



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**LILIAN PAIXÃO ALEIXO DE SOUSA**

**METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA POTÁVEL**

**BELÉM-PA  
2017**

**LILIAN PAIXÃO ALEIXO DE SOUSA**

**METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA POTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito obrigatório para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Lindemberg Lima  
Fernandes

**BELÉM-PA  
2017**

LILIAN PAIXÃO ALEIXO DE SOUSA

**METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA POTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito obrigatório para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Belém, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_ - Orientador

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes  
Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido pela Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Universidade Federal do Pará - UFPA

\_\_\_\_\_

Profº Roberto dos Santos Corrêa  
Mestre em Engenharia Civil em Engenharia Hídrica e Saneamento pela Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Universidade Federal do Pará - UFPA

\_\_\_\_\_

Profº Daniel Alvino Mesquita  
Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Universidade Federal do Pará - UFPA

**COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO**

# **METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL**

## **RESUMO**

O objetivo desta pesquisa foi propor uma rede de abastecimento de água com o auxílio dos softwares UFC e EPANET na implantação de uma rede de abastecimento de água potável, tomando como referência o Campus Profissional e Básico da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, no município de Belém. Para o dimensionamento da rede de abastecimento de água potável, fez-se um levantamento *in loco*, que a partir da planta topográfica, foram geradas as curvas de níveis. Além do estudo de concepção, parâmetros de projeto e do levantamento da área de estudo, também foi realizada estimativa populacional. Os métodos utilizados no dimensionamento da rede de abastecimento foram o Hardy-Cross, Seccionamento Fictício e os softwares EPANET e o UFC, com a utilização dos componentes UFC2, UFC3 e o UFC4. A partir disso foram obtidas duas configurações de rede de abastecimento de água: pelo método Hardy-Cross (Campus Profissional), uma rede em formato de anéis, a qual foi maior, logo com maior custo de implantação; e pelo método seccionamento fictício (Campus Básico), rede ramificada, menor que a outra rede dimensionada, com menor custo, sendo esta configuração mais utilizada para comunidades pequenas. Além disso, a utilização dos softwares proporcionou maior flexibilidade e otimização para o dimensionamento da rede do sistema de abastecimento de água potável do campus Profissional e do Básico da cidade universitária professor José da Silveira Netto.

**Palavras Chave: Abastecimento de Água. Método Hardy-Cross. Seccionamento Fictício.**

## **ABSTRACT**

The objective of this research was propose a water supply system with the help of softwares UFC and EPANET in the deployment of a water supply system, Taking as reference the Professional Campus and Basic Campus of the University City Professor José da Silveira Netto, in county of Belém. For the dimensioning of drinking-water supply system, was make a survey in loco, that with topographic plant were generated level curves. Beside of conception study, project parameters and survey of study area, was realized estimate population. The methods used in the water supply system was Hardy-Cross, Fictitious Sectioning and the softwares EPANET and UFC, with the use of components UFC2, UFC3 and UFC4. As of this, were obtinded two configurations of water supply system: an of Hardy-Cross method (Professional Campus), a net made of rings, which was the biggest, consequent with bigger of the cost; and by method of Fictitious Sectioning (Basic Campus), ramified net, smaller than other net dimensioned, with lower cost, while the configuration more utilized in small communities. Beside, the utilization of softwares provided large flexibility and optimization for the dimensioning of drinking-water supply system of Professional Campus and Basic Campus of the University City Professor José da Silveira Netto.

**Key-words: Water Supply. Methods Hardy-Cross. Fictitious Sectioning**

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento de suma importância para manutenção do equilíbrio do meio ambiente e para os seres vivos, esse elemento encontra-se no estado líquido, sólido e gasoso e fica em constante movimento nos processos de transporte de massa entre atmosfera, meio terrestre e nos oceanos, essa dinâmica é denominada de ciclo hidrológico, compreendendo as etapas de precipitação, infiltração, escoamento superficial e evapotranspiração (PHILIPPI JR, MARTINS, 2005).

Além disso, esse recurso quando potável é importante sob aspecto sanitário e social para melhoria da qualidade da saúde e das condições de vida da população, diminuição da incidência de doenças de veiculação hídrica, como diarreia, cólera, e hepatite infecciosa; implantação de hábitos de higiene na comunidade, como, lavagem das mãos, o banho, higiene do ambiente (FUNASA, 2007). Sob o aspecto econômico, aumento de vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos, facilita a instalação de indústrias e turismo, proporcionando o desenvolvimento da comunidade (CASTRO, 1995).

