

SIMULAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA REGIÃO METROPOLITANA DA ILHA DE SÃO LUÍS

SIMULATION OF WATER AVAILABILITY IN THE METROPOLITAN REGION OF SÃO LUIZ ISLAND

TATIANE DE DEUS SILVA^{1*}, DENILSON DA SILVA BEZERRA², LUÍS AURÉLIO ABREU DA SILVA³, KARINA COQUEIRO MENDES⁴, TAYSSA RAUANNY SILVA JANSEN⁵, PLÍNIO SÉRGIO CARVALHO FORTES JUNIOR⁶

1. Graduanda em engenharia ambiental. Universidade Ceuma; 2. Doutor em Ciências do Sistema Terrestre. Universidade Ceuma. 3. Graduando em engenharia ambiental. Universidade Ceuma; 4. Graduanda em engenharia ambiental. Universidade Ceuma; 5. Graduanda em engenharia ambiental. Universidade Ceuma; 6. Pós-graduando em Latu Sensu Engenharia Ambiental. Universidade Ceuma.

* Rua 02, Quadra 03, Casa 16, Conjunto Araçagy I Cohatrac, São Luís, Maranhão, Brasil. CEP: 65052060. tatisestmt02@gmail.com

Recebido em 09/11/2016. Aceito para publicação em 11/01/2017

RESUMO

Para suprir as atividades antrópicas há necessidade de haver maior consumo hídrico. Nas grandes metrópoles o uso da água se torna cada dia mais intenso. Tem se percebido no decorrer dos anos que o crescimento populacional da Ilha de São Luís que compreende as cidades de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa vem aumentando significativamente, o que pode levar ao questionamento se a disponibilidade hídrica dos sistemas naturais pode acompanhar a crescente urbanização. Visando esta possível problemática, este estudo tem como objetivo simular a relação de demanda e oferta hídrica da Ilha de São Luís, através de ferramentas de geoprocessamento e modelagem espacial para realizar uma projeção espaço-temporal e relacionar a disponibilidade hídrica das cidades analisadas e o crescimento populacional, no intervalo de 2010 a 2050. Para realizar este estudo foi utilizado um modelo de consumo de água, utilizando o software TerraMe implementado em linguagem LUA para realizar a simulação do abastecimento das cidades em estudo e software TerraView 4.2.0 para gerar mapas dinâmicos. Com a análise dos resultados, foi possível verificar que os locais já apresentam problemas quanto ao abastecimento de água de forma contínua e esse pode gerar um quadro de indisponibilidade hídrica total.

PALAVRAS-CHAVE: São Luís, disponibilidade hídrica, crescimento populacional.

ABSTRACT

To supply the anthropic activities there is a need for greater water consumption. In large metropolises the use of water becomes more and more intense. It has been perceived over the years the population growth of the Island of Sao Luiz comprises the cities of Sao Luiz, Saint Joseph of Ribamar, Rapoza and Lumiar Ward are significantly increasing, can lead to ques-

tioning if water availability of natural systems can accompany the growing urbanization. Aiming at this possible problem, this study is simulated the relation of demand and water supply of the Island of Sao Luiz through geoprocessing and spatial modeling tools to perform a space-time projection and relate the water availability of the cities analyzed and the population growth, in the range of 2010 to 2050. This study was used a model of water consumption, using the software TerraMe implemented by the language LUA to simulation of the supply of the cities under study and software Terra View 4.2.0 for generate dynamic maps. With analysis of the results were possible to verify that the sites already present problems regarding the water supply of continuous form and this can generate a picture of total water unavailability.

KEYWORDS: Sao Luiz, water availability, population growth.

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial para natureza e ao ser humano, sendo o principal elemento básico para a manutenção da qualidade de vida humana e aos processos biológicos. A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), caracterizada pela Lei Federal Nº 9.433/97, indica a água como sendo um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico, sendo a prioridade o consumo humano e a dessedentação dos animais.

