

## II-340 – AQUACAD – APLICAÇÃO ONLINE PARA AUTOMAÇÃO DE PROJETOS DE SANEMANETO

**Luis Henrique Magalhães Costa<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará. Doutor em Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – UFC. Professor Adjunto da Universidade Estadual Vale do Acaraú – Sobral(CE).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Raimundo Newton Xerez 1419- Colinas - Sobral - CE - CEP: 62100-000 - Brasil - Tel: (85) 997948000 - e-mail: [luishenrique.uva@gmail.com](mailto:luishenrique.uva@gmail.com)

### RESUMO

Um dos grandes problemas enfrentados pelos engenheiros projetistas na área de redes de saneamento é a falta de automação entre os processos necessários à elaboração de um projeto. Em especial, podemos citar as etapas de dimensionamento, realizadas em planilhas eletrônicas, e da elaboração de desenhos, comumente realizada na plataforma CAD. Geralmente, os softwares que atuam na automação de processos em redes são desenvolvidos no formato de “aplicação desktop” ou no formato de “plugins para o AutoCAD”. Neste trabalho é apresentado um novo formato de aplicação para a automação de processos computacionais em saneamento. A aplicação, classificada como do tipo “aplicação web”, atua sobre os arquivos do AutoCAD (DXF), do Excel (XLSX) e do EPANET (INP). Esses arquivos são repassados para aplicação via uploads e após finalizado o processamento, o usuário pode ter acesso aos arquivos gerados por meio de downloads. Para o caso de redes coletoras de esgoto, os elementos de projetos são lançados dentro do AutoCAD (sem instalação de plugins). Após o upload do arquivo, os algoritmos presentes no servidor identificam toda a rede a partir do desenho, realizam o dimensionamento e, em seguida, geram dois arquivos DXF, contendo o detalhamento da planta e do perfil longitudinal e um arquivo XLSX com os dados das tubulações de todas as sub-bacias sanitárias. No caso de sistemas de abastecimento de água, a aplicação realiza as conversões entre arquivos do EPANET e do AutoCAD. A aplicação web apresentada neste trabalho é denominada de AQUACAD e pode ser acessada pelo site [www.aquacad.net](http://www.aquacad.net).

**PALAVRAS-CHAVE:** Redes de Saneamento, Automação, AutoCAD.

### INTRODUÇÃO

A universalização do sistema de coleta de esgoto está vinculada a uma série de fatores. Obviamente a disponibilização e correta aplicação de recursos financeiros são de extrema importância, mas o desenvolvimento de ferramentas que contribuam para a difusão do conhecimento e a agilidade nos projetos também são relevantes (Souza,Curti e Nazareth,2015).

O Ministério das Cidades aponta que o principal motivo das obras de saneamento paradas ou atrasadas é a má qualidade dos projetos. Portanto, utilizar softwares que auxiliem o dimensionamento de redes de saneamento é essencial para atingir um nível alto de eficiência no projeto, além de aumentar a produtividade do projetista devido as automações de inúmeras iterações e verificações que um software pode realizar. Brito (2014).

Atualmente, as ferramentas computacionais para a automação de processos em redes de saneamento são desenvolvidas no Brasil em dois formatos: aplicação desktop e plugins para o AutoCAD. Como exemplo de aplicação desktop para redes coletoras de esgoto pode-se citar o programa Cesg, desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. O programa trabalha em um ambiente próprio (fora do AutoCAD) e apresenta uma interface simples e intuitiva. No formato de plugins para o AutoCAD podem-se citar dois programas mais conhecidos como o SANCAD, desenvolvido pela empresa Sanegraph e o Sistema UFC desenvolvido pelo Laboratório de Hidráulica Computacional da UFC (Universidade Federal do Ceará).

O uso das linguagens de programação aplicadas ao AutoCAD (ex. AutoLisp, VBA, C#) no desenvolvimento de plugins vem sendo bastante utilizado em diversas áreas da engenharia. A principal vantagem neste formato é que o projetista não faz uso de um programa extra para realização dos cálculos. Todo o processo pode ser realizado dentro do ambiente do AutoCAD. Como desvantagens podem-se destacar a possibilidade de dependência do uso do AutoCAD em determinadas versões e do sistema operacional Windows. Além disso, como neste formato a inserção dos parâmetros de projeto são inseridos de forma dinâmica, em conjunto com o lançamento do desenho, uma grande quantidade de novas funções (botões, janelas, etc.) são necessárias, podendo dificultar sua curva de aprendizado, o que pode influenciar na adaptação dos projetistas.

