



XII SIBESA

XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental
2014



IX-015 – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO PLUVIAL COM AUXÍLIO DO SWMM E INTEGRAÇÃO COM O AUTOCAD

Alessandro de Araújo Bezerra⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Recursos Hídricos pela UFC. Doutorando em Recursos Hídricos pela UFC. Professor Assistente, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada (DRHGA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Renata Shirley de Andrade Valdivino⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Recursos Hídricos pela UFC. Doutoranda em Recursos Hídricos pela UFC. Professora Assistente, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada (DRHGA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Marco Aurélio Holanda de Castro⁽³⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília (UnB). M.Sc em Recursos Hídricos na University of New Hampshire – USA. PhD., Drexel University -USA. Professor Titular, Departamento de Engenharia. Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará (UFC).

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Piauí, Centro de Tecnologia, Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada, Avenida Universitária - lado ímpar, Bairro Ininga, CEP 64049550 - Teresina, PI – Brasil, Telefone: +55 (86) 32371372, email: alessandrobezerra@ufpi.edu.br

RESUMO

A urbanização das cidades no Brasil está aumentando rapidamente, principalmente nos últimos anos. Por essa urbanização não possuir um planejamento que leve em consideração a sua drenagem, os prejuízos causados pelas águas pluviais estão alcançando dimensões cada vez maiores, causando transtornos aos órgãos públicos, com improvisação de moradias e gastos de recomposição das cidades, danos materiais aos moradores das cidades, com a perda de móveis, eletrodomésticos e, em alguns casos, da própria residência, ou em casos mais extremos, podendo haver perdas humanas. Uma boa maneira de se evitar esses prejuízos é através da existência de uma rede de drenagem na área urbanizada. O UFC8 é um software de projetos de redes de drenagem urbana que realiza seus cálculos através do uso do software SWMM. O programa possui uma interface amigável e eficaz. Por apresentar sua interface no AutoCAD, os projetos realizados com sua utilização podem ser plotados e apresentados facilmente.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto, Redes de drenagem urbana, AutoCAD, Software.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país em desenvolvimento. Esse desenvolvimento traz melhorias para a população brasileira, principalmente quando esse desenvolvimento se dá em saneamento básico.

O saneamento básico, para a maior parte dos autores, é composto pelo abastecimento de água, coleta de esgotos domésticos e coleta de resíduos sólidos. A coleta de esgotos pluviais, ou seja, a drenagem, não é incluída no saneamento básico, mesmo sendo extremamente necessária nos dias de hoje.

O desenvolvimento do país está associado à sua urbanização, ou seja, localidades que antes da urbanização eram repletas de campos e outras áreas para infiltração das águas das chuvas, depois da urbanização passam a ser cobertas por asfalto e outros materiais de pequena capacidade de infiltração, o que aumenta os riscos de enchentes nessas localidades ou em regiões próximas.

A água é extremamente necessária à vida humana. Para que haja água é necessário que haja chuva. Nas regiões com pouca chuva, ocorre a falta de água, deixando a população dessas regiões sem água para lavar roupas, tomar banho, cozinhar e, às vezes, até para beber.

Por outro lado, o nosso país sofre com uma variação espacial das águas das chuvas, ou seja, assim como existem regiões com pouca chuva, existem regiões com muita chuva, regiões com chuvas de grande intensidade.

Assim como chover pouco é ruim, chover com muita intensidade também é. Chuvas intensas podem causar grandes estragos numa região que não foi preparada para isso, já que, sistemas de drenagem preparados para suportar chuvas com elevados períodos de retorno possuem um custo bastante elevado.

As grandes cidades do Brasil, como por exemplo, São Paulo, sofrem constantemente com enchentes causadas por águas da chuva. Um dos fatores que ocasionam essas enchentes é a acelerada urbanização dessas regiões sem o devido planejamento em relação à sua drenagem.

Outro fator que intensifica o problema com água em nosso país é que, além da variação espacial, o Brasil sofre com a variação temporal das águas das chuvas, ou seja, nosso país possui um período seco e outro com bastante chuva, isso ocorre principalmente na região nordeste do país.

Para tentar diminuir as tragédias causadas pelas águas das chuvas, é importante que exista um bom sistema de drenagem, que colete as águas sem deixar que elas se amontoem nas regiões críticas.

