



XII-033 – AUTOMATIZAÇÃO DOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE REDES DE SANEAMENTO A PARTIR DE ARQUIVOS DA PLATAFORMA CAD

Guilherme Marques Farias⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Vale do Acaraú. Bolsista do programa PIBITI/CNPq.

Carlos Eduardo Sousa Lima⁽²⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Vale do Acaraú.

Luis Henrique Magalhães Costa⁽³⁾

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

Lyara Barros Rocha⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Vale do Acaraú. Bolsista de iniciação científica da FUNCAP.

Endereço⁽¹⁾: Av. da Universidade, 132 – Betânia - Sobral - CE - CEP: 62100-000 - Brasil - Tel: (88) 99981-6982 - email: guilhermemf15@hotmail.com

RESUMO

O crescimento populacional e a crescente urbanização das cidades vem fazendo com que as concessionárias de saneamento adequem e aprimorem seus sistemas, seja por meio da implantação de novos sistemas ou pela expansão de redes já existentes. Nas duas situações, torna-se imprescindível o uso de modelagem hidráulica computacional, tornando possível simular um processo real.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma ferramenta computacional denominada HTOOLS que tem como função principal proporcionar a automatização do dimensionamento de redes coletoras de esgoto, assim como a geração de arquivos de entrada para serem executados no EPANET. O sistema HTOOLS tem como arquivo de entrada um DXF, que é um arquivo que contém os dados referentes a um desenho feito na plataforma CAD. Neste artigo são apresentados dois estudos de caso mostrando o funcionamento e os arquivos de saída gerados pelos módulos de água e de esgoto, respectivamente. O primeiro estudo de caso refere-se a rede de distribuição de água da cidade de Forquilha-CE e o segundo é uma rede coletora de esgoto hipotética.

PALAVRAS-CHAVE: Redes coletoras de esgoto, EPANET, DXF, CAD, HTOOLS.

INTRODUÇÃO

De acordo com a OMS (Organização Mundial da Saúde), saneamento básico é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar social, físico e mental. O tratamento adequado da água para consumo humano, o tratamento de efluentes domésticos e industriais e a disposição adequada de resíduos sólidos são indispensáveis para a manutenção da saúde humana e, conseqüentemente a promoção de um ambiente salubre.

Segundo (Guimarães; Carvalho e Silva, 2007) o saneamento promove a saúde pública preventiva, reduzindo a necessidade de procura aos hospitais e postos de saúde, porque elimina a chance de contágio por diversas moléstias. Isto significa dizer que, onde há saneamento são maiores as possibilidades de uma vida mais saudável e os índices de mortalidade, principalmente infantil permanecem nos mais baixos patamares.

Apesar de reconhecida a importância das infraestruturas de saneamento básico, a situação do Brasil nesse aspecto ainda requer muita atenção. Um levantamento feito em 2015 pelo Instituto Trata Brasil mostra que o país não conseguirá alcançar a universalização do sistema nos próximos 20 anos se o trabalho de implantar serviços de água e esgoto continuar no ritmo observado. Segundo (BRASIL, 2004) o atendimento urbano em relação a sistemas de esgotamento sanitário é muito precário e o índice médio nacional é de 50,4%. Somente dois prestadores de serviços de abrangência regional atendem a mais de 50% da população urbana dos

municípios a que serve em um subconjunto em que a média é de 38,6%. Já para os prestadores locais os índices são melhores, sendo que cerca de 48% desses prestadores apresentam valores iguais ou superiores a 50%, em um cenário em que a média do subconjunto é de 76,2%.

Diante da necessidade de se reduzir o tempo de construção e ampliação de sistemas de esgotamento sanitário e de redes de distribuição de água, apresenta-se neste trabalho uma ferramenta computacional denominada HTOOLS, desenvolvida por um projeto de pesquisa financiado pela CNPq, FUNCAP e Universidade Estadual Vale do Acaraú.