A proposta apresentada neste trabalho foi desenvolvida em um terceiro formato. Para redes coletoras de esgoto, o lançamento das tubulações é realizado em um programa do tipo CAD, seguindo um conjunto de padrões. O arquivo DXF contendo o desenho deverá ser repassado ao servidor da aplicação web por meio de uploads. No servidor, todos os algoritmos de automação são executados. Após gerados os arquivos do tipo DXF (desenhos) e XLSX (planilhas), o usuário pode salvar esses arquivos em seu computador por meio de downloads. No caso de sistemas de abastecimento de água, os algoritmos atuam na conversão de arquivos entre os formatos DXF e INP.

O AQUACAD é uma aplicação web para fins de uso acadêmico e profissional. Devido ao formato desta aplicação, sua utilização poderá ser feita de qualquer computador (independente do sistema operacional e sem a necessidade de instalação do AutoCAD), com acesso à internet, podendo ser acessada pelo domínio [www.aquacad.net](http://www.aquacad.net).

## **OBJETIVO**

Desenvolver uma aplicação web para a automação de processos computacionais demandados no desenvolvimento de projetos de saneamento. A partir dos dados de entrada presentes em arquivos criados nos programas AutoCAD, Excel e EPANET, será possível, a partir do navegador de internet, gerar planilhas, desenhos (detalhamentos) e relatórios de forma automática.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Fluxograma Geral da Aplicação**

Para a construção de aplicações web é necessário programar em dois ambientes de desenvolvimento: front-end e back-end. No ambiente front-end o programador projeta as interfaces que serão visualizadas pelo usuário por meio de seu navegador. Neste ambiente são utilizados, principalmente, três tipos de linguagem: HTML (linguagem de marcação), CSS (linguagem de estilo) e JavaScript (linguagem script/programação). No ambiente back-end é onde são desenvolvidos os algoritmos propriamente ditos. Neste caso é utilizada somente uma linguagem de programação sendo comumente utilizadas as linguagens PHP, Java, C# e Python.

O padrão arquitetônico utilizado no AQUACAD foi o MVC (Model-View-Controller) por meio da plataforma ASP NET MVC. Esta plataforma foi a escolhida pela possibilidade de organização e setorização de todo o código (front-end e back-end), além da possibilidade do uso da linguagem C# como linguagem de programação back-end. Assim como a linguagem Java e Python, esta linguagem possibilita o uso de orientação a objetos, facilitando na organização e manipulação dos dados referentes aos projetos de saneamento, como sub-bacias, trechos, nós, entre outros.

No tipo de arquitetura MVC há a divisão de três componentes: o modelo (model), contendo as estruturas de dados e seus métodos (rotinas computacionais); a visualização (view), com os scripts responsáveis pela interface do usuário e o Controle (Controller), onde ocorre a comunicação entre os dois componentes anteriores. A figura a seguir apresenta um fluxograma contendo o ciclo de uma execução da aplicação AQUACAD.

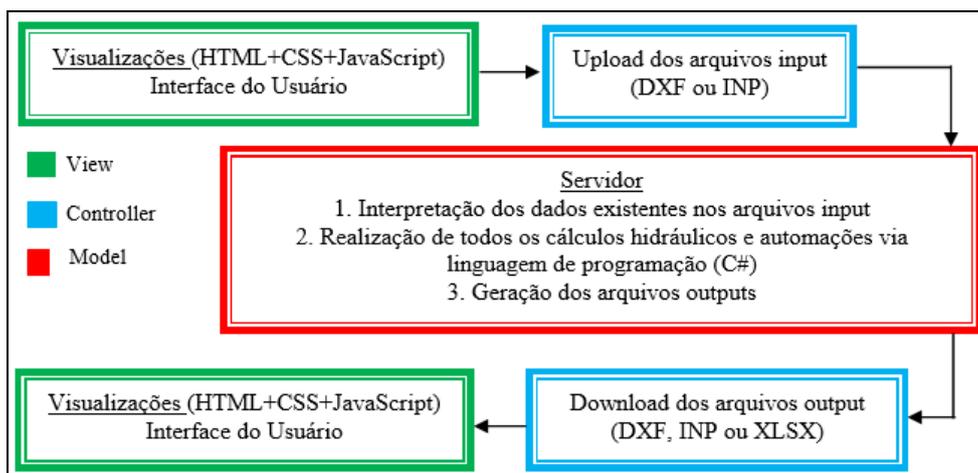


Figura 1 – Fluxograma de um ciclo de execução.