Para elaboração do projeto de um sistema de abastecimento de água é preciso realizar um estudo de concepção, o qual se refere ao levantamento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias para caracterizar o sistema (TSUTIYA, 2006). Esse levantamento tem objetivo de escolher a melhor opção do ponto de vista técnico, econômico e social.

O sistema pode ser realizado de forma individual ou coletivo, na área urbana o sistema coletivo é a solução mais adequada; o sistema individual aplica-se em áreas rurais, mas ainda utilizado em cidades, podendo resultar em problemas sanitários, devido à qualidade da água (MOTA, 2000). O sistema coletivo tem como vantagens, por exemplo, a facilidade na proteção do manancial, na supervisão e manutenção das unidades, e maior controle da qualidade água consumida (CASTRO, 1995).

Apesar de o Brasil ser um dos detentores de água doce, não são todos que tem acesso ao serviço de abastecimento de água, segundo o SNIS (2015), a média de índice de atendimento no país com rede de abastecimento de água para esse período foi de 83,03% , ademais, o país apresenta falhas quanto à qualidade e quantidade, e na Amazônia, apesar de possuir um grande potencial em recursos hídricos, muitas famílias não têm acesso à água potável, levando estes utilizarem soluções não sanitárias, resultando em incidência de muitas doenças e mortes. Além disso, a região Norte é a que ficou abaixo da média nesse índice de atendimento, com 56,9% (SNIS, 2015).

O sistema de abastecimento de água tem a finalidade de ofertar água à comunidade, e essa água chega aos consumidores por meio da rede de distribuição, segundo Philippi Jr e Martins (2005), esta é constituída por um conjunto de tubulações, conexões, válvulas e peças especiais instaladas nas vias públicas, no passeio ou nos canteiros dos parques e avenidas, com a finalidade de proporcionar água em quantidade e pressões adequadas a todos os usuários.

O ciclo do abastecimento tem início na captação da água bruta e esta é transportada até a Estação de Tratamento de Água (ETA) por uma Adutora de Água Bruta. Após o tratamento, a água é transportada por uma tubulação chamada de Adutora de Água tratada até os reservatórios situados em pontos estratégicos do sistema de abastecimento (AZEVEDO NETTO, 1998). A partir desses reservatórios ocorre a distribuição da água tratada através de várias tubulações que formam redes de distribuição, destinada condicionar água potável aos consumidores (TSUTIYA, 2006).

Assim, a pesquisa objetiva propor uma rede de abastecimento de água, com auxílio dos softwares EPANET/UFC, para o Campus Profissional e Básico da Cidade Universitária Professor José da Silveira, a partir do levantamento dos dados topográficos da área de estudo, e realizar uma avaliação econômica para diversos tipos de materiais e configurações da rede.

## **2 METODOLOGIA**

A Pesquisa, de caráter quantitativo, será realizada no campus da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, em Belém, Pará. E será dividida em duas etapas: caracterização da área de estudo, a partir documentos, projetos e informações obtidas na Prefeitura da Universidade Federal do Pará (UFPA); e dimensionamento da rede.

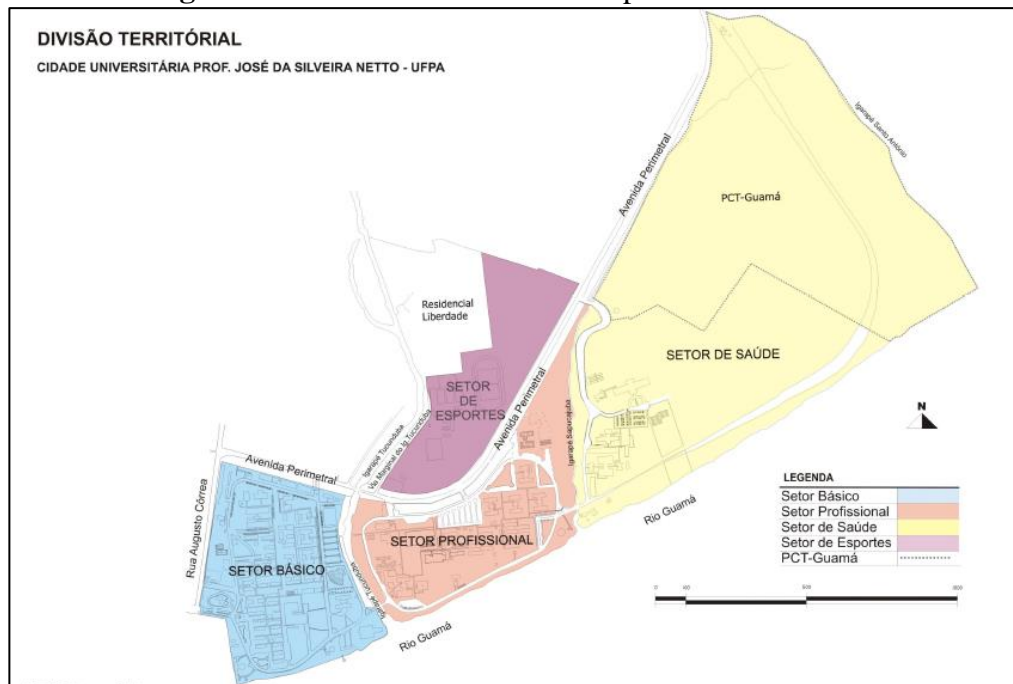
### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

