

# UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR HIDRÁULICO QESG NO BAIRRO DE SÃO JOÃO DO OUTEIRO – BELÉM/PA

Revista da Universidade Vale do Rio Verde

ISSN: 1517-0276 / EISSN: 2236-5362

v. 17 | n. 1 | Ano 2019

**Peri Guilherme Monteiro da Silva**

Universidade da Amazônia – UNAMA  
peri-guilherme@hotmail.com

**Bruna Rafaela Martins dos Santos**

Universidade da Amazônia - UNAMA  
brunaa\_santoos@hotmail.com

**Marco Valério de Albuquerque Vinagre**

Universidade da Amazônia - UNAMA  
valeriovinagre@unama.br

**Leonardo Augusto Lobato Bello**

Universidade da Amazônia - UNAMA  
leonardobello@unama.br

## RESUMO

O objetivo geral deste trabalho foi analisar o desenvolvimento e as funcionalidades do software QGIS dispondo do plugin de simulação hidráulica QESG, utilizando a rede coletora de esgoto existente no bairro do São João do Outeiro, no distrito do Outeiro-PA. O software escolhido é livre, possui fácil instalação, porém a disposição de materiais auxiliares na utilização do mesmo é escassa. Para o desenvolvimento do estudo foi realizado a análise com o auxílio de dados disponíveis no banco de dados da Companhia de Saneamento do Pará, a fim de simular dados reais. Os resultados obtidos após as simulações manifestaram a eficiência do uso do plugin QESG junto ao software QGIS, sendo possível analisar os principais parâmetros para sistemas de esgoto, como tensão trativa, velocidade crítica e lâmina Y/D, a fim de que sejam avaliados conforme a NBR 9649 (ABNT, 1986). No entanto, notou-se dificuldade de aproximar esta simulação totalmente da realidade, tendo em vista que o plugin considera apenas um diâmetro para a rede coletora em sua totalidade. Portanto, concluiu-se que esta ferramenta está voltada apenas para o auxílio em simulações de sistemas de esgoto e não como uma ferramenta de projeto.

**Palavras-chave:** QGIS. QESG. Rede coletora de esgoto. Simulação hidráulica.

## USE OF HYDRAULIC SIMULATOR QESG IN THE SÃO JOÃO DO OUTEIRO NEIGHBORHOOD – BELÉM/PA

## ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the development and functionalities of the QGIS software, using the hydraulic simulation plug-in QESG, using the sewage system in the district of Outeiro-PA. The chosen software is free, has easy installation, but the provision of auxiliary materials in the use of it is scarce. For the development of the study, the analysis was performed with the aid of data available in the database of the Companhia de Saneamento do Pará, in order to simulate real data. The results obtained after the simulations showed the efficiency of the use of the QESG plugin with the QGIS software, and it is possible to analyze the main parameters for sewage systems, such as tensile, critical velocity and Y / D blade, in order to be evaluated according to NBR 9649 (ABNT, 1986). However, it was noted that it is difficult to approach this simulation completely from reality, considering that the plugin considers only one diameter for the collecting network in its entirety. Therefore, it was concluded that this tool is only aimed at aiding in simulations of sewage systems and not as a design tool.

**Keywords:** QGIS. QESG. Sewer network. Hydraulic simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico influi diretamente no impacto na qualidade de vida, na saúde, na educação, no trabalho e no ambiente, abrangendo a atuação de múltiplos agentes em uma ampla rede institucional. No Brasil, está marcado por uma grande desigualdade e por uma grande deficiência ao acesso, principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

Apenas 42,67% dos esgotos do país são tratados. Sendo a Região Norte com o menor índice de tratamento de esgotos. A falta de tratamento adequado ocasiona na população a sensibilidade a várias doenças, principalmente de veiculação hídrica. Doenças como: malária, diarreia, cólera, febre tifoide e infecções gastrointestinais (SNIS, 2015).

No saneamento básico são adotados diversos modelos matemáticos ou computacionais a fim de representar a realidade de informações adquiridas no campo, possibilitando o estudo do comportamento hidráulico em múltiplos contextos, analisando e direcionando a tomada de decisões. A evolução destes modelos computacionais está atrelada a capacidade e a velocidade de processamento de dados, concedendo a realização de cálculos com maior velocidade e precisão, nos quais demonstram quais ações são mais rentáveis de maneira financeira e operacional (PALO, 2010).

