em 2010 elas ainda representaram mais de 10.665 unidades responsáveis pela disposição de esgoto doméstico de 43% dos domicílios (**Figura 4**).

As fossas sépticas se encaixam como soluções alternativas aos sistemas coletores. Segundo Daltron Filho (2004), as fossas sépticas são soluções para áreas periurbanas onde existam infraestrutura de água encanada. De acordo com a NBR-7229 da ABNT (1993), o tanque séptico é uma unidade cilíndrica, ou prismática retangular, que permite o tratamento do efluente por meio do fluxo horizontal, que realiza processos de sedimentação, flotação e digestão podendo ser de câmara única ou câmaras em série. De fato, Silva *et al.* (2010) constatou que em áreas menos privilegiadas da cidade do Rio de Janeiro existem maiores quantidades de fossas rudimentares e sépticas associados aos setores sociais de baixo poder aquisitivo e baixa escolaridade. Esse quadro de segregação socioespacial dos serviços urbanos também foi observado por Bento (2011) na cidade de Fortaleza.



**Figura 4** – Evolução do Sistema de Esgotamento Sanitário de Domicílios, em Fortaleza (CE), entre 2000 e 2010.

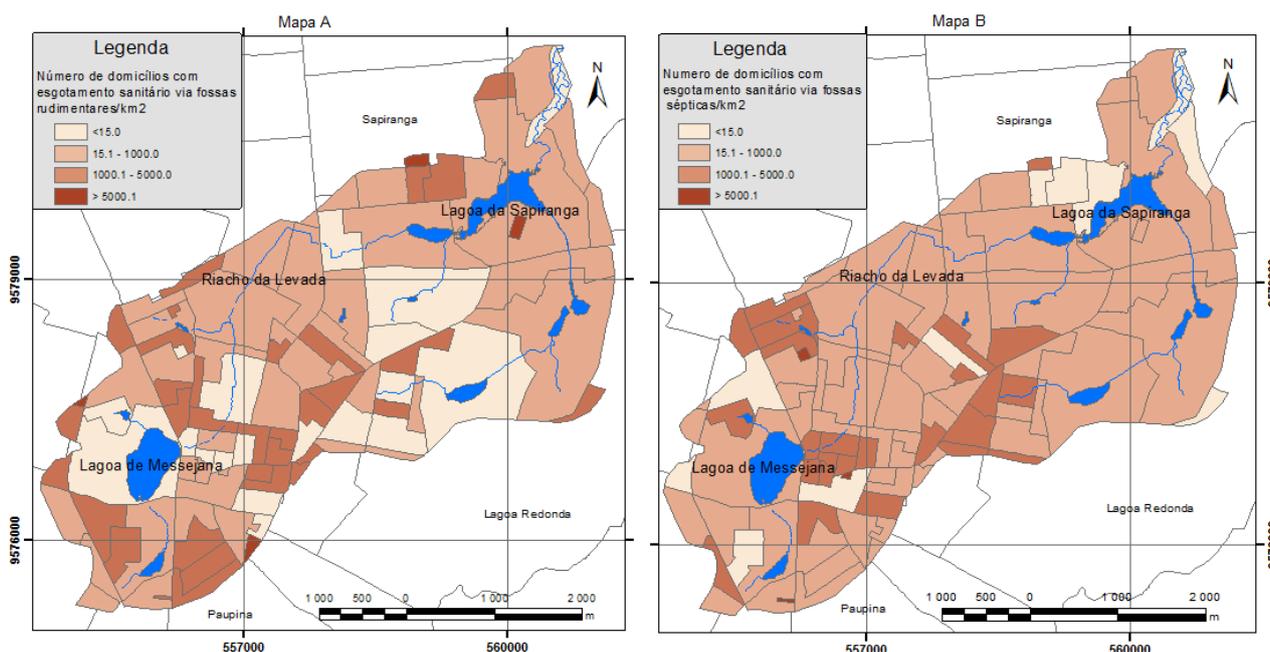
Contudo, o risco desses dispositivos atuarem como agentes contaminantes depende das condições hidrodinâmicas do meio subterrâneo, assim como a densidade destes por área. Beal *et al.* (apud OLIVEIRA E VON SPERLING, 2005) apontam os principais valores de densidade estabelecidos para fossas sépticas de acordo vários estudos realizados. Segundo Oliveira e Sperling (2011) “um fator essencial para o gerenciamento sustentável de sistemas estáticos de esgoto é a existência de área suficiente para a assimilação da carga potencial contaminante” (p. 100).