Um dos principais estudos para que um sistema de drenagem seja eficaz, é o estudo hidrológico. Segundo McCuen(1989), inúmeros são os fatores que contribuem para a ineficiência dos projetos de drenagem, dentre eles destacam-se que as ocorrências das chuvas são imprevisíveis, uma coleta eficiente das águas das chuvas tem um custo muito elevado e, principalmente, os processos hidrológicos das chuvas são muito complexos e não existe uma completa teoria de hidrologia.

Infelizmente, menos da metade do nosso país possui rede de esgotos pluviais. Essa carência em drenagem faz com que ocorram desastres cada vez mais intensos.

Sabendo da carência de projetistas nessa área e em softwares para realização de projetos em drenagem urbana, o objetivo deste trabalho é a criação de um software denominado UFC8 que tem como seus principais objetivos tornar mais prático, fácil e rápido o desenvolvimento de projetos na área de drenagem urbana.

Como o AutoCAD é um software bastante conhecido e utilizado em vários projetos de engenharia, o software UFC8 funciona como um aplicativo do AutoCAD, facilitando a apresentação de seus projetos.

Este trabalho visa mostrar a importância da drenagem urbana no Brasil, ainda não muito intensa no país, mesmo com os vários desastres ocorridos devido à sua falta ou pouca eficiência.

O software desenvolvido e apresentado neste trabalho visa tornar mais fácil e rápido o desenvolvimento de projetos de redes de drenagem urbana. Este software é capaz de desenvolver desenho, dimensionamento e quantificar um projeto desenvolvido com sua utilização.

Com o desenvolvimento deste software, para a realização de projetos de drenagem urbana é possível utilizar mais uma tecnologia para a realização desses projetos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com a urbanização crescente no país é cada vez mais necessário que se projete adequadamente e se construa redes de microdrenagem urbana. Para que um projeto de microdrenagem urbana seja perfeitamente eficaz, é necessário que o município cresça com a sua drenagem planejada lado a lado com a sua urbanização.

Segundo Tucci (1995), a microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Para Tucci (1995), o dimensionamento de uma rede de esgotos pluviais é baseado em três etapas: subdivisão da área e traçado, determinação das vazões que afluem à rede de condutos e dimensionamento da rede de condutos.

O software UFC8, para desenho, dimensionamento e quantitativos de redes de drenagem urbana funciona como um aplicativo do AutoCAD, ou seja, sua palheta de funções é adicionada às palhetas do AutoCAD, sendo utilizado como sendo um recurso deste programa, o que facilita a apresentação dos projetos realizados com a utilização do UFC8.

O programa UFC8 foi desenvolvido nas linguagens de programação AutoLISP, VBA (Visual Basic for Applications) e Visual Basic. As duas primeiras são linguagens internas ao próprio AutoCAD e o Visual Basic é uma linguagem externa que foi utilizada apenas nas planilhas de dimensionamento e de quantitativos do software.

A palheta do UFC8 possui os acessórios necessários para a realização de um projeto de drenagem urbana, tanto graficamente como no sentido de dimensionamento e quantitativos.

O software permite ao usuário elaborar um projeto seguindo a metodologia geral mostrada na figura 1.

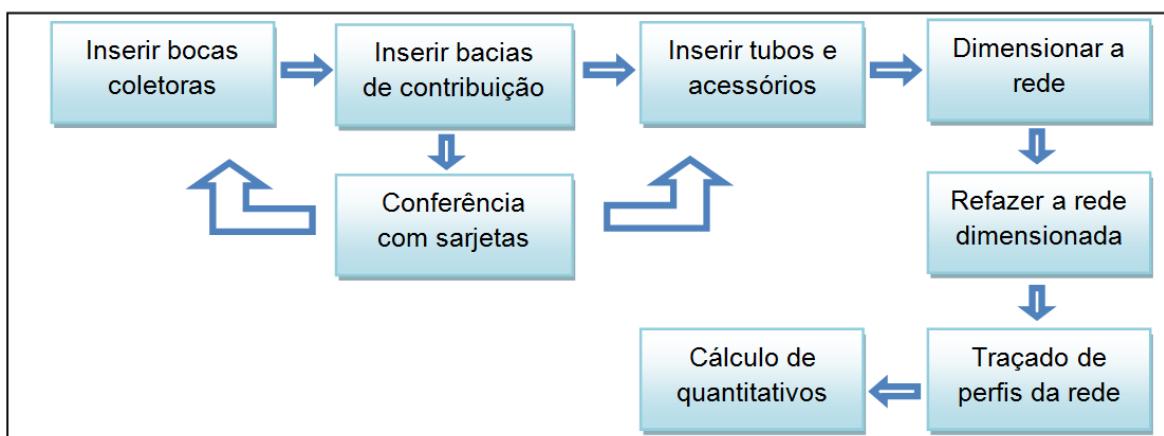


Figura 1 – Metodologia geral de utilização do UFC8.