Após o usuário acessar a aplicação, haverá a opção de inserir alguns parâmetros de projeto, selecionar o arquivo input e iniciar o seu upload. Em seguida, no servidor, o arquivo será acessado e os parâmetros necessários ao dimensionamento serão interpretados e organizados em uma estrutura de dados baseada em lista de objetos e métodos. Nestes métodos estão localizados todos os algoritmos necessários às automações das etapas do projeto. Por fim, ainda no servidor, serão criados arquivos (planilhas, desenhos e relatórios) para que o usuário possa fazer o download dos mesmos pelo navegador de internet. Afim de ilustração, a figura 2 a seguir, mostra a visualização (view) da seção de rede coletora de esgoto.

1.UPLOAD	
Selecione o arquivo	<input type="button" value="Escolher arquivo"/> Nenhum arqui... selecionado
Iniciar Upload	<input type="button" value="Upload"/>
Arquivo no Servidor	
Duração(min)	

2.DIMENSIONAMENTO + DETALHAMENTO + PLANILHA	
Dados Gerais	
Opções	<input type="checkbox"/> Terminal de Limpeza (TL) nas pontas secas Inserir tudo de queda a partir de (cm): <input type="text" value="50"/> Rebaixar PV devido remanso a partir de (cm): <input type="text" value="5"/> <input checked="" type="checkbox"/> Dividir trechos maiores que 100m <input checked="" type="checkbox"/> Ocultar diâmetro mínimo no detalhamento Tipo de escoramento: <input type="text" value="Pontaleteamento"/>
Desenho	Trechos - Cor: <input type="text" value="Verde"/> Texto: <input type="text" value="1.4"/> PVs/TLs - Cor: <input type="text" value="Azul"/> Texto: <input type="text" value="1.4"/>
Iniciar Dimensionamento	<input type="button" value="Iniciar"/>
Duração(min)	

Figura 2 – Visualização da seção rede coletora de esgoto

## Formato DXF

O formato DXF (Drawing Interchange Format) é um formato vetorial que a empresa Autodesk lançou para permitir o intercâmbio de arquivos de desenho entre os diferentes programas CAD. Além do intercâmbio entre plataformas CAD, o formato DXF também é comumente utilizado para armazenagem e transferência de dados entre sistemas CAD e programas de aplicações específicas.

Existem duas versões de DXF (ASCII e binário). Optou-se pela versão em texto (ASCII) por facilitar a compreensão, o processamento e o armazenamento da estrutura de dados contidos nestes arquivos. O formato DXF é dividido em seções (Header, Table, Entities e Blocks) que especificam e detalham variáveis associadas com o desenho.

Os algoritmos do AQUACAD acessam duas seções do arquivo DXF. Na seção “Table” são identificados os layers e na seção Entities, as entidades do tipo texto, linha e polilinha que representam elementos do projeto. A figura 3 apresenta a codificação de uma linha e os seus parâmetros. Desta forma, via linguagem de programação, por meio de um vetor de variáveis primitivas do tipo string é possível, interpretar e criar qualquer tipo de entidade.

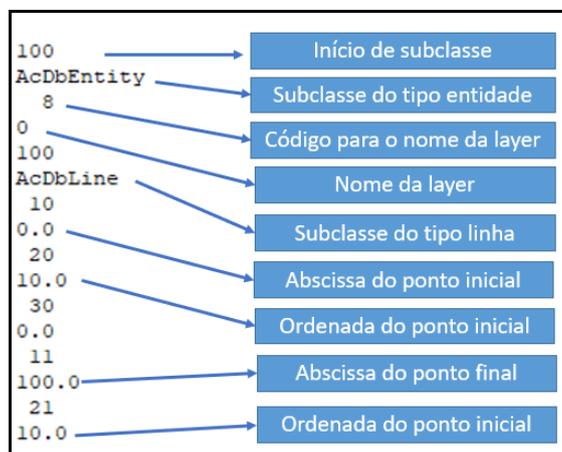


Figura 3 – Representação de uma linha no arquivo DXF-ASCII

## Rede Coletora de Esgoto

Na automação de redes coletoras de esgoto o usuário fica responsável pela elaboração do traçado em um programa da plataforma CAD. Os elementos utilizados são os layers e as entidades do tipo linha, polilinha e texto. Os layers são responsáveis por representar uma sub-bacia sanitária e deve ter o nome “AQUA\_SBN”, sendo N o número da sub-bacia (ex: AQUA\_SB1, AQUA\_SB2, AQUA\_SB3,...). Para redes com sub-bacias interligadas, as conxões entre estas devam ser feitas por polilinhas com um layer específico de nome “AQUA\_LINK”.