A NBR 13.969 da ABNT (1993) estabelece o limite de instalação de dispositivos de fossas sépticas por unidade de área, sendo este de 10 dispositivos/ha, ou seja, 1000/km<sup>2</sup>. Essa medida parte do princípio que é necessário que a densidade desses dispositivos não ultrapasse a capacidade de suporte local, que é correspondente a área, para remover os agentes contaminantes. No entanto, os valores de densidade de fossas sépticas capazes de causar a contaminação nas águas subterrâneas são variáveis entre 10/km<sup>2</sup> e 1.000/km<sup>2</sup>. Também oscilam em função das diferentes características do meio subterrâneo, natureza e grau mobilidade do contaminante. O recomendado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) é de que esse valor seja inferior a 15 unidades/km<sup>2</sup>, enquanto a recomendação da ABNT estabelece um número 66 vezes maior.

Estudos dos últimos 10 anos em cidades brasileiras atribuíram às fossas sépticas e rudimentares a principal fonte de contaminação por nitrato. Bernice (2010), na cidade de Urânia - SP, comprovou contaminação com valores de até 100 mg/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ressaltando que, se fosse implantado uma rede de coleta de esgoto 100% eficiente, seriam necessários 10 anos para eliminar os efeitos da contaminação sobre os aquíferos rasos e 90 anos em aquíferos mais profundos cujo topo se situa a 120 m de profundidade. Barbosa (2005) comprova concentrações acima de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > 45 mg/L em até 36% das amostras associadas a presença de efluentes domésticos via fossas sépticas e rudimentares no bairro Pinanema na cidade de Sedopédica (RJ). Carneiro *et al.* (2009), em estudo no Morro Santa Teresinha, localizado no bairro Mucuripe, em Fortaleza (CE), detectaram concentrações elevadas de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na água subterrânea, cuja principal fonte contaminante é atribuída à escassez do serviço de esgotamento sanitário em sua maioria realizado por fossas sépticas e rudimentares.

As densidades de fossas sépticas e rudimentares mostram a grande deficiência do esgotamento sanitário na área. As densidades de domicílios com esgotamento sanitário via fossas sépticas corresponde ao número desses domicílios dividido pela área do setor censitário que ele pertence. Observa-se que em muitos setores é ultrapassada a densidade estabelecida pela NBR 7229 de, no máximo, 1000 fossas sépticas/ km<sup>2</sup>, sendo esse limite superado em 29 (30%) setores censitários, ao supor que cada um desses domicílios possui, pelo menos, uma fossa séptica (Figura 5).

A quantidade de fossas sépticas totalizou 9.842 dispositivos e a densidade média é de 1.187,0 e mediana de 324,2 número de fossas sépticas/km<sup>2</sup>. Enquanto isso, o número de fossas rudimentares é de 10.665, e estas não atendem estruturalmente a qualquer tratamento prévio do efluente, ocorrendo maior probabilidade de atuarem como fonte contaminante, sobretudo porque na área, 38 (40%) dos setores censitários possuem densidades de domicílios com esgotamento via fossa séptica maiores que 1.000,1, contendo densidade média de 2.363,5 e média de 413,0 que corresponde ao número de fossas rudimentares/km<sup>2</sup>, ao supor que cada um desses domicílios possuem uma fossa rudimentar (Figura 5).