A figura 1 mostra que um projetista de redes de drenagem urbana utilizando o UFC8 deve, inicialmente, inserir as bocas-de-lobo em seus devidos locais, com isso, deve-se traçar a bacia de contribuição para cada boca-de-lobo. Nesse momento, o projetista deve conferir se a sarjeta suportará a vazão das bacias de contribuição destas. Se a sarjeta suportar a vazão, o projeto pode seguir, se não suportar, o projetista deve indicar uma nova boca-de-lobo intermediária, traçar novamente as bacias de contribuição e conferir as sarjetas novamente.

Com a utilização do UFC8, não é obrigatório a conferência das sarjetas, mas, como não existe norma para redes de drenagem urbana, aconselha-se que exista essa conferência, visando um projeto de melhor qualidade.

Com as bocas coletoras e suas respectivas bacias de contribuição, o projetista deve inserir tubulações e acessórios, como poços de visita, indicando sentido do fluxo, se possível a favor da gravidade e minimizando comprimento de tubulações, visando a otimização do projeto.

Com a rede traçada, faz-se o dimensionamento desta, redesenhando a rede, assim pode-se traçar perfis dos coletores e calcular os quantitativos da rede.

CÁLCULO DE CHUVAS

A cheia de projeto é o fator mais importante em um projeto de drenagem urbana. O software UFC8 permite ao usuário escolher entre três métodos de cálculo de chuvas, podendo-se calcular e conferir os resultados dos três métodos entre si.

O primeiro e mais utilizado para regiões urbanas é o método das equações de chuva. Para o cálculo através das equações de chuva, são armazenados arquivos de texto contendo os estados, municípios e seus coeficientes e tipo de equação.

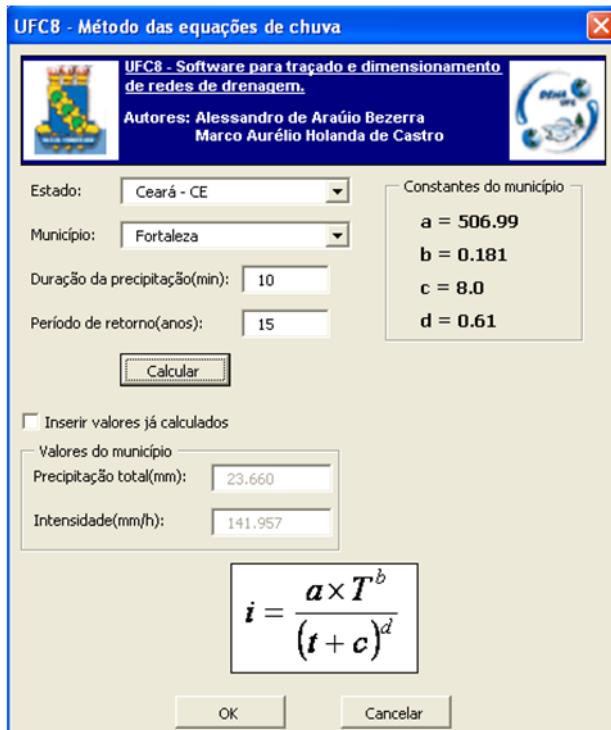


Figura 2 – Tela para cálculo de chuva pelo método de equações de chuva do UFC8 para o município de Fortaleza.

O segundo método é o de Pfafstetter, e também é muito utilizado para regiões urbanizadas.

O último método, o método de Taborga Torrico ou método das isozonas, também pode ser utilizado no UFC8, apesar de ser pouco utilizado em zonas urbanas.



Figura 3 – Método das Isozonas no UFC8.

SARJETAS

O traçado das sarjetas no UFC8 não é obrigatório, mas é de grande importância para o projeto. O UFC8 é capaz de conferir se a sarjeta é capaz de suportar e carregar a vazão da bacia até a boca-de-lobo.

A sarjeta no UFC8 pode ter um dos três tipos de seção transversal mostrados na figura 4.