O Sistema HTOOLS possui um conjunto de módulos computacionais que auxiliam o projetista no desenvolvimento de projetos na área de saneamento básico. Logo abaixo, estão descritas as automatizações que são feitas com o uso do HTOOLS:

1. Criação de um arquivo de entrada (INP) para o sistema de simulação EPANET a partir de um arquivo de (DXF) contendo o traçado das tubulações;
2. Dimensionamento de uma rede coletora de esgoto a partir do traçado das tubulações contido em um arquivo (DXF);
3. Criação de um arquivo (DXF) com o detalhamento das tubulações de redes de água e esgoto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Em termos gerais, o sistema HTOOLS faz dois procedimentos: A conversão de arquivos DXF para INP e vice-versa e o dimensionamento de redes coletoras de esgoto. A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento do software foi JAVA, com o auxílio da IDE (Integrated Development Enviroment) NetBeans. A linguagem JAVA se adapta muito bem aos propósitos de desenvolvimento do sistema devido o conceito de orientação a objetos proporcionar uma melhor organização na estrutura dos algoritmos, assim como um melhor tratamento de possível erros que possam vir a ocorrer.

Na conversão DXF para INP o sistema identifica as linhas e/ou polilinhas contidas no arquivo DXF, as mesmas representam as tubulações no arquivo DXF e no EPANET. Além disso, o sistema também identifica outros tipos de entidade do arquivo DXF, como: lwpoliline e spline, que são elementos do desenho que possuem não somente as coordenadas X e Y, mas também a coordenada Z, assim como as linhas. Isso é feito para que seja possível a captação das curvas de nível e posteriormente seja feito o cálculo das cotas dos nós no módulo de água e das singularidade no módulo de esgoto. A seguir, a figura 1 apresenta os módulos do sistema HTOOLS e seus respectivos resultados de saída.

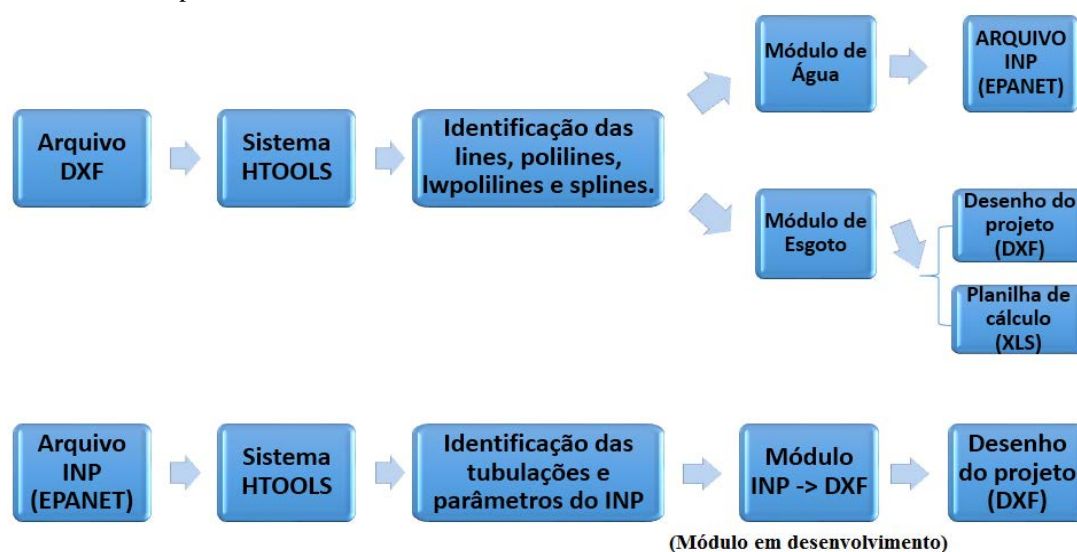


Figura 1: Módulos do Sistema HTOOLS e seus respectivos arquivos de saída

Para gerar o arquivo INP é necessário que o arquivo DXF contenha o desenho das tubulações lançadas nos arruamentos. Além disso, o usuário pode escolher se deseja que o software calcule as cotas nodais ou não, caso a resposta seja positiva o desenho no DXF também deve conter as curvas de nível. O processo de identificação das linhas, polilinhas, lwpolilines e splines é feito através dos respectivos layers que as representam. Após a importação do arquivo DXF o sistema lista todos os layers existentes no desenho e o usuário deverá selecionar o layer que representa cada uma dessas entidades.

Na interface do sistema HTOOLS o usuário também deverá inserir uma vazão de distribuição para que sejam calculadas as demandas nodais, ou seja, as demandas em cada ponto de consumo da rede de distribuição de água. Tendo esses dados como entrada, o sistema extrai as informações das coordenadas das linhas e/ou polilinhas que representam as tubulações e também das linhas, lwpolilines e/ou splines que representam as curvas de nível, assim como o comprimento de cada tubulação. Posteriormente é gerado um arquivo INP contendo os trechos, nós comprimentos de trechos, demandas nodais e cotas nodais, que são calculadas através da interpolação das curvas de nível identificadas.