A Universidade Federal do Pará (UFPA) foi criada pela Lei nº 3.191, de 2 de julho de 1957, tem sua sede na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto em Belém, e recebeu esse nome em homenagem ao segundo reitor da universidade. Segundo o Relatório da UFPA (2016), a UFPA possui 12 Campi, os quais são em Abaetetuba, Altamira, Ananindeua, Belém, Bragança, Breves, Cametá, Capanema, Castanhal, Salinópolis, Soure e Tucuruí; uma população universitária total é de 61.938 habitantes.

O campus universitário localiza-se ao Sul do município de Belém, possui área de 470 ha, e divide-se em Setor da Saúde, Setor de Esportes, Setor Básico e Setor Profissional, como mostra a. Figura 1. Estes dois últimos setores serão a área de estudo destinados ao dimensionamento da rede e à modelagem UFC.



**Figura 1: Divisão territorial do Campus Universitário**



Fonte: Plano Diretor UFPA (2011)

O Setor Básico possui uma área de 30,03 ha e o Profissional, 30,97 ha (PLANO DIRETOR UFPA, 2011). O acesso ao Campus universitário ocorre por meio rodoviário através da Avenida Perimetral, Rua Augusto Corrêa e Avenida Bernardo Sayão, por meio de carros, motocicletas, bicicletas e ônibus; e também por via fluvial, através do Rio Guamá.

## 2.2 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Conforme a disposição dos condutos principais, a rede de distribuição de água pode ser classificada como ramificada e malhada. A rede ramificada, segundo Porto (2006), é utilizada geralmente para pequenas comunidades e o abastecimento se faz a partir de uma tubulação tronco alimentada por um reservatório, nesta rede o sentido da vazão em qualquer trecho é conhecido. Segundo Azevedo Netto (1998) a rede malhada forma circuitos fechados, na qual se estabelece os pontos (nós), nos quais se supõem concentradas as demandas (vazão concentrada nos nós) das áreas circundantes, denominada área de influência.

Para dimensionamento da rede foram necessárias algumas informações, tais como: população da área de estudo (Campus Profissional e Básico); levantamento topográfico por meio de pontos topográficos através do teodolito; consumo per capita; coeficientes de demanda diária máxima (K1) e demanda horária máxima (K2).

Para o cálculo da vazão de distribuição (vazão de projeto) utilizou-se a fórmula apresentada na Equação 1.

$$Q_{dist} = \frac{P \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q}{86400} \quad (1)$$

Em que:

$Q_{dis}$ : Vazão distribuição (L/s)

P: População a ser atendida (hab)

q: Consumo per capita de água (l/hab.dia)

$K_1$ : Coeficiente do dia de maior consumo

$K_2$ : Coeficiente da hora de maior consumo

Também foi calculado o volume de reservação para atender a demanda populacional dos dois setores empregando-se a Equação 2 que correspondeu a 1/3 do consumo médio diário.