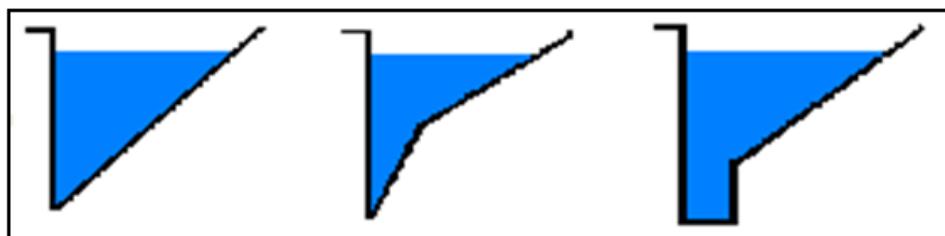


Figura 4 – Seções de sarjetas utilizados pelo UFC8.

Para conferir se a sarjeta suporta a vazão gerada pela bacia, calcula-se a vazão máxima suportada pela sarjeta para dadas lâminas máximas vertical e horizontal e compara-se com a vazão da bacia.

Se a sarjeta não suportar a vazão gerada pela bacia, o UFC8 considera que a bacia contribui com sua vazão para a sarjeta linearmente, e calcula o ponto onde ocorrerá o transbordamento de água na sarjeta.

TRAÇADO E DIMENSIONAMENTO DA REDE

O traçado da rede com o UFC8 é bastante simples, bastando clicar nos pontos de montante e jusante de cada trecho. Ao indicar estes pontos, o projetista está automaticamente indicando o sentido do escoamento e escolhendo o caminho a ser percorrido por este escoamento.

As singularidades como poços de visita, podem ser inseridos clicando apenas em um botão, isto evita o trabalho cansativo de inserir um a um entre cada intercessão de trechos.

Depois de traçada, a rede deve ser dimensionada. O método mais simples e usual, como dito antes, é através do método racional. O UFC8 utiliza o SWMM para o seu dimensionamento.

Enquanto a planilha de dimensionamento do UFC8 estiver executando, esta pode interagir com o SWMM a qualquer momento, podendo até, transferir os dados e fazer simulações a qualquer instante do dimensionamento. A figura 5 mostra um resumo geral de como é feito o dimensionamento pelo UFC8.

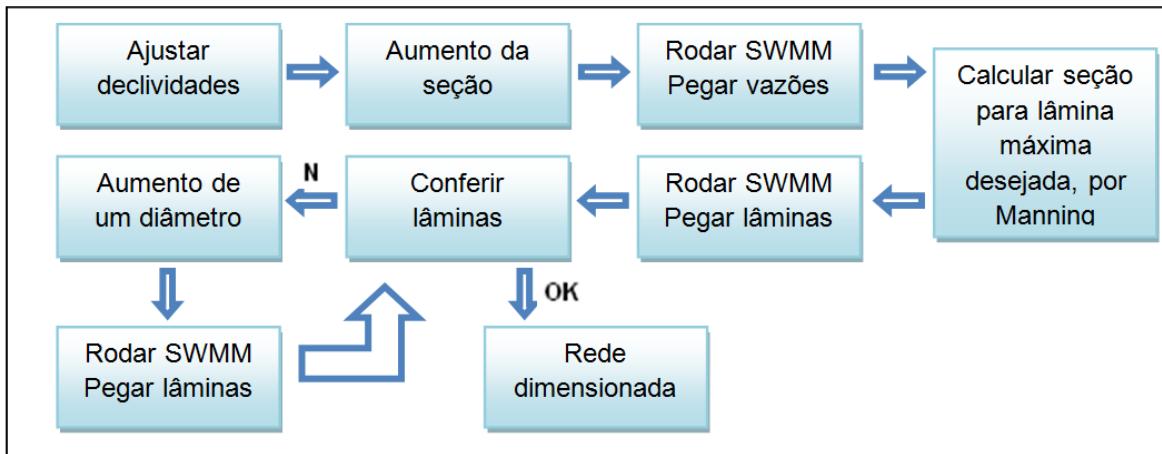


Figura 5 – Resumo do dimensionamento do UFC8.

No processo de dimensionamento, primeiramente, as declividades são ajustadas de acordo com a declividade mínima escolhida pelo projetista. Com as declividades da rede garantindo o fluxo, o diâmetro de toda a rede é passado a ser de 3 metros. O software SWMM calcula as vazões com esse diâmetro, garantindo, assim, que toda a rede estará trabalhando como canais.

Com as vazões já determinadas, calcula-se as seções, circulares ou retangulares, para a lâmina máxima desejada.