Principalmente nos grandes centros urbanos, o consumo da água vem aumentando significativamente, porém fica a dúvida se a oferta de água é suficiente para atender a demanda oriunda do aumento da população mundial. Um dos fatores é o desperdício e uso irracional dos recursos hídricos, tendo como os maiores consumidores a agricultura e a indústria (BEZERRA *et al.*, 2008).

O Brasil vem enfrentando uma grave crise hídrica,

principalmente nas regiões nordeste e sudeste, sendo fruto da falta de conscientização quanto ao uso, desperdício, perda na rede de distribuição e falta do tratamento de esgotos, sendo que maior parte dos municípios brasileiros não dispõem de sistemas de tratamento, e são lançados esgotos sem tratamento todos os dias nos mananciais, diminuindo mais ainda a disponibilidade hídrica (TUNDISI, 2008).

No cenário nacional, analisando a relação entre disponibilidade hídrica com a atual demanda de água é possível salientar que há necessidade por partes dos tomadores de decisão, de haver proposição de novas metodologias para a reestruturação dos sistemas de abastecimento de água, principalmente pelo fato de haver inúmeras perdas ocorridas nas redes de abastecimento, assim como, também, devido ao aumento populacional (BEZERRA *et al.*, 2008); um exemplo bem marcante é a atual estado de escassez hídrica observado no sudeste, principalmente na região metropolitana de São Paulo.

Diante do aumento do consumo e do quadro de escassez hídrica observados recentemente no Brasil, o presente estudo pretende propor um modelo de simulação computacional um possível colapso hídrico na ilha de São Luís, que compreende os municípios maranhenses de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa através de geoprocessamento e modelagem, utilizando o crescimento populacional e a oferta hídrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho descrito demarca a região da grande Ilha de São Luís, delimitada pelas cidades maranhenses de São Luís, São Jose Ribamar, Paço Lumiar e Raposa. Ela encontra-se situada na Região Costeira do Estado do Maranhão e limita-se ao norte com o Oceano Atlântico; ao sul, com a baía de São José e o Estreito dos Mosquitos; a leste com a baía de São José e a oeste com a baía de São Marcos, nas coordenadas 02°22'23" e 02°51'00" Lat. Sul; 44°26'41" e 43°59'41" de Long. A oeste na feição geológico-geomorfológica do Golfão Maranhense, sendo esta uma articulação regional da costa brasileira caracterizada por ser um grande e complexo sistema estuarino, destacando-se as baías de São Marcos e São José (MASULLO; SANTOS, 2014).

Primeiramente foram feitos os levantamentos das coordenadas geográficas da região da ilha que compreende os quatro municípios. Após, foram coletados dados populacionais do IBGE de cada município correlacionando com o consumo de água sendo medido em litros por segundo, relacionando também com a densidade populacional.

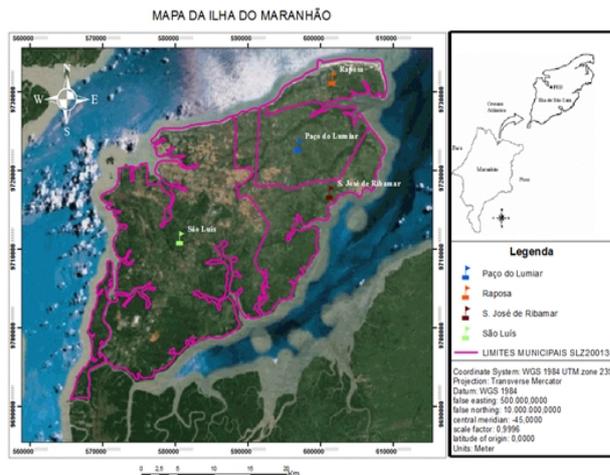


Figura 1. Delimitação geográfica da Ilha de São Luís. Fonte: Autores (2015).