No módulo de água existem dois modos de conversão para gerar o arquivo INP. No modo vértice os nós e trechos são gerados no INP a partir das coordenadas iniciais e finais de cada linha e/ou polilinha, ou seja, uma polilinha no DXF representa apenas um trecho com os nós iniciais e finais, já no modo nó são identificadas as coordenadas intermediárias de cada polilinha, dessa forma, em uma polilinha podem ser encontrados um ou vários trechos, dependendo das características da mesma. Nesse módulo existe também a possibilidade de atribuímos um valor de tolerância para a conexão dos nós no arquivo INP. Neste caso, calcula-se a distância de cada nó em relação aos seus adjacentes, se essa distância for menor que o valor de tolerância estipulado o sistema automaticamente unifica os nós. Isso é importante para que sejam reparados eventuais erros e possam vir a ocorrer no desenho na plataforma CAD.

No módulo que converte arquivos INP para DXF ocorre o processo inverso ao descrito acima, são identificados os parâmetros já simulados no EPANET e contidos no arquivo INP, tais como: pressões nodais, vazões nos trechos, diâmetro das tubulações e conexões, posteriormente esses dados são extraídos pelo sistema HTOOLS e é gerado um arquivo DXF contendo o detalhamento da rede de distribuição junto com os parâmetros extraídos.

O arquivo DXF também é a base de entrada de dados para o módulo que dimensiona as redes coletoras de esgoto. Neste módulo as tubulações contidas nos arruamentos também são identificadas através do layer que as representam, assim como também as curvas de nível, que são necessárias para o cálculo das cotas de terrenos montante e jusante de cada singularidade. No arquivo DXF, além das tubulações e curvas de nível, são extraídas informações como: identificadores das singularidades de montante e jusante e comprimento dos trechos, assim como eventuais vazões pontuais que possam vir a ser lançadas nas redes.

Na interface do programa o usuário deverá inserir as informações necessárias para o cálculo das vazões de projeto de início e fim de plano e, conseqüentemente, das taxas de contribuição linear de início e fim de plano. Com base em todos esses dados de entrada, o sistema HTOOLS efetua o dimensionamento da rede coletora de esgoto e gera uma planilha no formato XLS contendo todos os valores dimensionados.

Após ser feito o dimensionamento da rede coletora de esgoto o sistema HTOOLS utiliza essas informações para gerar um arquivo DXF contendo a planta detalhada do projeto da rede coletora, esta planta contém informações importante, tais como: profundidade e cota de terreno das singularidades montante e jusante de cada trecho, cota do coletor montante e jusante, profundidade do coletor montante e jusante, diâmetro, declividade, comprimento e identificador de cada trecho.

PRIMEIRO ESTUDO DE CASO

O primeiro estudo de caso é o da rede de distribuição de água da cidade de Forquilha - CE, que foi objeto de trabalho de Ximenes(2014). O intuito deste estudo foi modelar a rede de distribuição de água da cidade e propor melhorias no sistema, visto que, o mesmo vem apresentando instabilidades em sua distribuição,

constatadas pela própria concessionária que o administra. A vazão de distribuição foi obtida considerando os dados medidos no mês de abril de 2014. O valor em litros por segundo é de 20,82.