A insuficiente infraestrutura de esgotamento sanitário, além de ser prejudicial à saúde, reflete na origem de uma poluição concentrada que podem ocasionar na redução da

disponibilidade hídrica por deterioração de qualidade de água dos meios receptores, convertendo-se em problemas de abastecimento hídrico. (REANI; SEGALLA, 2006).

É notável que um sistema coletor de esgoto inadequado seja uma ameaça à saúde pública, sabendo deste alarmante fato toma-se necessária a tomada de decisões que objetivem minimizar este problema. Este trabalho visa mostrar o comportamento do sistema de esgoto do bairro do São João do Outeiro, de acordo com simulações realizadas no software QGIS com o *plugin* QESG.

Justifica-se a escolha do programa na sua eficiência do suporte dado ao gerenciamento de dados coletados e objetivando na disseminação desta ferramenta que se mostra como alternativa a melhorar os sistemas de esgoto, a partir de simulações computacionais, por meio do software, avaliando viabilidade.

A escolha do programa também foi ocasionada pela oportunidade de comparar os resultados obtidos, com trabalhos apresentados anteriormente na mesma área. De acordo com Carvalho e Nascimento (2016), foi realizada a simulação hidráulica da rede de esgoto do bairro de São João do Outeiro através do software SWMM (*Storm Water Management Model*), no qual precisou sofrer adaptações para que a simulação viesse a ser viabilizada.

Diante da dificuldade de utilização do programa citado anteriormente, para as simulações de esgotos, tem-se como uma nova proposta a utilização do QESG. Portanto, a comparação dos resultados de Carvalho e

Nascimento (2016) com os resultados obtidos nesta análise torna-se importante para verificar a viabilidade do programa e complemento utilizado.

## **2. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

O conceito de um sistema de informações geográficas - SIG é utilizado para sistemas que desenvolvem o tratamento computacional de dados geográficos. A evolução do conceito de SIG está atrelada a diferentes áreas de utilização desta ferramenta que culminaram para o seu desenvolvimento. Sua utilização tem como objetivo geral o auxílio a decisões. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica (MIRANDA, 2010).

Os SIGs podem ser utilizados em diversas áreas de conhecimento, como: otimização de tráfego, gerenciamento de serviços de utilidade pública, demografia, entre outros. Este sistema faz a integração de dados, manipula e exibe dados geograficamente referenciados. O nível de sofisticação dos programas foi evoluído ao ponto de realizar diversas operações complexas ao mesmo tempo (MELO, 2008).

Os programas de informações geográficas possuem uma variedade de arquiteturas internas. A análise das diferentes arquiteturas de SIG pode indicar a existência de pontos fortes ou fracos em cada sistema, baseados na sua finalidade de uso que interfere em aspectos como o desempenho, a capacidade de gerenciamento de grandes bases de dados, a capacidade de utilização simultânea por múltiplos usuários e a capacidade de

integração com outros sistemas (CÂMARA et al 2001).

A utilização de modelos computacionais para o dimensionamento de redes coletoras de esgoto está crescendo e se tornando cada vez mais difundida, por conta da sua facilidade em incorporar dados, precisão e agilidade na obtenção de resultados. Estas ferramentas oferecem ao usuário a simulação de dados reais para que eles venham a ser interpretados e sirvam de norteadores de decisões. Existem diferentes softwares que podem ser empregados na análise de redes coletoras de esgoto, dentre eles, serão apresentados a seguir o SWMM, SANCAD, CESH e o QESH.

## **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O estudo baseou-se em uma área na ilha de Caratateua, popularmente conhecida como Outeiro, esta área foi selecionada pela proximidade de apenas 35km do centro da cidade tornando-se a ilha mais próxima da capital paraense. E por permitir análise comparativa com trabalho anterior realizado por acadêmicos da Universidade da Amazônia, na mesma área de estudo, porém com outro programa computacional.