Figuras 5: (A) Densidades de fossas rudimentares/km<sup>2</sup>; (B) Densidades de fossas sépticas/km<sup>2</sup>. Fonte de dados: Censo 2010 (IBGE, 2011).

A fossa rudimentar, ou fossa negra, é aquela que não obedece aos requisitos construtivos e de operação estabelecidos na ABNT, tratando-se basicamente de resíduos dispostos diretamente em buracos ou valas sem qualquer tipo de mecanismos próprios para mitigação da carga poluente. Além destas, as valas também são obras inadequadas para disposição de esgotos. Na área de estudo, apenas 16% dos domicílios estão ligados ao sistema coletor de esgoto via rede geral ou pluvial, sendo que, 72 setores censitários (78%) não possuem rede coletora de esgoto.

## CONCLUSÃO

A metodologia adotada se mostrou eficiente para a espacialização do diagnóstico de situação sanitária em relação ao abastecimento de água e esgotamento sanitário em análise intraurbana. A análise feita por meio de dados concretos do IBGE mostra que há alternativa de baixo custo para a definição de áreas definidas pelo número de domicílios ligados a esses serviços básicos. De fato, a cobertura de rede de esgoto e abastecimento hídrico não agrande o atendimento aos domicílios. Assim a metodologia aponta para dados mais reais sobre a situação do saneamento básico no que tange aos componentes analisados.

A caracterização dos aspectos de saneamento mostrou uma condição insatisfatória, principalmente devido à falta de serviços de esgotamento sanitário de responsabilidade estadual. O comportamento do abastecimento de água ao longo do tempo mostra que há uma diminuição da utilização de poços como fonte de abastecimento. Quanto o esgotamento sanitário, a tendência é a diminuição da utilização de fossas rudimentares com o aumento da urbanização. Os dados mais recentes apontam que há oferta do serviço de abastecimento de água que atinge a quase totalidade dos domicílios, mas apenas 16% destes possuem serviço de esgotamento sanitário, corroborando para a utilização demasiada de sistemas estáticos de esgotamento sanitário (fossas sépticas e rudimentares). Além disso, algumas densidades de fossas sépticas ultrapassam em 100%, e em alguns casos em 500% as normas brasileiras e americanas, que são de 1000/km<sup>2</sup> e 15/km<sup>2</sup> respectivamente. Desse modo, as maiores densidades de fossas sépticas e rudimentares são áreas onde o risco da contaminação é elevado. Nesses lugares deve-se promover medidas de acesso ao abastecimento hídrico e controle qualitativo da água dos poços que são utilizadas como fontes alternativas ou prioritárias.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. L. T.; SZWARCOWALD, C. L. Análise especial da mortalidade neonatal precoce no Município do Rio de Janeiro, 1995 – 1996. **Cad. de Saúde Pública**, v. 17, n. 5. p. 1199 – 1210. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos** - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1993, p. 60.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.229. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanque sépticos**. Rio de Janeiro, 1993, p. 14.
- BARBOSA, C. F. Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em águas subterrâneas no Bairro Piranema, Seropédica – RJ. **Dissertação** (Mestrado em Geociências), 2005. 93p. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- BATISTA, M. E. M. SILVA, T. C. O modelo ISA/JP: indicador de performance para diagnóstico do saneamento ambiental urbano. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 11 n. 1. . p. 55 – 64. 2006.
- BENTO, V. R. S. Centro e Periferia em Fortaleza Sob a Ótica das Disparidades da Infraestrutura do Saneamento Básico. **Dissertação** (Mestrado em Geografia). 2011. 173p. Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.
- BERNHARDSEN, T. **Geographic Information Systems: an introduction**. 2 ed. *John Wiley & Sons*: New York, 1999, p.372.
- BERNICE, A. M. Evolução da Contaminação por Nitrato em Aquíferos Urbanos: estudo de caso em Urânia (SP). **Dissertação** (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). 2010. 141p. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