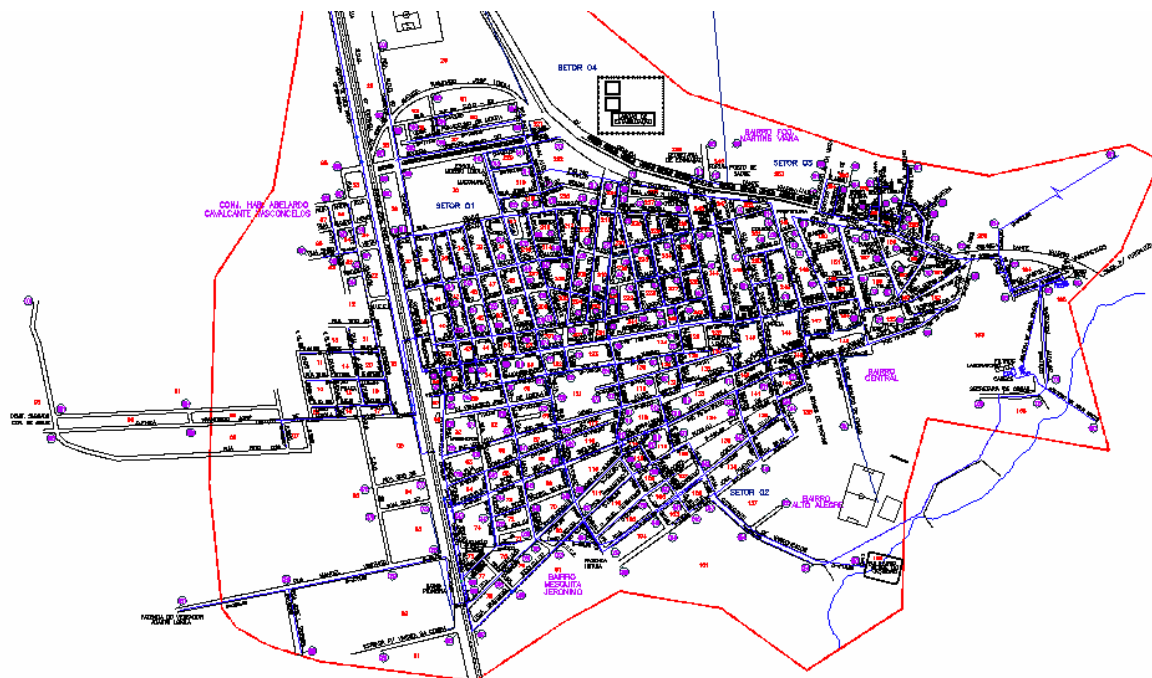


Figura 2: Planta na plataforma CAD com as tubulações lançadas.

A figura 2 mostra a planta da rede de distribuição de água da cidade de Forquilha – CE com as tubulações lançadas nos arruamentos. O módulo de água do sistema HTOOLS foi utilizado para converter o traçado da plataforma CAD para o formato INP do EPANET. O sistema também foi utilizado para calcular as demandas nodais da rede a partir da vazão de distribuição obtida pela concessionária administradora. Para o cálculo, considerou-se que cada nó recebe influência de metade de cada trecho adjacente a ele, ou seja, somam-se a metade do comprimento de cada trecho adjacente ao nó e multiplica-se esse valor pela taxa encontrada dividindo o valor da vazão de distribuição pelo comprimento total da rede.

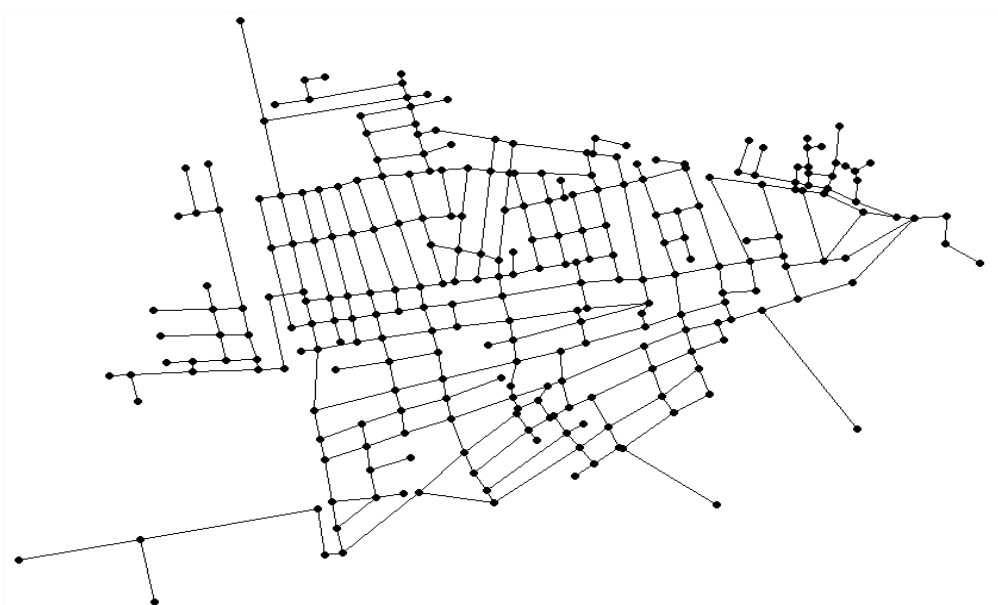


Figura 3: Imagem da rede no EPANET após a conversão feita pelo módulo água do HTOOLS

A figura 3 apresenta o resultado da conversão feita pelo sistema HTOOLS. Vale ressaltar que o módulo de água do sistema também permite que se calcule as demandas nodais de um arquivo INP já existente, ou seja, carrega-se o arquivo INP e insere-se uma vazão de distribuição, o sistema gera outro INP com as demandas calculadas e distribuídas.