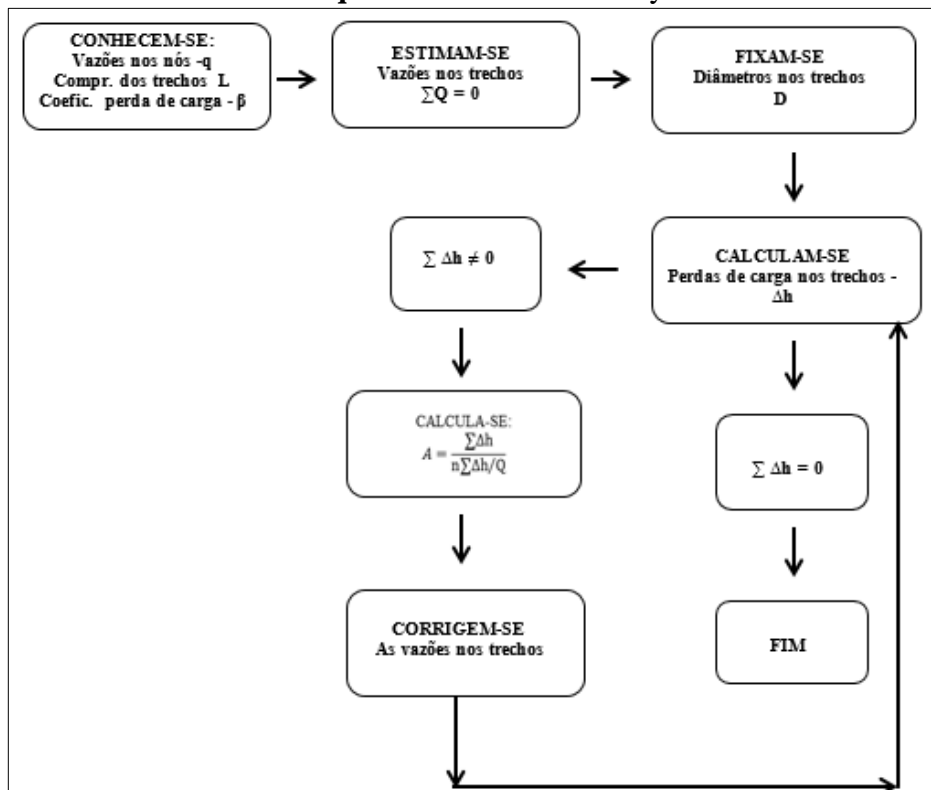
$$V_{resv} = \frac{1}{3} \cdot \frac{(k_1 P q)}{1000} \quad (2)$$

Os volumes dos Reservatórios Elevados (REL) foram obtidos obedecendo a relação 1/5 do volume de reservação e o volume do Reservatório Apoiado (RAP) foi o restante do volume.

Foram utilizados dois métodos para dimensionar a rede: o seccionamento fictício para o Campus Básico (rede ramificada) e o Hardy – Cross para o Campus Profissional (rede malhada). No método seccionamento fictício, conhecida as vazões (vazões fictícias) e o sentido do fluxo, os diâmetros são estabelecidos, es estes foram determinados com base na tabela de velocidades máximas em função do diâmetro (Anexo A).

O método utilizado para dimensionar a rede no Campus Profissional foi o Hardy-Cross, o Esquema 1 apresenta o procedimento desse método.

Esquema 1 – Método Hardy-Cross



Fonte: Baptista, 2003.

O dimensionamento hidráulico foi realizado com o auxílio do *Software* Excel 2010, para os dois métodos utilizados. Além disso, utilizaram-se os softwares AutoCAD, o EPANET e o sistema UFC. O AutoCAD foi utilizado para traçar as duas redes (ramificada e malhada).

Para rede do Campus Básico utilizou-se o EPANET, para executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico da rede, e obter valores de vazão nas tubulações e as pressões nos nós.

O UFC, aplicado para rede do Campus Profissional, tem uma interface nesses dois programas citados acima, realiza tarefas referentes ao traçado e ao dimensionamento hidráulico de redes de abastecimento de água, adutoras e redes de esgoto sanitário. Os componentes do UFC utilizados para este trabalho foram UFC2, UFC3 e UFC4. O UFC2 é o módulo de desenho no AutoCAD e interface AutoCAD/EPANET; o UFC3 insere as conexões, numeração dos nós e trechos e elabora os quantitativos da rede de água; e o UFC4 é o módulo de dimensionamento de rede abastecimento de água.