QUANTITATIVOS

Depois da elaboração de um projeto técnico, é necessário a realização do orçamento. O trabalho mais oneroso na realização de um orçamento é o levantamento de quantitativos.

O UFC8 faz esse levantamento apenas com um clique, fazendo o levantamento de material, cadastro, movimento de terra, entre outros.

O programa UFC8 é capaz de calcular a cota do terreno em qualquer ponto através de interpolação linear em oito direções, usando as distâncias entre o ponto onde será calculada a cota e as curvas de nível como peso.

Com a cota do terreno em qualquer ponto, pode-se calcular o volume de terra a ser movimentado com qualquer precisão. O UFC8 permite esse cálculo com precisão, assim como no perfil, a cada 1 metro, 2 metros, 3 metros, 4 metros, 5 metros ou apenas onde houver singularidades.

RESULTADOS

O desenvolvimento de um projeto de redes de drenagem urbana com a utilização do software UFC8 é prático e simples para o projetista. As funções que o UFC8 possibilita ao projetista estão mostradas na figura 6. Para apresentar os resultados da utilização deste software será mostrado os resultados obtidos e suas vantagens na elaboração de um projeto utilizando o UFC8.

Uma das grandes vantagens do UFC8 é a possibilidade de escolher os dados iniciais da rede antes de iniciar o seu traçado e poder alterá-los após o traçado. Esses dados estão na tela de Default do software e são: diâmetro mínimo, recobrimento mínimo, número de Manning da tubulação e sarjetas, tipo de seção da sarjeta e sua declividade mínima, método de cálculo para precipitações, duração mínima da chuva e período de retorno, tipo de pavimentação, tipo de solo e outros.

Ao indicar o ponto onde existirá uma boca coletora, todos os dados contidos na caixa já aparecem inseridos, ou seja, o projetista não precisa se preocupar, podendo alterar qualquer um dos dados sem dificuldade. O número da boca coletora vai crescendo de acordo com o número de bocas coletoras inseridas, a cota do terreno é calculada automaticamente, a profundidade é o recobrimento mínimo somado ao diâmetro do tubo de ligação. Os outros dados como quantidade de bocas-de-lobo lado a lado, gradeamento e tipo de captação são escolhidas pelo projetista.

Com a boca-de-lobo inserida, o projetista traça a bacia de contribuição para àquela boca-de-lobo, clicando no botão devido e nos vértices da bacia.

Uma característica bastante interessante do UFC8 é que após a inserção da primeira bacia de contribuição as intensidades de chuva são calculadas sem que o projetista entre na tela de cálculo de precipitações, sempre utilizando como tempo de concentração o mínimo adotado ou o encontrado, caso esse seja maior que o mínimo.



Figura 6 – Botões e funções do UFC8.

Com as bocas coletoras e suas respectivas bacias de contribuição inseridas no projeto, o projetista indica o percurso que a água deve percorrer através da inserção de tubulações de ligação e de rede. Após as tubulações insere-se poços de visita, caixas de visita ou caixas de ligação.

A inserção das singularidades com o UFC8 possui características importantes para o projetista. A inserção automática economiza tempo e trabalho, mas não permite ao projetista modificar seus atributos enquanto insere, podendo, assim, editá-los ou inserir os que necessitam de modificações manualmente, depois inserir os outros automaticamente.

As legendas de tubos e acessórios do UFC8 podem aparecer ou ficar invisíveis de acordo com o que o projetista deseja apresentar em seu projeto. Na legenda da tubulação podem aparecer tipo de seção transversal (circular ou retangular), número de coletor e trecho, material, diâmetro ou largura e altura, comprimento e declividade do trecho. O projetista pode mostrar desde nenhuma até todas essas características.

Omitir algumas características é extremamente necessário para que se evite que o projeto fique cheio de desenhos e textos e não se possa entendê-lo, como por exemplo se a rede inteira possuir seção circular, não é necessário mostrar isso nos trechos.

Com a rede traçada, o projetista pode utilizar a planilha de cálculos apenas clicando no botão devido, aparecendo a rede não dimensionada.

O projetista pode escolher entre dimensionar automaticamente e alterar apenas se houver obstruções no terreno, o que é recomendado, ou dimensionar manualmente, escolhendo profundidades, diâmetros e declividades para cada trecho.