SEGUNDO ESTUDO DE CASO

O segundo estudo de caso refere-se a uma rede coletora de esgoto hipotética encontrada na página 151 do livro Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário, que tem como autores: Pedro Alem Sobrinho e Milton Tomoyuki Tsutiya. O intuito do estudo é mostrar o formato de um arquivo de entrada do módulo de esgoto do HTOOLS, assim como, seus arquivos de saída gerados após o processamento dos dados.

A figura 4 mostra a planta da rede coletora de esgoto do estudo de caso no formato de arquivo de entrada do HTOOLS. Para que o desenho seja importado pelo sistema se faz necessário que o mesmo contenha a identificação de cada trecho e PV (poço de visita). Além disso, também é preciso que o arquivo de entrada possua a cota (elevação) do terreno em cada PV, este parâmetro pode ser representado textualmente ou através da representação das curvas de nível, neste caso, o sistema calcula automaticamente através de interpolações a cota do terreno no PV. A figura 5 apresenta alguns trechos destacados na figura 4, só que de uma maneira mais aproximada. O desenho da figura 4 foi feito com o auxílio de um programa da plataforma CAD denominado (DraftSight), que tem caráter “free” e realiza as mesmas operações que outros softwares disponíveis no mercado.

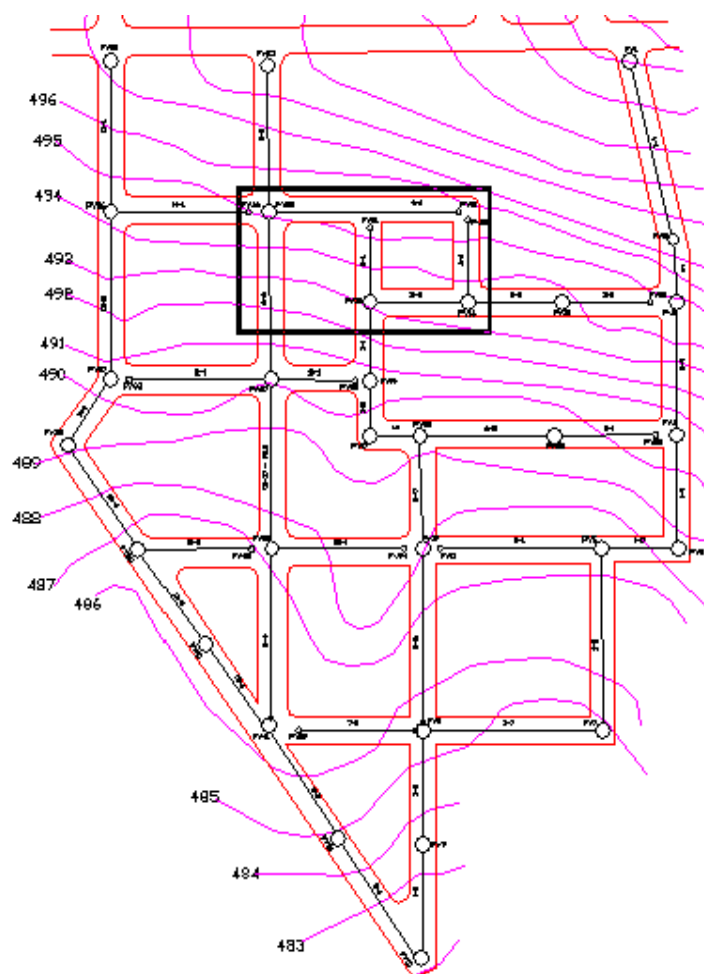


Figura 4: Formato do arquivo de entrada do HTOOLS, feito na plataforma CAD

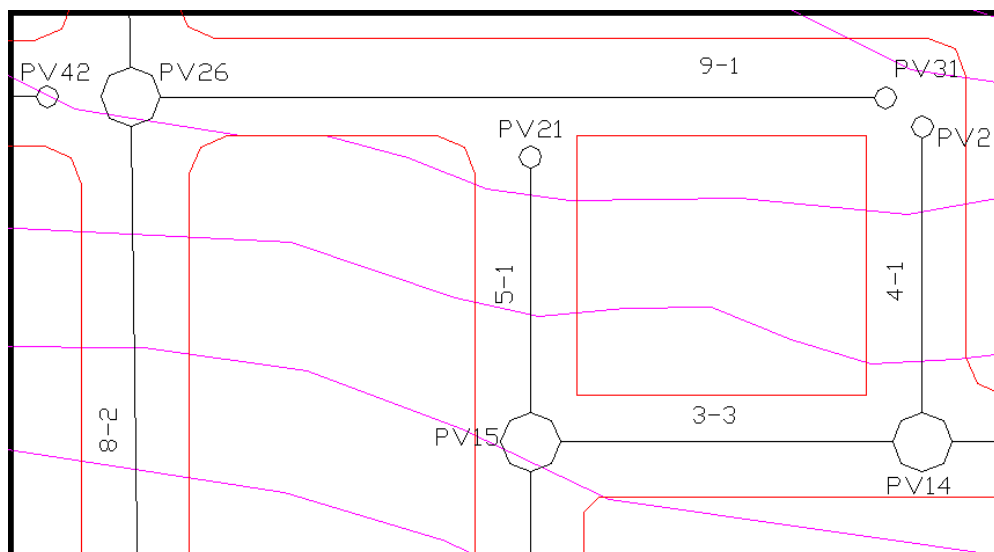


Figura 5: Imagem aproximada de alguns trechos da figura 4

Após o processamento é gerada uma tabela no próprio sistema contendo os valores do dimensionamento de cada trecho e PV da rede coletora de esgoto. A figura 6 mostra alguns desses valores. O sistema HTOOLS possui uma opção caso o usuário queira exportar esses dados da tabela para uma planilha XLS, que pode ser aberta, por exemplo, pelo Microsoft Excel.