Para utilizar o programa UFC é necessário obedecer a alguns requisitos: a versão do AutoCAD deve ser a partir da versão 2011 e em inglês e o sistema operacional do computador deve ser 64 bits. Além disso, foram necessários dois arquivos AutoCAD (\*.dwg.), um com as curvas de nível (com sua coordenada Z) do Campus Profissional, e o outro em forma de bloco,

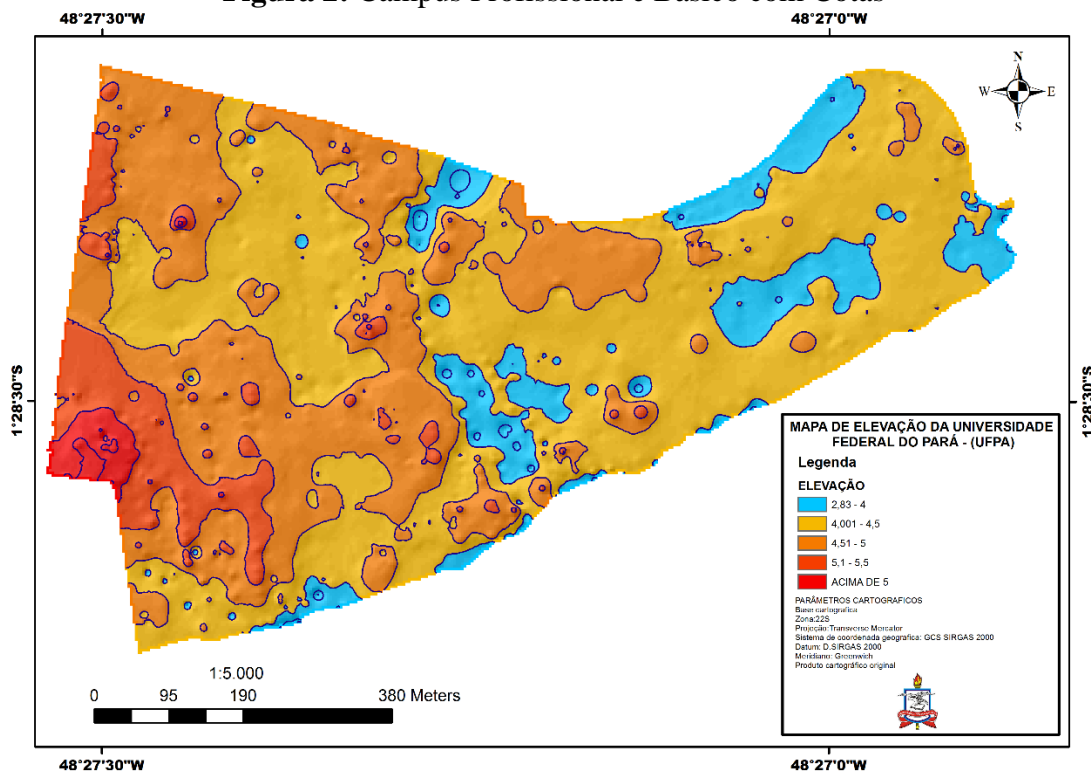
composto pelas ruas, prédios, características do local. Este bloco serve para direcionar onde a rede será assentada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 DADOS TOPOGRÁFICOS E PLANTA TOPOGRÁFICA

Os pontos topográficos foram obtidos por meio de Teodolito, e estes pontos foram inseridos na planta do Campus Profissional e do Básico, a partir dessa etapa pode-se determinar o modelo de elevação da área de estudo, com as amplitudes variando nas cotas de 3 a 5,80m em relação nível do mar, o que sofre influência das marés de preamar, principalmente no mês de março, onde ocorre as maiores lâminas de chuvas e as maiores tábuas de marés aqui na região. O levantamento topográfico ratificou os pontos de alagamento, áreas mais baixas, demarcadas na cor azul. A Figura 2 abaixo mostra o levantamento das cotas da área de estudo.

**Figura 2:** Campus Profissional e Básico com Cotas



Fonte: Autor, 2017.

#### 3.2 ESTUDO POPULACIONAL

Para o Campus Profissional foi realizado um levantamento populacional com base nas vagas ofertadas dos cursos considerando os Institutos alocados no setor Profissional, os quais são Instituto de Tecnologia (ITEC), Instituto de Ciências da Educação (ICED), Instituto de Ciências Sociais Aplicadas (ICSA), Instituto de Ciências Jurídicas (ICJ) e o Núcleo de Altos

Estudos Amazônicos (NAEA), além disso, foi considerado o quadro de professores e os funcionários com funções administrativas. A estimativa da população foi de 8.463 habitantes. Considerou-se a população constante, não havendo aumento no número de vagas ofertadas para os cursos inseridos no Campus Profissional.