Os parâmetros de projeto deverão ser inseridos por sub-bacias sanitárias. Para cada sub-bacia deverá ser inserido um texto (com o layer referente a sub-bacia) com oito parâmetros seguindo a ordem: vazão de projeto de início de plano(l/s), vazão de projeto de fim de plano(l/s), parâmetro A da equação da declividade mínima, parâmetro B da equação da declividade mínima, n de maning, diâmetro mínimo, recobrimento mínimo e a taxa de infiltração (l/s.km). A figura 4 ilustra os 5 textos referente a uma rede com 5 sub-bacias.

```

2.281/2.738/0.0055/0.47/0.013/150/0.9/1
9.719/11.663/0.0055/0.47/0.013/150/0.9/1
4.021/4.825/0.0055/0.47/0.013/150/0.9/1
5.719/6.863/0.0055/0.47/0.013/150/0.9/1
6.823/8.188/0.0055/0.47/0.013/150/0.9/1
  
```

Figura 4 – Ilustração dos parâmetros de uma rede com 5 sub-bacias

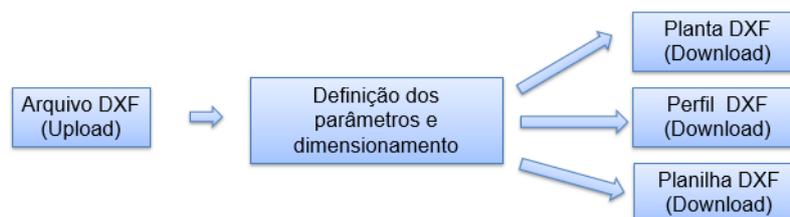
As tubulações de esgoto são representadas pela entidade linha (com layer de sua respectiva sub-bacia) e devem ser inseridas no sentido do escoamento. Para definir o tipo de contribuição deve ser utilizada três cores: verde para tubulações com contribuição bilateral, azul para contribuição unilateral e vermelho para tubulações sem contribuição. Os nomes dos trechos serão gerados automaticamente nos arquivos outputs, seguindo a regra que o coletor 1 será o maior conjunto de trechos consequentes, o coletor 2 o segundo maior e assim sucessivamente.

As curvas de nível devam ser entidades do tipo polilinha ou spline com layer de nome "AQUA\_CN". Para a definição das cotas das singularidades da rede é realizada uma interpolação a partir de quatro amostras de pontos pelo método da média ponderada por quadrante (Lopes H.L. et al,2013), onde  $f(x,y)$  é a função de interpolação,  $W(x,y)$  a função de ponderação e  $z$  a elevação.

$$f(x,y) = \frac{\sum_1^4 W(x,y) \cdot z}{\sum_1^4 W(x,y)}$$

equação(1)

Finalizado o lançamento da rede conforme as regras supracitadas, o arquivo deverá ser salvo no formato DXF. O processo de automação é basicamente formado por três etapas: a) seleção do arquivo DXF e upload, b) definição dos parâmetros de projetos e dimensionamento (figura 2) e c) downloads dos arquivos outputs. Na etapa de dimensionamento adota-se o conceito de declividade econômica que traduz o menor volume de escavação (NUVOLARI,2011) e também podem ser consideradas as normas NBR 9649 (ABNT, 1986) e NBR 14486 (ABNT, 2000). A figura 5, apresenta um fluxograma com as etapas da automação de rede coletora de esgoto



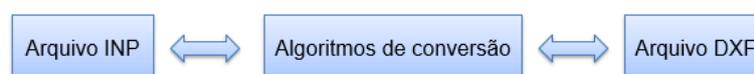
**Figura 5 – Fluxograma simplificado da automação para rede coletora de esgoto**

### Conversão EPANET/CAD

O segundo processo de automação realizado pelo AQUACAD é a conversão entre arquivos DXF e INP. O arquivo INP é um arquivo texto que representa um modelo hidráulico desenvolvido no simulador hidráulico EPANET (Rossman, 2001). Ao contrário do formato DXF, sua interpretação e construção, via linguagem de programação, é bastante simples.