Trecho	PVM	PVJ	Comprim. [m]	Vazão de Trecho(i) [l/s]	Vazão de Trecho(f) [l/s]	Vazão Montan.(i) [l/s]	Vazão Montan.(f) [l/s]	Vazão Jusante(i) [l/s]	Vazão Jusante(f) [l/s]	Vazão de Proj.(i) [l/s]	Vazão de Proj.(f) [l/s]	Cota Terren.(m) [m]	Cota Terren.(j) [m]	Decliv. do Terreno [m/m]	Decliv. Mínima [m/m]
1-1	1	2	89	0,1464	0,2976	0,0000	0,0000	0,1464	0,2976	1,50	1,50	502,05	498	0,04551	0,00455
1-2	2	3	38	0,0625	0,1271	0,1464	0,2976	0,2089	0,4247	1,50	1,50	498	495,71	0,06026	0,00455
1-3	3	4	96	0,1579	0,3210	0,2089	0,4247	0,3668	0,7457	1,50	1,50	495,71	491,12	0,04781	0,00455
1-4	4	5	50	0,0822	0,1672	0,3668	0,7457	0,4490	0,9129	1,50	1,50	491,12	489,26	0,03720	0,00455
1-5	5	6	33	0,0543	0,1104	5,4290	5,8929	5,4833	6,0033	5,48	6,00	489,26	487,56	0,05152	0,00247
1-6	6	7	96	0,1579	0,3210	5,6313	6,3043	5,7893	6,6253	5,79	6,63	487,56	484,9	0,02771	0,00241
1-7	7	8	100	0,1645	0,3344	5,7893	6,6253	5,9537	6,9597	5,95	6,96	484,9	485,5	-0,00600	0,00238
1-8	8	9	62	0,1020	0,2073	7,1841	9,4511	7,2860	9,6585	7,29	9,66	485,5	483,72	0,02871	0,00216
1-9	9	10	62	0,1020	0,2073	7,2860	9,6585	7,3880	9,8658	7,39	9,87	483,72	481,96	0,02839	0,00215
2-1	11	6	90	0,1480	0,3010	0,0000	0,0000	0,1480	0,3010	1,50	1,50	487,86	487,56	0,00333	0,00455
3-1	12	13	62	0,1020	0,2073	0,0000	0,0000	0,1020	0,2073	1,50	1,50	495,47	494,18	0,02081	0,00455
3-2	13	14	62	0,1020	0,2073	0,1020	0,2073	0,2040	0,4147	1,50	1,50	494,18	493,59	0,00952	0,00455
3-3	14	15	42	0,0691	0,1405	0,2862	0,5819	0,3553	0,7223	1,50	1,50	493,59	493,13	0,01095	0,00455