- CAVALCANTE, I.N. Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. 1998. 153p. **Tese** (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- CENSO DEMOGRÁFICO 2000. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/resultados\\_do\\_universo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf)>. Acesso em: mar. 2013
- CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/resultados\\_do\\_universo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf)>. Acesso em: mar. 2013.
- CORRÊA, R. L. Construindo o conceito de cidade média. IN: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (Org.). **Cidades Médias: espaços em transição**. São Paulo: Expressão Popular, 2007. p. 37 – 58.
- CORRÊA, R. L. O estudo sobre a rede urbana: uma proposição metodológica. IN: CORRÊA, Roberto Lobato. **O estudo sobre a rede urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 16 – 39.
- DALTRON FILHO, J. **Saneamento Ambiental: doença, saúde e o saneamento da Água**. Aracaju: Editora da Universidade Federal de Sergipe, 2004. p. 233
- IBGE CIDADES, **Síntese do município de Fortaleza, Ceará**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/2304400>, Acesso em 13 de janeiro de 2017.
- LIU, C. W.; WANG, Y.; B. JANG, C. S. Probability-based nitrate contamination map of groundwater in Kinmen. n. 185. **Environmental Monit. Assess**, p. 10147 – 10156, 2013.
- OLAYA, V. **Sistema de Información Geográfica**. Versión 1.0, 2011. Disponível em: [ftp://ftp.ehu.es/cidira/profs/iipbaiza/Libro\\_SIG.pdf](ftp://ftp.ehu.es/cidira/profs/iipbaiza/Libro_SIG.pdf). Acesso em: 12 de janeiro de 2017.
- OLIVEIRA; S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Potenciais Impactos de Esgotamento Sanitário na Água Subterrânea: revisão de literatura. v. 16, n. 4. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre/RS: ABRH, 2011, p. 85 – 108.
- PEIXOTO, F. S. Efeitos do uso e ocupação do solo na qualidade das águas subterrâneas no sudeste do Município de Fortaleza/CE. **Dissertação** (Mestrado em Geologia), Universidade Federal do Ceará, 2016, 129 p.
- QUESADO JUNIOR, N.; CAVALCANTE, I. N. Hidrogeologia do Município de Fortaleza – CE. In: Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas 1. Fortaleza, 2000. **Anais...** Fortaleza: ABAS, 2000.
- RAMASUBRAMANIAN, L. **Geographic Information Science and Public Participation**. Springer: Berlin, 2010. p. 323
- SANTOS, S. M. NORONHA C. P. Padrões espaciais de mortalidade e diferenciais socioeconômicos na cidade do Rio de Janeiro. **Cad. De Saúde Pública**. V. 17, n. 5 2001, p. 1099 – 1110.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Plano de Segurança Hídrica: Região Metropolitana**. Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PLANO-SEGURANCA-HIDRICA-RMF-CAGECE-PDF.pdf> Acesso em 13 de janeiro de 2017.
- SHAHID, S. U.; IQBAL, J. HASNAIM, G. Groundwater quality assessment and its correlation with gastroenteritis using GIS: a case study of Rawal Town, Rawalpindi, Pakistan. **Environ Monit Assess**, N. 186, 2014.P. 7525 – 7537.
- SILVA, L. P. S.; ROSA, E. U.; SILVA, C. P. P. Caracterização de parâmetros físicos e do saneamento ambiental de bacia experimental-representativa localizada na baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Ambiente e Água**. v. 5 n. 3, 2010, p. 132 – 144.
- SOUZA, M. S. Análise da Estrutura Urbana. In: DANTAS, E. W. C. SILVA, J. B.; COSTA, M. C. L. **De cidade à metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza- CE**. Edições UFC: Fortaleza, 2009. p. 214.
- TEIXEIRA, F. J. C. **Modelos de Gerenciamento dos Recursos Hídricos: análises e propostas de aperfeiçoamento do sistema do Ceará**. Ed. 1. Banco Mundial/Ministério da Integração Nacional: Brasília 2004. p.122.