E a população do Campus Básico foi de 14.500 habitantes, obtida por meio do Plano Diretor da Instituição de Ensino (UFPA).

### 3.3 ESTUDO DE DEMANDA

A projeção de vazão de projeto foi para um alcance de 20 anos, com os parâmetros apresentados no Quadro 1 abaixo.

**Quadro 1 – Parâmetros de Projeto**

Alcance do projeto	20 anos
Consumo <i>per capita</i> (q) – Twort <i>et al</i> (2000)	75,0 l/hab.dia
Coefficiente de demanda diária máxima ( $k_1$ )	1,2
Coefficiente de demanda horária máxima ( $k_2$ )	1,5
População Campus Profissional	8.463 hab
População Campus Básico	14.500 hab

A vazão de distribuição com tempo de funcionamento adotado de 24 horas foi de 13,22 L/s, para o setor Profissional; e para o Básico, a vazão foi de 22,66 L/s.

Os volumes de armazenamento obtidos foram calculados e expostos no Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1 – Volumes calculados**

	<b>Vol de reservação (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol REL (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol RAP (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Setor Profissional</b>	254	51	203
<b>Setor Básico</b>	435	87	348

Fonte: Autor, 2017.

Os reservatórios elevados serão no formato cilíndrico, com 3m de altura e 4,80m de diâmetro para o Campus Profissional; e 3,5m de altura e 5,70m para o Básico. Os reservatórios apoiados serão retangulares com câmara, obedecendo à relação de suas dimensões  $x/y = 3/4$ .

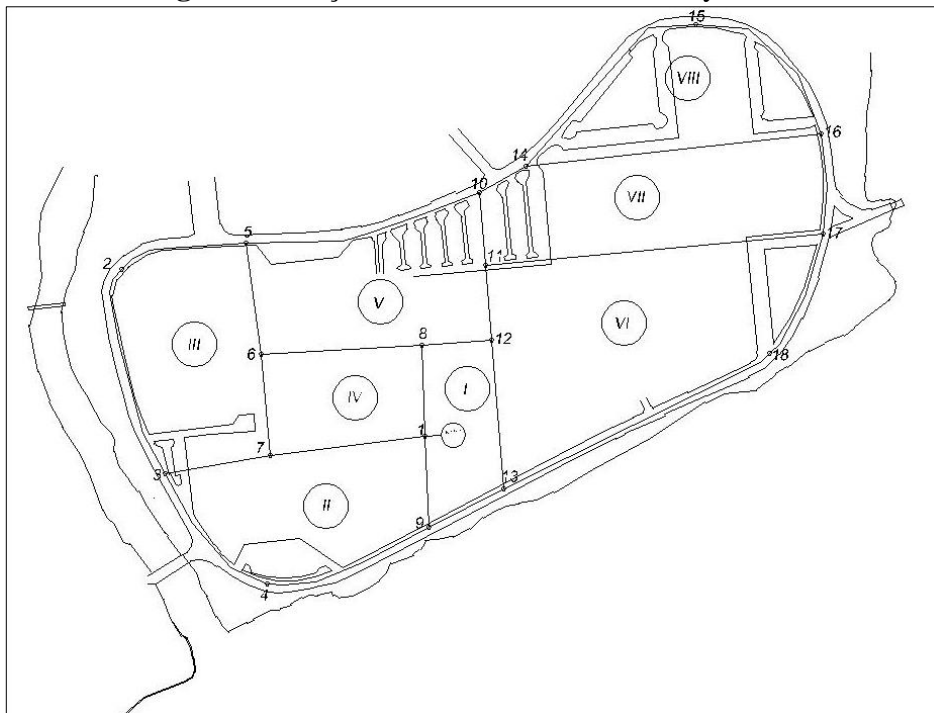
### 3.4 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CAMPUS PROFISSIONAL

Para a concepção da rede do setor Profissional aplicou-se o método de Hardy-Cross, as tubulações foram traçadas de modo que formassem circuitos fechados (anéis), sempre que o traçado urbanístico permitisse.