Figura 6: Planilha de dimensionamento gerada no sistema HTOOLS

Após a geração da planilha, o sistema disponibiliza um botão para o usuário gerar um arquivo DXF contendo o detalhamento de todos os trechos e PVs de acordo com os valores obtidos na planilha de dimensionamento. No detalhamento os trechos apresentam valores, tais como: identificador do trecho, comprimento, diâmetro, declividade, profundidade do coletor montante e profundidade do coletor jusante. Nos PVs, podemos perceber os seguintes dados: identificador do pv, cota do terreno, cota da singularidade e profundidade da singularidade. O formato do detalhamento de alguns trechos e PVs da rede coletora do estudo de caso pode ser visto na figura 7. A figura 8 apresenta alguns destes elementos vistos de uma maneira mais aproximada.

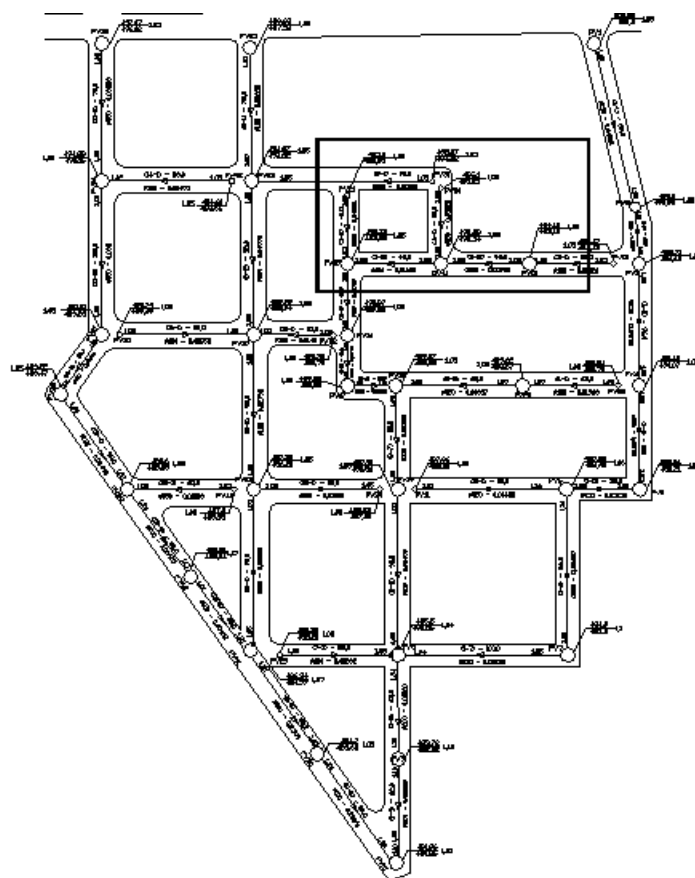


Figura 7: Detalhamento gerado pelo sistema HTOOLS

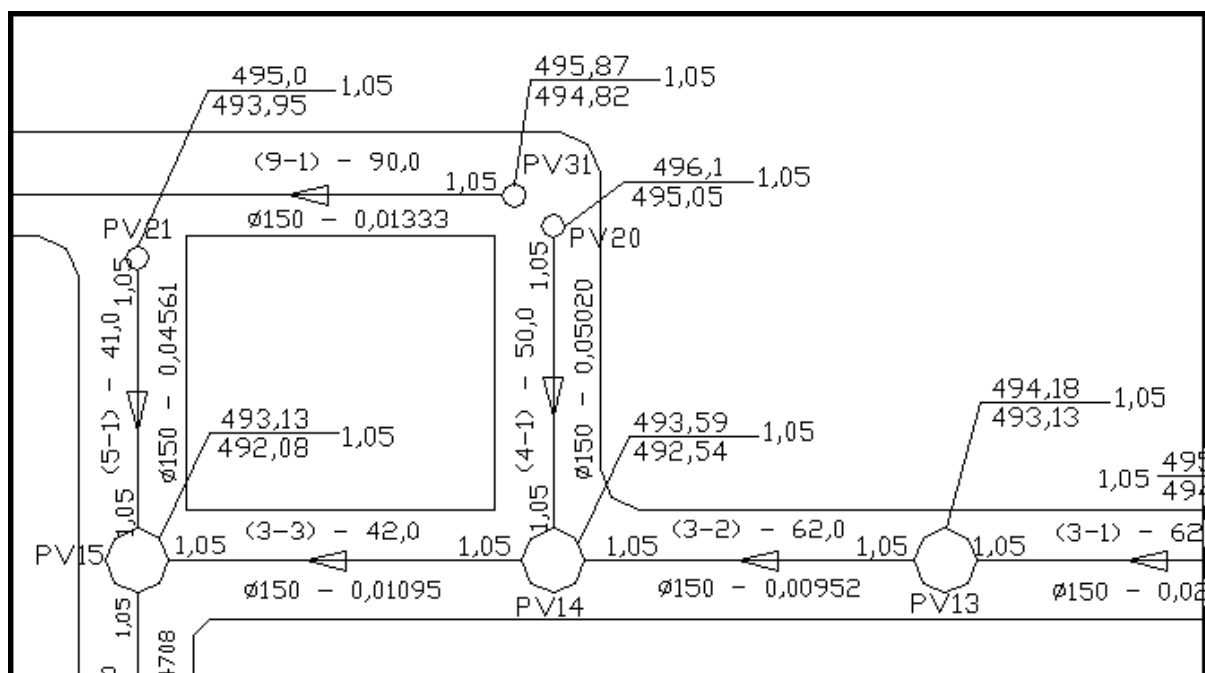


Figura 8: Detalhamento visto de uma maneira mais aproximada

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Encontra-se finalizado o módulo que gera o arquivo de entrada para o EPANET a partir de um arquivo de entrada DXF gerado na plataforma CAD, ou seja, o módulo de água. O módulo de dimensionamento de redes coletoras de esgoto encontra-se finalizado e sendo testado. O módulo de conversão INP para DXF encontram-se em fase de desenvolvimento, após a conclusão dos algoritmos serão feitos testes para verificar a eficácia dos mesmos e reparar possíveis erros que possam vir a ocorrer.

O Sistema HTOOLS está em fase de testes e divulgação por meio de simpósios, afim de proporcionar uma troca de conhecimento com especialistas da área, com o intuito de perceber, implementar e aprender novas funcionalidades que não foram consideradas e que possam vir a ser incorporadas futuramente no sistema.