Procedimentos metodológicos

Primeiramente, houve uma etapa de levantamento das informações geográficas referentes ao perímetro da região da ilha que compreende os quatro municípios que contemplam o estudo de caso. Após esse momento, foram coletados dados populacionais do IBGE de cada município correlacionando com o consumo de água sendo medido em litros por segundo, relacionando também com a densidade populacional.

Cabe mencionar que o modelo descrito acima, foi implementado em linguagem LUA (para mais detalhes acessar <http://www.lua.org/about.html>) e para isso, foi utilizado os softwares TerraMe e TerraView 4.2.0. realizando a simulação do abastecimento das cidades em estudo para gerar mapas dinâmicos, ambos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Já para montagem do mapa com as coordenadas geográficas, foi utilizado o Quantum Giz 10.2.

Fonte de dados

Para realizar o estudo foram coletados os dados socioeconômicos como a população urbana, consumo doméstico de água (das residências) e a densidade demográfica; estes dados são oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Agência Nacional de Águas. O Quadro 1 evidencia os dados utilizados na presente pesquisa.

Quadro 1. População e densidade demográfica dos municípios da Ilha em 2010

Município	População Urbana	Consumo de água L-s	Densidade demográfica
São Luís	1.014.837	4304	1215,69
José de Ribamar	163.045	209	419,82
Raposa	26.327	51	409,10
Paço do Lumiar	105.121 7	121	842,63

Fonte: ANA (2017).

Modelo de consumo urbano de água para a Ilha de São Luís.

Foi adotado como modelo o consumo de água por parte da população urbana que se estende com o aumento da população no período adotado (2010 a 2050) em relação à vazão média dos municípios de São Luís, São Jose de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar. O modelo possui três módulos, a saber:

1. **Modulo 1** – Crescimento populacional médio, adotando-se a taxa de crescimento para a região nordeste referente ao período 2001/2005 (1,36%), segundo IBGE. Sendo utilizada a equação $Q_n = Q_0 * (1 + r)^t$, onde Q_n e Q_0 correspondem população urbana no final e no começo do período considerado (respectivamente), r taxa média de crescimento geométrico, t corresponde ao número de anos do período analisado (CARVALHO et al 2008).

2. **Modulo 2** – Estimativa da demanda populacional por água, onde foi realizada uma parametrização levando-se em consideração as estimativas da Agência Nacional das Águas (ANA), referentes à situação inicial de consumo de água para os municípios da Ilha do Upou-Açu. Assim, por parametrização, à medida que houver aumento populacional, haverá uma intensificação do consumo de água por parte da população urbana.

3. **Modulo 3** – Critério de pressão sobre os recursos hídricos (CPRH), este índice foi efetivado com intuito de mensurar a pressão da população urbana sobre os recursos hídricos, a formula é $CPRH = [Demanda\ média\ por\ curso\ (m^3/s) / Vazão\ média\ (m^3/s)\ do\ Município] \times 100$. Segundo a ANA, quando o valor do CPRH ultrapassar o limiar dos 20%, o sistema de abastecimento de água entra em colapso e precisa de grandes investimentos para sua reabilitação.

Tabela 1. Critérios para análise do grau de pressão sobre os recursos hídricos.

Demanda (D) / Vazão (Q) média X 100	Situação
D/Q < 5%	Água considerada um bem livre, com pouca atividade de gerenciamento sendo praticada
5% ≤ D/Q ≤ 10%	Situação ainda confortável, com necessidade de gerenciamento para solução de abastecimentos locais
10% < D/Q ≤ 20%	Atividade de gerenciamento indispensável, com investimentos médios
D/Q > 20%	Situação crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos

Fonte: Agência Nacional de Águas/Atlas do Nordeste⁷

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente adotou-se que a oferta estava em equilíbrio com a demanda hídrica em todos os municípios da Ilha, uma vez que possui boa disponibilidade hídrica superficial e subterrânea (SILVA, 2005). O processo de simulação foi realizado considerando o intervalo de tempo de 2010 a 2050, conforme um aumento populacional de uma progressão aritmética; assim à medida que

há uma expansão no número de pessoas em cada município da Ilha. A Figura 2 evidencia o cenário inicial para a relação demanda urbana por água e disponibilidade hídrica.