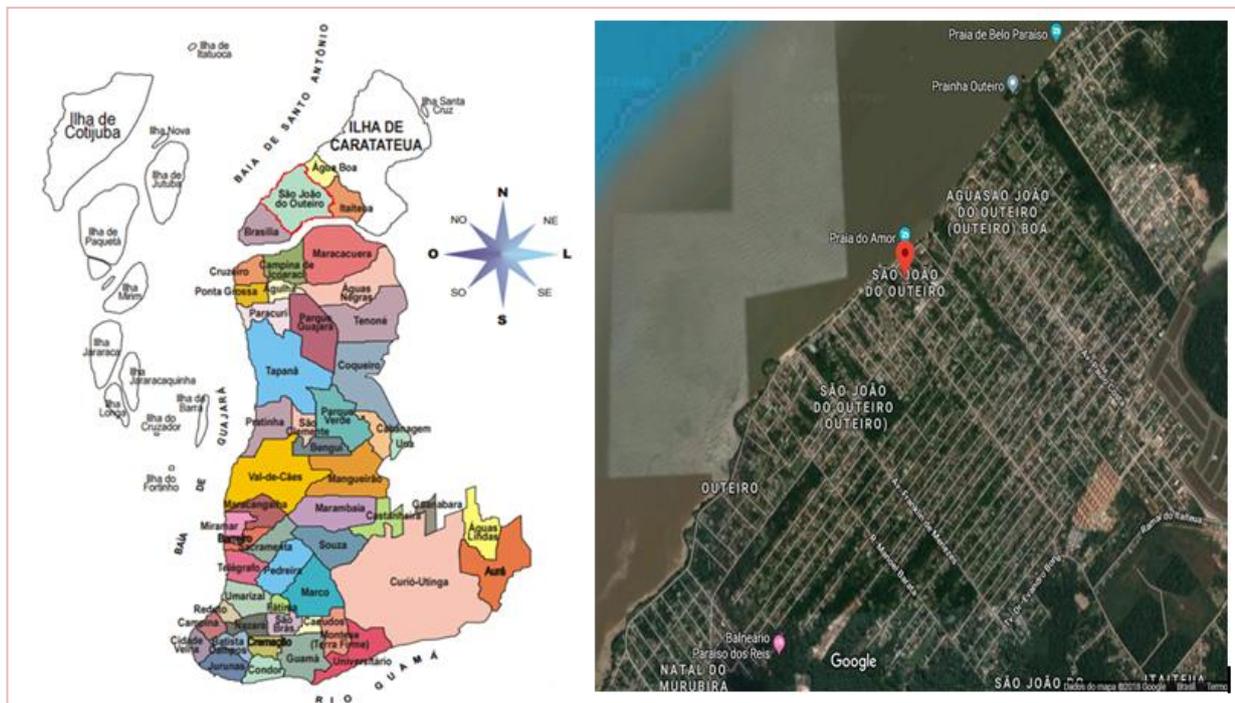
Outeiro é um dos oito distritos administrativos da capital paraense, Belém, este subdistrito tem como componente de sua extensão territorial o bairro de São João de Outeiro.

De acordo com a Lei nº 7806 de 30 de julho de 1996, o bairro de São João do Outeiro compreende a área envolvida pela poligonal que se inicia na interseção da Baía de Santo Antônio (Praia Grande), com a projeção da Rua Heitor

Costa e segue por esta até a Av. Nossa Senhora da Conceição. A Figura 1 faz a caracterização espacial e das delimitações dos subdistritos da

capital paraense dando destaque a São João de Outeiro, assim como a caracterização física a partir de imagem de satélite do local de estudo.

**Figura 1** – Localização de São João do Outeiro



Fonte: COSANPA (2004) e Google Maps (2018).

#### 4. METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa iniciou-se com a delimitação da área a ser estudada, delimitando o espaço a ser analisado pelo *software* escolhido.

O *software* escolhido para utilização foi o QGIS, manipulando o *plugin* QESG desenvolvido pelo engenheiro civil Jorge Almério Sousa Moreira, para o *software* QGIS com o objetivo de auxiliar no projeto de redes de esgoto, através da simulação das mesmas. Este complemento se utiliza das facilidades e recursos inerentes a um ambiente SIG para apoiar a organização, desenvolvimento, dimensionamento e apresentação final do projeto de uma rede de esgoto.