CONCLUSÕES

O HTOOLS é um instrumento importante na modelagem de sistemas de saneamento, caracterizando-se como uma poderosa ferramenta de auxílio a estudantes e profissionais que trabalham com simulações hidráulicas. A automatização do projeto de rede coletora de esgoto e da criação do arquivo de entrada do simulador hidráulico EPANET permite não somente uma substancial redução no tempo de pré-processamento e cálculo, mas também um ganho em termos de precisão da simulação, uma vez que se minimizam os erros cometidos no processo de criação feita diretamente nos programas da plataforma CAD.

É importante destacar que qualquer software da plataforma CAD pode ser utilizado para gerar arquivos de entrada para o sistema HTOOLS, visto que, o formato DXF está disponível em todos eles, pois, é um formato padrão criado pela própria Autodesk.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ROSSMAN, L.A. EPANET2 – Manual do Usuário. Traduzido pelo LENHS/UFPB, (2007).
2. COSTA, L.H.M. ; FARIAS, G.M. ; FEIJO, S.A.S. Automatização do dimensionamento de redes coletoras de esgoto e da criação dos arquivos de entrada dos modelos EPANET e SWMM, (2015).
3. COSTA, L. H. M. ; PAIVA, B. A. ; FARIAS, G. M. Ferramenta computacional para auxílio em projetos de redes de distribuição de água, (2014).
4. COELHO, S. T.; LOUREIRO, D.; ALEGRE, H. Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água. Lisboa, Manual de Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água – Instituto Regulador de águas e Resíduos de Portugal, (2006).
5. SOBRINHO, Pedro Alem; TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 3. ed. : ABES, 2011.