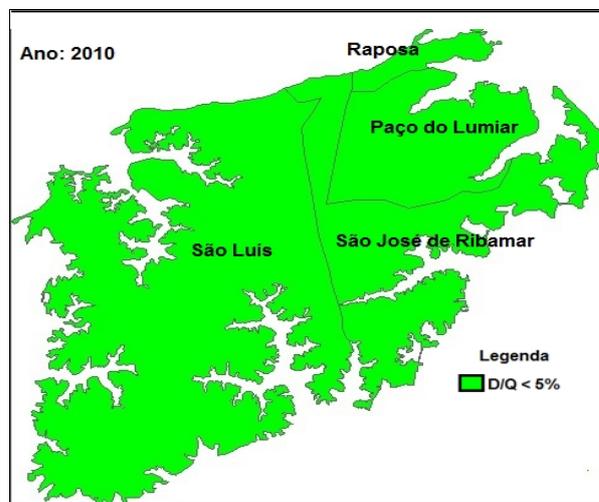


Figura 2. Situação iniciação para o consumo de água na Ilha de São Luís em 2010. Fonte: Autores(2015).

Foi percebido que a densidade populacional da cidade de São Luís e São José de Ribamar são maiores dentre os municípios da ilha e que o consumo hídrico e a densidade demográfica é diretamente proporcional, chamando a atenção que o alerta diante da disponibilidade hídrica pode ser mais preocupante nessas cidades, pois o consumo urbano geralmente são maiores em regiões metropolitanas. A figura 3 demonstra isso de forma clara, pois de acordo com a simulação projetada, em 2020 essas cidades já ultrapassaram o limite da disponibilidade hídrica e que as cidades de Raposa e Paço do Lumiar, ainda estão dentro do limite.

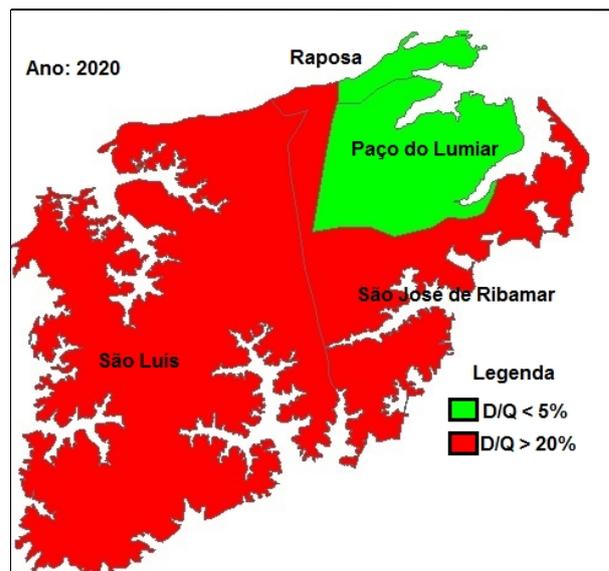


Figura 3. Cenário do CPRH para a Ilha de São Luís em 2020. Fonte: Autores (2015).

Já na Figura 04, podemos perceber que o quadro de disponibilidade hídrica na cidade de Raposa caminha para o rumo da escassez e que medidas devem ser adotadas com urgência, enquanto que nos demais municípios percebe-se que já foi estabelecido um cenário de colapso hídrico. O modelo de simulação apresenta que no ano de 2050 a Ilha será tomada por um quadro de grave crise hídrica, pois a demanda populacional nesses locais vai superar a disponibilidade de água cedida.