Este *software* é uma ferramenta livre que possibilita ao usuário a criação de mapas com várias camadas, utilizando diferentes projeções. A estrutura da rede aplicada atende aos seguintes princípios: o *plugin* considera a rede formada por um ou mais coletores; coletor principal possui o PV final da rede; os coletores são divididos em um ou mais trechos.

Pela utilização do *plugin* no QGIS, é possível compor mapas a partir de camadas *raster* e/ou vetoriais, inserindo dados como pontos, linhas ou polígonos. Sendo possível o aumento da extensão dos seus recursos através de complementos.

Durante a utilização do *software*, é possível configurar informações básicas, como: população inicial; população de saturação;

diâmetro mínimo; coeficiente de retorno; coeficiente de máxima vazão diária; coeficiente de máxima vazão horária; entre outros parâmetros. Esta facilidade de inserção de dados é uma das vantagens da utilização do *plugin*, tendo em vista a oportunidade da utilização de dados reais.

Após a inserção de dados, é possível verificar e criar campos padrões para o dimensionamento hidráulico da rede de esgoto, que posteriormente são preenchidos automaticamente através de cálculos de vazão e dimensionamento da rede. A seguir, os dados obtidos podem ser analisados através de tabelas e perfis dos coletores projetados, conforme mostrado nos capítulos posteriores a este.

Posteriormente a escolha de software e *plugin* tem-se a necessidade de levantamento de critérios do projeto, estes com valores justificados por normas brasileiras da ABNT ou informações da Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA em seu memorial descritivo

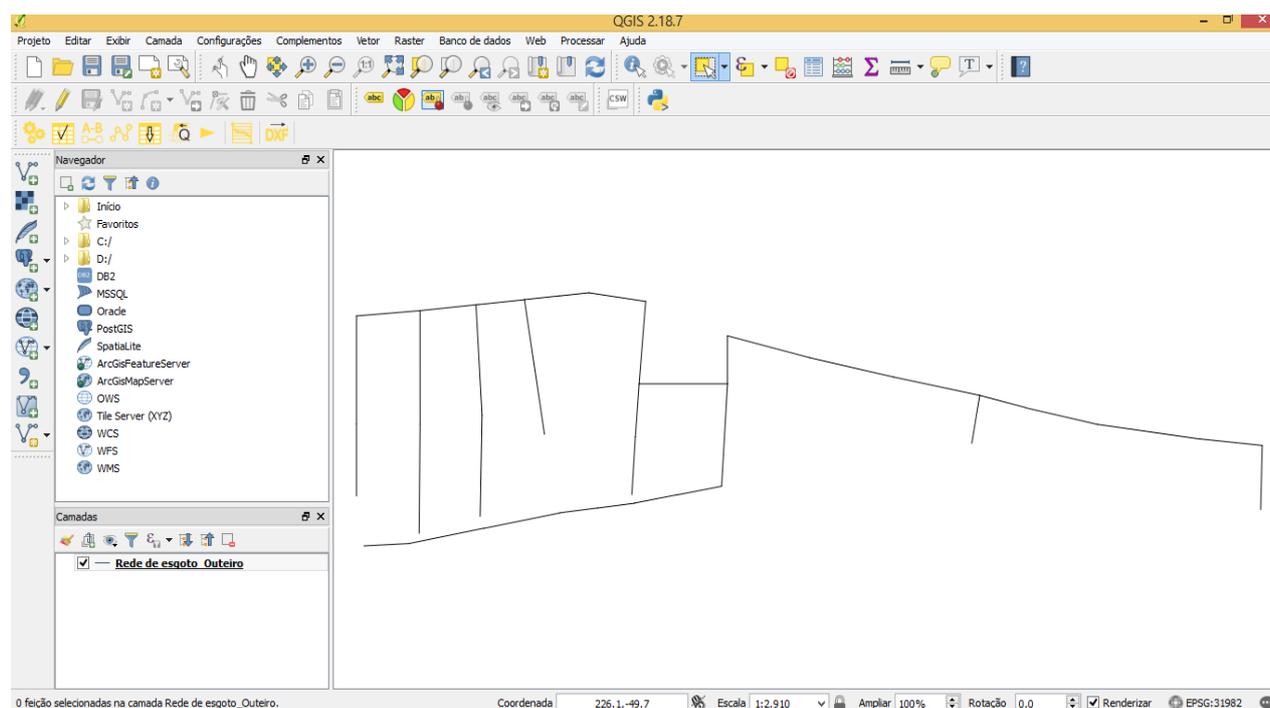
do sistema de esgotamento sanitário do São João do Outeiro, os valores são:

- Vazão mínima: 1,5L/s;
- Diâmetro mínimo: 150 mm;
- Coeficientes de vazão máxima: 1,50;
- Coeficiente de retorno: 0,8;
- Taxa de infiltração: 0,0008 L/s;
- Contribuição per capita de esgoto: 160 L/dia;

A fase intitulada de execução do software foi composta por 10 estágios: inserção da rede no software, incorporação de dados para simulação, verificação e criação de campos, numeração da rede, criação do *layer* Nós, preenchimento dos campos criados, ponta seca, cálculo da vazão, dimensionamento da rede, perfil do coletor.

A Figura 2 mostra a rede de esgotamento sanitário do bairro de São João do Outeiro, presente na base de dados da Companhia de Saneamento do Pará, já inserida no programa computacional QGIS.

**Figura 2** – Rede de esgotamento de São João de Outeiro no QESG



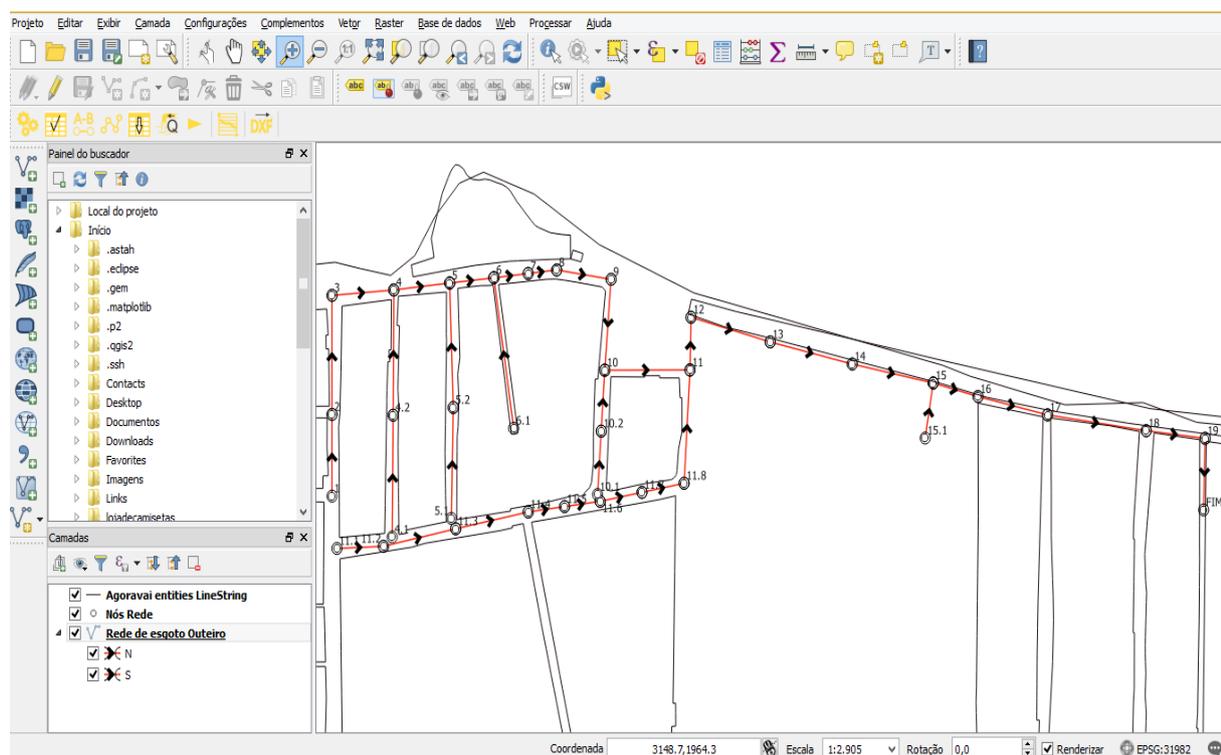
Fonte: Autores (2018)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da exportação da planta da rede de esgoto para o *software* QGIS, com o objetivo de realizar a simulação hidráulica e concretizar o estudo. Os parâmetros necessários foram inseridos para a realização da simulação, sendo executada com sucesso, permitindo-se analisar os resultados obtidos.