A planilha de dimensionamento da rede mostra trecho, singularidades de montante e jusante, comprimento, cotas do terreno à montante e à jusante, cotas do coletor à montante e à jusante, profundidade à montante e à jusante, seção, diâmetro, largura, altura, declividade, vazão no trecho, velocidade, lâmina máxima e observações, como degraus.

Todas essas características são necessárias no desenvolvimento e na apresentação de um projeto. A possibilidade da escolha da lâmina máxima é um grande avanço, pois além de permitir ao trecho suportar vazões maiores que a do período de retorno escolhido, ultrapassando a lâmina máxima, mantém o software em atividade quando futuramente surgir uma norma para redes de drenagem urbana e se esta fixar uma lâmina máxima para tubulação o UFC8 será capaz de segui-la.

Além de ser uma grande vantagem do UFC8 o cálculo de quantitativos com um só clique, este já aparece num formato para facilitar o cálculo do orçamento. Para isso, o UFC8 separa serviços de materiais. Para o item serviços é calculado:

- Cadastro da rede;
- Locação e nivelamento;
- Trânsito, segurança e travessia;
- Movimento de terra;
- Escoramento;
- Singularidades;
- Assentamento de tubos;
- Pavimentação.

No item material é calculado o fornecimento de tubulação. Os dados quantitativos do software podem ser transferidos para o Excel da Microsoft apenas com um clique, o que facilita no cálculo do orçamento.

CONCLUSÕES

O software UFC8 torna mais fácil, prático e economiza o tempo gasto para a realização de projetos de redes de drenagem urbana, tornando, assim, este tipo de projeto mais viável de ser realizado pelos engenheiros da área.

Por permitir ao projetista três métodos para cálculo da chuva de projeto de forma simples e prática, este pode elaborar o seu projeto com uma maior segurança do que confiando em apenas um método.

O fato de um único software portar estas três etapas de projeto, desenho, dimensionamento e quantitativos, facilita o desenvolvimento de projetos, sendo desnecessária a alternância de softwares durante a realização de projetos.

A capacidade de visualização de perfis com cotas de terreno entre as singularidades torna o projeto muito mais real e aceito pelas concessionárias.

O uso do SWMM torna o projeto mais próximo da realidade, mostrando resultados bem mais próximos da realidade do que a utilização do método racional, que é o mais utilizado para este tipo de projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
2. ALMEIDA, R. A. LISP para AutoCAD. 2^a. ed. Florianópolis: Visual Books, 2000. 192 p.
3. AutoCAD 2008 Help – User's Guide
4. BEZERRA, A. A. Computação gráfica e modelagem computacional aplicada a redes de drenagem urbana, 2011. Monografia – Universidade Federal do Ceará.
5. CARNEIRO, P. H. ; MARTINZ, D. D. G. ; STUDART, T. M. C. ; CAMPOS, José Nilson Beserra . Emprego de Ferramentas Computacionais na Determinação de Chuvas Intensas: Um Instrumento Adicional para o Ensino de Hidrologia. In: VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2002, Maceió. VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Porto Alegre : ABRH, 2002.
6. GARCIA, J. I. B. Monitoramento Hidrológico e Modelagem da Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Arroio Cancela, 2005.
7. KRAMER, B.; GIBB, J. AutoCAD VBA Programming. United States Of America: Miller Freeman Books, 1999. 366 p.
8. KRAMER, W. Programando em AutoLISP. São Paulo: Makron Books, 1995. 274 p.
9. MATSUMOTO, E. Y. AutoLISP Linguagem de Programação do AutoCAD. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1998. 149 p.
10. MCCUEN, R. H. Hydrologic Analysis and Design. Englewood Cliffs, New Jersey. Editora Prentice Hall, 1989. 867 p.
11. Manual de saneamento. 3^a ed. rev. 1^a reimpressão – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.
12. PERRY, G. Aprenda em 21 dias Visual Basic 6. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 844 p.
13. PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1976. 278p.
14. PORTO, R. M. Hidráulica Básica. 4^a ed. São Carlos: EESC/USP, 2006. 519p.
15. ROSSMAN, L.; DICKINSON, R.; SCHADE, T.; CHAN, C.; SULLIVAN, D.; BURGESS, E. Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0. Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory Cincinnati, 2008.
16. SILVEIRA, A. L. L. . Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 5-23, 2005.
17. TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. Drenagem Urbana, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Editora da Universidade, 1995.
18. VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1975. 245p.
19. TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO,P. Universidade de São Paulo. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 1^a. Ed. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária, 1999. 547p.