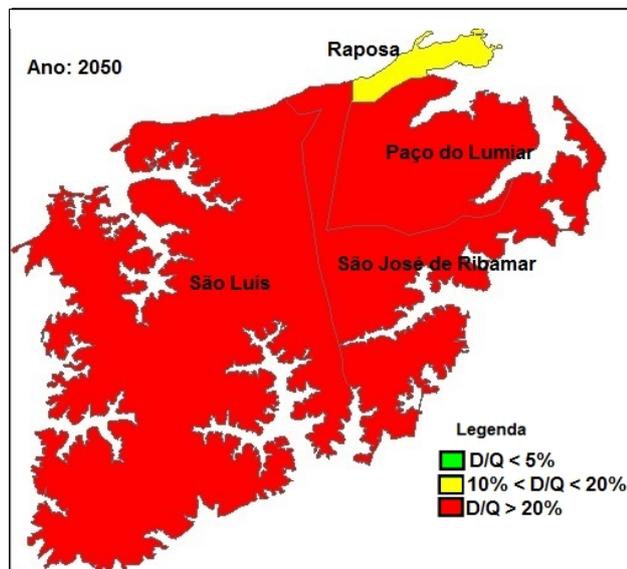


Figura 4. Cenário do CPRH para a Ilha de São Luís em 2050. Fonte: Autores (2015).

4. CONCLUSÃO

Através dos dados simulados na presente pesquisa, pode-se inferir que o crescimento populacional para a área de estudo aumenta significativamente a cada ano e que isso, pressiona a oferta da água, pois a mesma não acompanha o cenário de intensificação da demanda do aumento da população; principalmente, quando se trata de grandes aglomerados urbanos como é o caso da área de estudo. O modelo de simulação adotado apresenta limitações, pois o mesmo contempla poucas variáveis e cenários; contudo, serve como um protótipo para experimentos de modelagem mais complexos, que sirvam como ferramentas auxiliares para os tomadores de decisão e órgãos públicos responsáveis por questões hídricas. Para que assim sejam tomadas atitudes eficazes de mitigação para um eventual cenário de colapso hídrico para a área da Ilha de São Luís. E por fim, apesar das limitações do modelo proposto, o mesmo pode ser utilizado em outras áreas com problemas semelhantes quanto ao tocante de análise de risco para o sistema público de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

- [1] AMARAL, S.; BEZERRA, D. S.; CARIDADE, E. O.; MARTINS DOS SANTOS, J.G; SOUSA, E. R; SOUSA, M. O. Uso de modelagem e de geoprocessamento para a análise da relação demanda urbana/disponibilidade hídrica no Maranhão – Estudo de caso: A bacia hidrográfica do rio Munin. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.
- [2] BEZERRA *et al.* Análise espacial do abastecimento de água dos municípios da zona costeira do maranhão, nordeste do Brasil. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, 21:63-74. 2008.
- [3] MASSULO, Y. A. G.; SANTOS, J. R. C. Geoprocessamento aplicado a análise do avanço do processo de urbanização e seus impactos ambientais da ilha do maranhão. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/ 24 a 27/11/2014.
- [4] CARVALHO DOS SANTOS, J. R ; SILVA MENDONÇA, J.K; Situação Ambiental da Ilha do Maranhão/ Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. – São Luís: IMESC, 2011.
- [5] FERNANDES, J. R. R. *et al.* Oferta e demanda de água na Ilha de São Luís-MA. 2003. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 18 a 23 de setembro de 2005 - Campo Grande/MS.
- [6] Agência Nacional de Águas (ANA). Atlas do Abastecimento Público de Água. Disponível em <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso 07/01/2017.
- [7] SILVA, L. P. Modelagem e geoprocessamento na identificação de áreas passíveis de riscos de inundação e erosão. Relatório Técnico. CNPq-CTHIDRO – Fundo Setorial de Recursos Hídricos, 2005, 15 p.
- [8] TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos avançados 22(3), 2008.