O estudo representa um dimensionamento da rede de esgotamento sanitário no bairro São João do Outeiro, composto por 7 coletores, dos quais foram enumerados de acordo com o sentido do escoamento do efluente coletado, informações contidas na Figura 3.

**Figura 3** – Rede de esgotamento de São João de Outeiro no QESG com os coletores enumerados



Fonte: Autores (2018)

Com o propósito de analisar o desenvolvimento do *plugin* QESG na simulação hidráulica da presente rede de esgoto, chegou-se a uma simulação bem-sucedida, sendo possível verificar os parâmetros necessários para a avaliação completa de uma rede de esgoto, conforme a NBR 9649 (ABNT, 1986).

De acordo com os resultados obtidos foi proporcionado a comparação destes dados com outro trabalho realizado no mesmo local,

dispondo dos mesmos dados iniciais, como: população inicial; população final; cota; entre outros.

A comparação foi realizada com o estudo realizado por Carvalho e Nascimento (2016), na qual através desta análise, pode-se afirmar que o software usado neste estudo se apresenta como melhor opção de uso, tendo em vista que a sua aplicabilidade é totalmente voltada para as simulações hidráulicas de esgoto, o que não

ocorre com o software usado pelas autoras citadas anteriormente, pois o programa é mais utilizado para sistemas de drenagem.

O programa utilizado por Carvalho e Nascimento (2016) não apresentou parâmetros fundamentais para a avaliação específica de redes de esgotamento sanitário, como: tensão trativa, velocidade crítica e lâmina Y/D. Das quais são elencadas pela NBR 9649 (ABNT, 1986), responsável por projetos de redes coletoras de esgoto sanitário.

De acordo com os dados obtidos em forma de tabela no programa, foi realizada a sintetização dos resultados, conforme Tabela 1 e os principais parâmetros analisados foram: tensão trativa, velocidade crítica e lâmina Y/D, dos quais não foram possíveis analisar no trabalho desenvolvido pelas autoras citadas anteriormente.

A tensão trativa é a tensão tangencial que o líquido escoante exerce sobre a parede da tubulação, tornando-se o valor mínimo com capacidade de iniciar movimento de partículas nas tubulações.

A tensão trativa é importante para assegurar a autolimpeza, evitando que sólidos pesados sedimentem-se ao longo dos condutos e possam obstruí-los com o tempo, a NBR 9649 (ABNT/1986) recomenda que para cada trecho seja verificado um valor mínimo de tensão trativa média igual a  $1 \text{ N/m}^2$ , calculada para vazão inicial, para coeficiente de Manning 0,013, na Tabela 1 resultante de utilização do QESG o valor de Tensão Trativa foi de 1,028 Pa.

A velocidade crítica está intimamente ligada à velocidade final e a maior lâmina de água admissível. Para uma velocidade final superior a velocidade crítica, a lâmina máxima de

água deve ser reduzida para 50% do diâmetro do coletor.

A lâmina máxima admissível deverá alcançar 75% do diâmetro do coletor para garantia de condições de escoamento livre e de ventilação. Esta lâmina é determinada admitindo-se o escoamento em regime permanente e uniforme para a vazão final.

Os valores de lâmina máxima foram considerados pelo QESG. A lâmina inicial e a final mantiveram-se constantes em valor de 0,2583 m durante a simulação no *software*.

Diante da avaliação do programa para a sua utilização em simulações hidráulicas, foram alcançados resultados satisfatórios quanto à obtenção de dados, porém, foi constatado que o software usado neste estudo não reconhece dados em forma texto, presentes nas plantas exportadas para o programa.

O não reconhecimento de textos torna-se um ponto negativo ao QESG, pois também não existe função também para incorporação deste tipo de dados, resultando na falta de nomeação nas plantas de esgoto do nome das ruas abrangidas pelo sistema de coleta de esgoto.