Na conversão de DXF para INP, a associação entre os elementos da rede no arquivo do EPANET é semelhante ao da rede coletora de esgoto, sendo os trechos representados por linhas ou polilinhas (no caso de trechos com vértices). Além da interpolação das cotas para os nós do arquivo INP, também há a distribuição das demandas dos nós de forma automática conforme define Cheung(2004), onde atribui-se metade da demanda ao longo de um trecho ao nó de montante e a outra metade dessa demanda ao nó de jusante.

Na conversão de INP para DXF, para cada trecho será gerado uma linha. Próximo ao ponto médio de cada linha haverá textos com os valores dos diâmetros e dos comprimentos. Os reservatórios também são representados no desenho junto com os seus parâmetros.



**Figura 6 – Fluxograma simplificado da automação de arquivos INP e DXF**

### Estudo de caso

Para a análise da aplicação web AQUACAD será utilizado um estudo de caso referente as redes da cidade de Barreiras (BA). Além dos resultados gerados pela aplicação também serão analisados o tempo total do processo de automação, considerando o upload, processamento e download.

Os dados utilizados no estudo de caso foram os arruamentos e as curvas de nível. As tubulações foram lançadas conforme critério adotado pelo autor deste trabalho, não seguindo algum cadastro de tubulações ou referências de algum projeto, tendo em vista que este estudo foi realizado somente para fins de validação da aplicação apresentada.

A população atual da cidade supracitada é em torno de 150 mil habitantes. A rede coletora de esgoto é composta por 12 sub-bacias sanitárias com comprimento total aproximado de 370km. Toda a rede será dimensionada pela aplicação. Para o caso dos processos de conversão entre os arquivos INP e DXF será utilizado o sistema de distribuição da margem esquerda do Rio Grande.

Este estudo de caso foi escolhido devido a sua grande quantidade de elementos (trechos/nós) que serão considerados na interpretação dos dados, nos cálculos hidráulicos e na geração dos arquivos pela aplicação. A figura a seguir apresenta uma ilustração simplificada das margens e das divisões das sub-bacias sanitárias do estudo de caso.

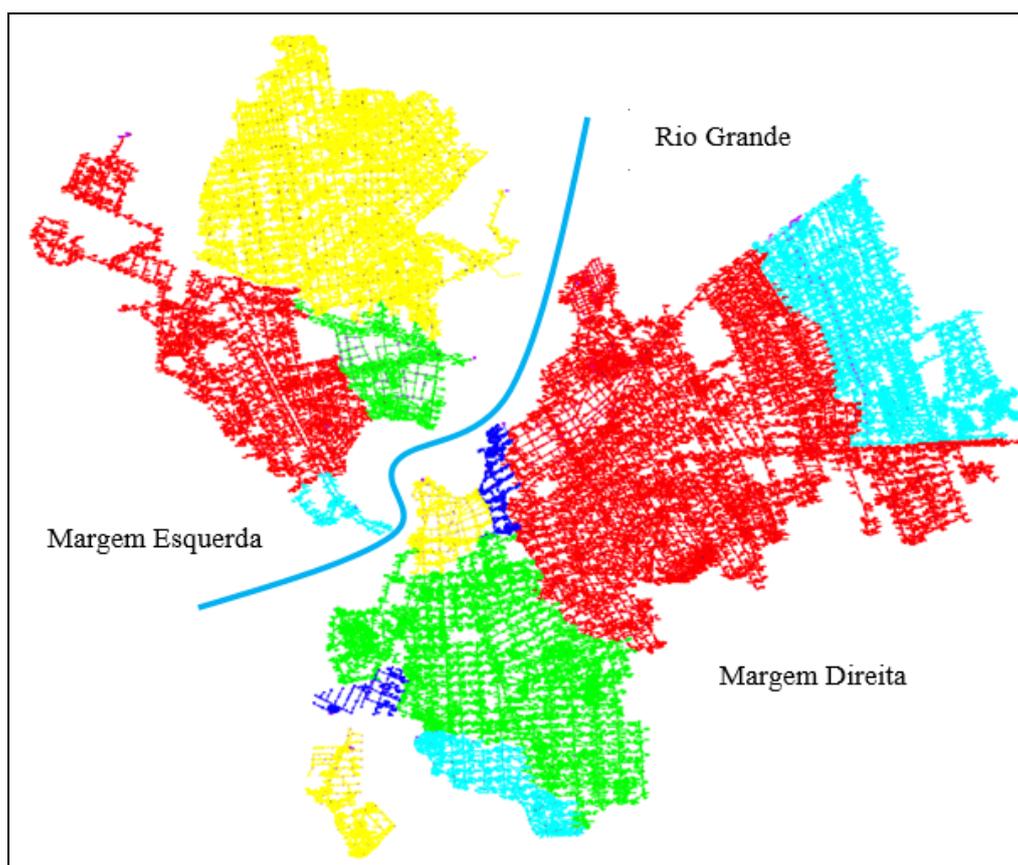


Figura 7 – Layout do estudo de caso

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **Rede Coletora de Esgoto**

A primeira verificação realizada foi o algoritmo da interpolação de cotas. A partir do desenho do detalhamento gerado pelo AQUACAD, foram verificadas todas as elevações dos PVs e as curvas de nível ao redor. Validada esta etapa, fez-se o dimensionamento (sem automação) de toda a rede pelo programa Excel. Foram verificados por trecho os valores da vazão, declividade de projeto, diâmetro, profundidades, lâminas, velocidades e tensão trativa. Para as singularidades, verificou-se as profundidades e a existência de degraus e tubos de queda. Por fim, analisou-se a propagação das vazões entre as sub-bacias interligadas.

Com exceção dos valores das lâminas, todos os valores gerados pelo AQUACAD tiveram uma diferença inferior a 0.1% daqueles calculados por meio de planilhas. No caso das lâminas, o processo utilizado pelo AQUACAD é um processo iterativo enquanto que no Excel os valores foram determinados a partir de tabelas relacionando as razões da vazão pela vazão de cheia e da lâmina pelo diâmetro. Por isto, as diferenças ficaram um pouco maiores que 0.1%.

Em testes iniciais, durante a construção dos algoritmos, foram utilizadas redes de tamanhos menores. Entretanto, ao utilizar o estudo de caso apresentado neste trabalho, a aplicação sempre retornava com travamentos. Após análises do funcionamento de aplicações web no formato ASP.NET, foi verificado que o servidor é reiniciado constantemente de forma cíclica em um período em torno de 15 minutos e todas as informações requisitadas pelo usuário a partir do navegador estavam sendo perdidas em processos mais longos que a duração ora citada.

A única forma encontrada para resolver este problema foi adaptar os algoritmos para o formato assíncrono. As solicitações do usuário são feitas de forma assíncrona da aplicação web e após finalizados todos os algoritmos, os arquivos são gerados em uma pasta específica no servidor. Por meio do login do usuário, é possível localizar todos os arquivos gerados pelo mesmo em uma lista de arquivos para downloads que pode ser visualizada em uma seção específica da aplicação. Afim de se evitar problemas de armazenamento no servidor também foi criado um algoritmo assíncrono e independente da aplicação que deleta todos os arquivos criados em uma duração superior a 48 horas.

A estratégia de usar métodos assíncronos, além de resolver o problema da reinicialização cíclica do servidor, possibilita ao usuário fazer os uploads de seus arquivos inputs, iniciar o processo de automação sem a necessidade de aguardar a geração dos arquivos outputs. Caso a aplicação seja encerrada, após um novo acesso pelo usuário, todos os arquivos criados ficarão em uma seção para que possa ser feito os downloads.

A escolha do estudo de caso apresentado neste trabalho foi devido ao seu tamanho e a sua complexidade. A rede contém 12 sub-bacias sanitárias e um total de 6719 trechos. No algoritmo de dimensionamento há uma espécie de fila. Para que uma determinada sub-bacia possa ser dimensionada é necessário que todas as sub-bacias que contribuem para esta já tenham passado pelo processo de dimensionamento. Esta estratégia, foi necessária para permitir o dimensionamento de redes com mais de uma sub-bacia interligadas. Somente é possível validar este método, em termos de resultado e tempo computacional com redes com a quantidade de sub-bacias considerável.