Verifica-se outro tópico problemático do programa sendo a utilização de valor único para diâmetro na rede inteira, o que raramente ocorre em situações reais.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos na simulação, esta mantendo velocidade de 0,41 m/s.

**Tabela 1** – Dados obtidos como resposta

| COLETOR | DECL<br>(m/m) | Q_INI<br>(L/s) | Q_FIM<br>(L/s) | VEL_INI<br>(m/s) | VEL_FIM<br>(m/s) | TRATIVA<br>(Pa) |
|---------|---------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 1       | 0,00455       | 0,065          | 0,080          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,095          | 0,116          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,059          | 0,072          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,053          | 0,065          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,042          | 0,051          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,033          | 0,040          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,027          | 0,033          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,052          | 0,063          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,073          | 0,089          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,081          | 0,098          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,042          | 0,051          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,077          | 0,094          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,080          | 0,097          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,078          | 0,095          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,044          | 0,053          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,067          | 0,082          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,094          | 0,115          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,056          | 0,068          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 1       | 0,00455       | 0,057          | 0,070          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 2       | 0,00455       | 0,097          | 0,119          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 2       | 0,00455       | 0,100          | 0,122          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 3       | 0,00455       | 0,089          | 0,108          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 3       | 0,00455       | 0,099          | 0,121          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 4       | 0,00455       | 0,122          | 0,148          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 5       | 0,00455       | 0,051          | 0,062          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 5       | 0,00455       | 0,049          | 0,060          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 6       | 0,00455       | 0,044          | 0,054          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 6       | 0,00455       | 0,070          | 0,085          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 6       | 0,00455       | 0,070          | 0,085          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 6       | 0,00455       | 0,035          | 0,042          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 6       | 0,00455       | 0,034          | 0,041          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 6       | 0,00455       | 0,040          | 0,049          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 6       | 0,00455       | 0,040          | 0,049          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 6       | 0,00455       | 0,091          | 0,111          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |
| 7       | 0,00455       | 0,045          | 0,054          | 0,41             | 0,41             | 1,028           |

Fonte: Autores (2018)

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizou a simulação hidráulica da rede de esgoto do bairro São João do Outeiro, que visou comprovar a

eficiência do *plugin* QESG para ajudar no desenvolvimento de projetos de saneamento, e também propor uma ferramenta para

auxiliar na gestão de redes de esgotamento sanitário em operadoras de saneamento.

Em referência ao dimensionamento da rede coletora, salienta-se a relevância do software QGIS, acoplado ao *plugin* QESG como ferramenta para o auxílio e rapidez no dimensionamento de redes de esgoto. Este programa além de respeitar as normas em vigor, o *software* também possibilita diversas entradas de dados para aproximar as simulações da realidade, ampliando a confiabilidade dos resultados obtidos. Pode-se então concluir a aptidão do *plugin* apresentado para ser usado como ferramenta alternativa para simulações de sistemas de esgoto, tendo em vista a sua eficiência.

Na pesquisa e utilização do *software* foi possível observar e comparar, com o trabalho de Carvalho e Nascimento (2016), as seguintes vantagens do software: a facilidade de inserção da rede de esgoto no programa, tendo em vista que a mesma pode ser importada em formato .DXF ou ser desenhada no próprio programa, possibilitando a sua exportação para outros programas, como AutoCAD; possibilita a inserção de dados, representando a realidade; apresenta todos os parâmetros exigidos pela NBR 9649 (ABNT, 1986) para projetos de redes de esgoto, além da gratuidade do *software*.

Porém no decorrer do estudo foram observadas desvantagens: pouca disseminação do manual, a escassa referência bibliográfica, a impossibilidade de inserção

de texto na área onde a rede fica disposta e a impossibilidade de diversificar os diâmetros dos coletores da rede. Portanto, concluiu-se que esta ferramenta está direcionada apenas para o auxílio em simulações de sistemas de esgoto nas quais venham auxiliar em projetos, não sendo esta uma ferramenta de projeto.