Para este estudo de caso, foi verificado a duração necessária ao processo automação da rede. Excluindo todas as entidades desnecessárias ao processo de automação conseguiu-se reduzir o tamanho do arquivo DXF de 40MB para 15MB. Este procedimento é recomendado, principalmente para redes maiores, afim de se reduzir o tempo computacional da automação. O tempo de upload ficou em torno de 5 minutos. O processo assíncrono de dimensionamento e geração dos arquivos output ficou em 35 minutos e o tempo total de download dos três arquivos outputs em torno de 3 minutos. As durações dos uploads e dos downloads irá variar conforme a velocidade da internet do usuário, já a duração do dimensionamento e geração dos arquivos será influenciada pelo tamanho da rede. As figuras a seguir apresentam a planta gerada pelo AQUACAD e uma pequena parte da rede com uma resolução melhor para que possa ser visualizado o formato do detalhamento.



Figura 8 –Planta gerada pelo AQUACAD

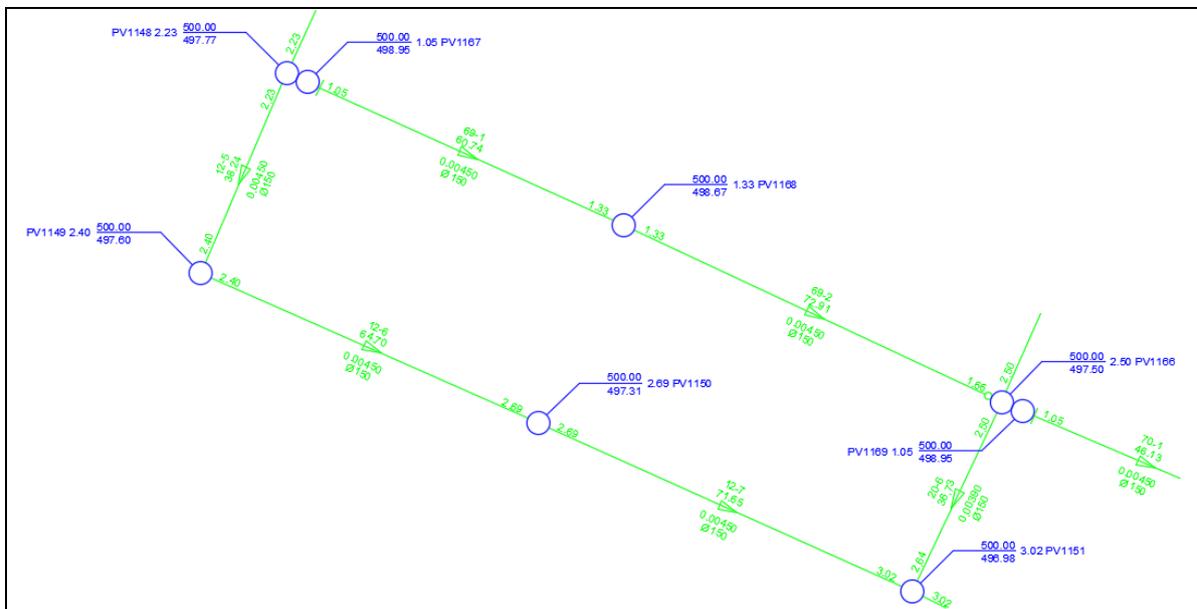
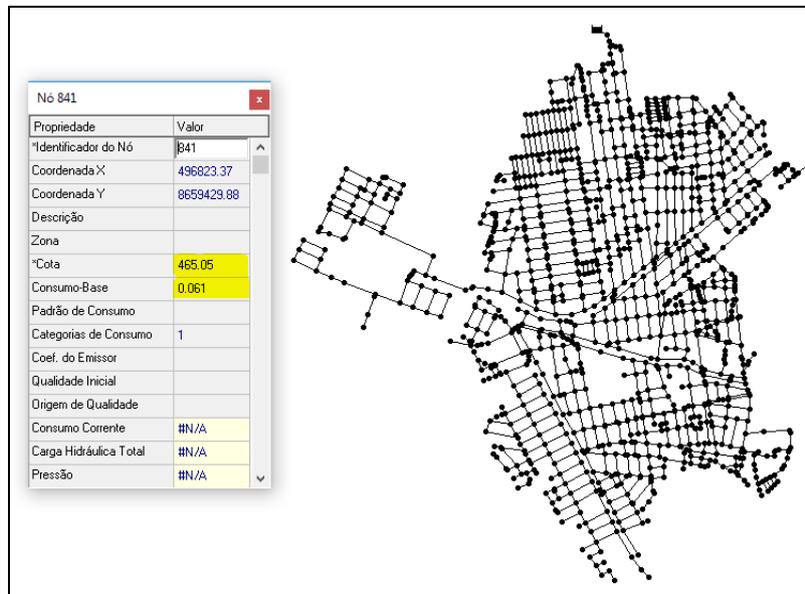