Considera-se este estudo serve como importante suporte para posteriores projetos e implantações de sistemas de esgotamento sanitário, contribuindo para o avanço da infraestrutura de saneamento básico e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade de vida. É recomendado para trabalhos futuros a utilização das mesmas ferramentas utilizadas dialogadas neste estudo (SWMM e QESG) em projeções de outras áreas, assim podem-se ter valores reais para comparações e verificações da alternativa a ser utilizada para cada projeto, viabilizando um maior número de obras na área de saneamento.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de Saneamento do Pará pela cessão dos dados que foram utilizados no estudo, bem como à Universidade da Amazônia, ao Grupo Ser Educacional e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo apoio no desenvolvimento da Pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ARCHELA, E. et al. *Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos*. Geografia, Londrina, v. 12, n. 1, p. 517-525, jan/jun. 2003. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6711/6055>>. Acesso em: 08 mar. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro, 1986.
- BERTOLINO, M. *Avaliação das contribuições de água de chuva provenientes de ligações domiciliares em sistema de esgotamento sanitário separador absoluto*. 2013. 129 p. Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia) - Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a Universität Stuttgart, Alemanha, Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/32584/R%20-%20D%20%20MURILO%20BERTOLINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 08 mar. 2017.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de saneamento*. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA, 2006. 408 p.
- CÂMARA, G. et al. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br/gilberto/livro](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro)>. Acesso em: 15 maio 2017.
- CARVALHO, A. O.; NASCIMENTO, A. J. C.; *Uso do código computacional livre GISWATER para elaboração de projetos de água e esgoto: estudo de caso de rede de água no bairro Condor e rede de esgoto no bairro São João do Outeiro – Belém/PA*. 2016. 100 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade da Amazônia.
- COMPANHIA DE SANAMENTO DO PARÁ – COSANPA. *Memorial descritivo do sistema de esgotamento sanitário do São João do Outeiro – Outeiro (PA)*. Belém, 2004, v. 1, 47 p.
- LEONETI, A. B; PRADO, E. L; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011. Disponível em: <[http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/6136/art\\_LEONETI\\_Saneamento\\_basico\\_no\\_Brasil\\_consideracoes\\_sobre\\_investimentos\\_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/6136/art_LEONETI_Saneamento_basico_no_Brasil_consideracoes_sobre_investimentos_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> Acesso em: 11 ago. 2017.
- MELO, H. A., CUNHA, J. B. L., NÓBREGA, R. L. B., RUFINO, I. A. A. e Galvão, C. O. Modelos Hidrológicos e Sistemas de Informação Geográfica (SIG): Integração possível. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, *Anais...*, 2008.
- MIRANDA, J. I. *Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas / José Iguelmar Miranda*. – 2. ed. rev. atual. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.
- PALO, R. P. *Avaliação da eficácia de modelos de simulação hidráulica na obtenção de informações para diagnóstico de perdas de água*. Ed. rev. - São Paulo, 2010.
- PEREIRA, J. A. R. *Saneamento ambiental em áreas urbanas*. 1ª. ed. Pará: UFPA, 2003. 31 p.
- PEREIRA, JOSÉ ALMIR RODRIGUES. *Rede Coletora de Esgoto Sanitário: Projeto, Construção e Operação*. 2. Ed. rev. e ampliada. Universidade Federal do Pará, 2006.
- REANI, R. T.; SEGALLA, R. III ENCONTRO DA ANPPAS, 2006. Brasília. *A situação do esgotamento sanitário na ocupação periférica de baixa renda em áreas de mananciais: consequências ambientais no meio urbano*. Disponível em: <[www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro3/..../TA285-05032006-214528.DOC](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/..../TA285-05032006-214528.DOC)>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2015). *Situação saneamento no Brasil*. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil#PA>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, 548 p.

---

### Peri Guilherme Monteiro da Silva

Mestrando em meio ambiente e desenvolvimento urbano – UNAMA; Engenheiro de Produção - UEPA

---

---

**Bruna Rafaela Martins dos Santos**

Engenharia ambiental e sanitária - UNAMA

---

**Marco Valério de Albuquerque Vinagre**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais –  
UFPA; Professor da Universidade da Amazônia -  
UNAMA

---

**Leonardo Augusto Lobato Bello**

Doutor em Engenharia Civil – PUC; Professor da  
Universidade da Amazônia - UNAMA

---