Figura 9 – Formato do detalhamento gerado pelo AQUACAD

Na construção do algoritmo de detalhamento, os nomes dos trechos são realizados de forma independente por sub-bacia enquanto que os nomes dos PVs seguem uma enumeração única para toda a rede. Para cada trecho são mostrados o nome, comprimento, declividade, diâmetro e as profundidades de montante e jusante. Para os PVs, nome, cota do terreno, cota do fundo e profundidade. Os tubos de queda são indicados com um pequeno círculo, conforme pode ser visto a jusante do trecho 69-2. As cores do detalhamento e o tamanho do texto pode ser definido pelo usuário (figura 2).

## Conversão EPANET/CAD

Neste processo de conversão foram verificadas as demandas nodais do arquivo INP gerado pelo AQUACAD resultando em erros inferiores a 0.1%. A interpolação das cotas nodais não foi verificada tendo em vista que o é o mesmo algoritmo da rede coletora de esgoto. Com exceção da duração do tempo de upload, todas as durações dos processos de automação foram inferiores a 1 minutos.



**Figura 10 – Arquivos INP gerado pelo AQUACAD**

A figura acima mostra a imagem de um arquivo INP aberto dentro do EPANET após a da conversão de DXF para INP, de parte da rede da margem direita do estudo de caso. Além da inclusão do reservatório, também pode-se observar que os valores das cotas e demandas também foram considerados nesta conversão.

## CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que no processo de desenvolvimento da aplicação AQUACAD duas grandes dificuldades foram encontradas. A primeira devido ao formato da aplicação. Por ser uma aplicação web, os dois ambientes de programação “interface do usuário” e “servidor” são completamente independentes e diferentes, exigindo o uso de mais de uma linguagem de programação. Devido ao uso padrão deste formato de aplicação não ser destinado para processos computacionais em problemas de engenharia, sua adaptação ao tema apresentado neste trabalho apresentou uma curva de aprendizado bastante difícil. A segunda dificuldade encontrada está na interpretação dos elementos do projeto a partir dos arquivos DXF e na criação destes arquivos contendo os desenhos e parâmetros de projeto.

Os algoritmos referentes ao dimensionamento propriamente dito (para o caso da rede coletora de esgoto), são baseados em rotinas computacionais simples fundamentadas em equações hidráulicas, não necessitando do uso de processos de otimização ou de alguma heurística para a obtenção dos resultados. Já no processo de conversão entre arquivos do AUTOCAD e do EPANET, os algoritmos atuam em textos que seguem regras específicas de formatação, tendo em vista que o dimensionamento da rede de distribuição de água deverá ser feito no próprio simulador EPANET a partir do arquivo INP criado. Esses fatores acrescem na confiabilidade dos resultados gerados pela aplicação.

Contudo e devido a simplicidade do uso do AQUACAD relacionadas à entrada de dados ( já que o usuário irá inserir somente entidades simples como linhas, polilinhas e textos no ambiente CAD), ao formato de execução (feita por meio de um navegador de internet e sem a necessidade de instalação de programas) e à possibilidade do uso em qualquer sistema operacional, espera-se que esta ferramenta seja utilizada por projetistas e por acadêmicos da área de saneamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 14486: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário - Projeto de redes coletoras com tubos de PVC. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
3. BRITO, C. PAC do Saneamento: 54% das obras estão atrasadas ou paradas. O Globo, Rio de Janeiro, 29 de maio de 2014.
4. CHEUNG, P.B. Análise de Reabilitação de Redes de Distribuição de Água de Abastecimento via Algoritmos Genéticos Multiobjetivo. São Carlos – S.P. 268p. Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,2004.
5. NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2ª ed. São Paulo: Blucher. 77p, 2011.
6. ROSSMAN, L.A. EPANET2 – Users Manual, U.S. Environmental Protection Agency, Ohio , 2000.
7. SOUZA,F.K.M.;CUTI,G.C.;NAZARETH,L.P. Dimensionamento de um Software para Dimensionamento de Redes Coletoras de Esgoto. Curitiba – Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica do Paraná-UTFPR,2015.