O dimensionamento hidráulico foi realizado com o auxílio do *Software Excel 2010*, realizou-se 27 interações para o balanceamento das vazões de distribuição nos trechos. Essas interações obedeceram aos critérios estabelecidos pela NBR 12.218, de valores de vazão, perda de carga e velocidade:  $\sum Q \leq 0,1$  l/s,  $\sum H_f \leq 0,05$  m e  $V_{\text{máx}} = 3,5$  m/s, respectivamente.



Foram traçados 8 anéis, como mostra a Figura 3, com 18 nós e para cada nó determinaram-se áreas de influência, desta forma determinaram-se os valores de vazão em cada nó.

**Figura 3:** Traçado dos Anéis Método Hardy-Cross




Fonte: Autor, 2017.

Para determinação da vazão demandada multiplicou-se a área de influência do nó (ha) pela vazão específica (l/s.ha), o valor obtido foi 0,764 l/s.ha. A partir do dimensionamento das redes principais, foram estabelecidos os diâmetros. O maior diâmetro encontrado foi de 150mm, localizado na saída do reservatório e nos trechos próximos do mesmo. O menor diâmetro foi de 50mm, alocado na maior parte da rede.

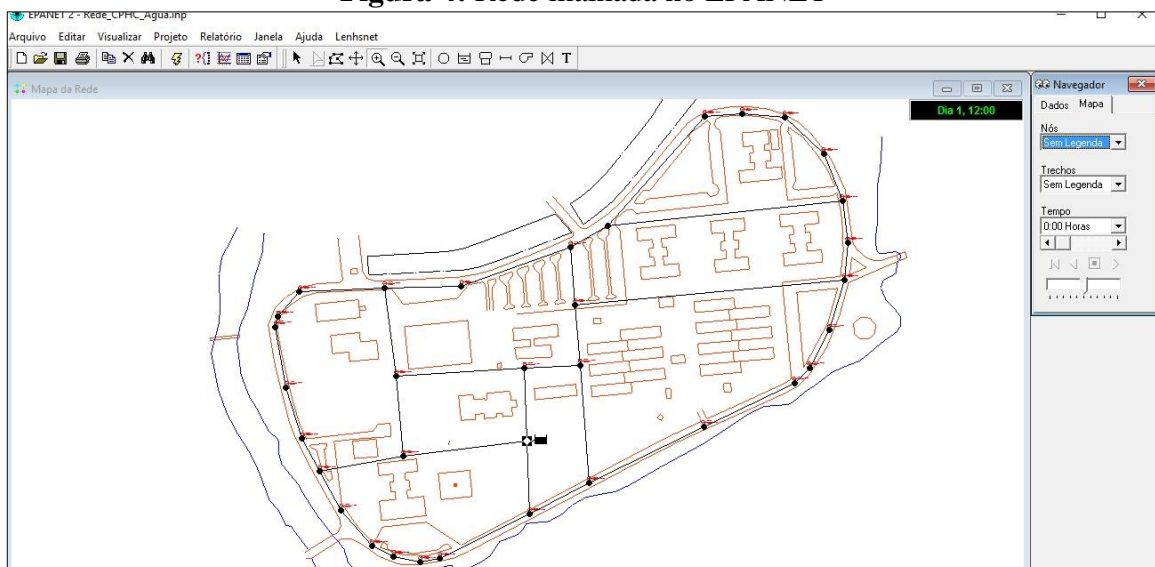
Posteriormente, utilizou-se o software UFC. O dimensionamento iniciou-se por meio do UFC2, habilitando-o no ícone . No sub-ícone *Def* foram inseridos os dados de projeto (população, per capita, coeficientes de demanda diária e horária), e em seguida, para dimensionar o reservatório, o sub-ícone selecionado foi o *Reservatório Circular de Nível Variável* , para o qual a informação inserida foi a diferença do nível mínimo de água e a cota do terreno, o valor utilizado foi 13 m e depois clicou-se em dimensionar.

Desta forma, foram geradas as informações de altura útil (4,32 m), diâmetro (8,64 m) e o volume de 253,64 m<sup>3</sup>, volume este semelhante ao encontrado pelo método anterior.


Após a inserção do reservatório foi traçada a rede clicando no sub-ícone *Traçado da Rede* , e a rede foi desenhada em circuito fechado, o mesmo traçado da rede anterior. Os diâmetros lançados foram automaticamente de 50mm, mas manualmente foi alterado alguns diâmetros (no comando Edit) para ficar igual a rede dimensionada pelo método Hardy-Cross, abordado anteriormente.


Do AutoCAD a rede foi transferida para o EPANET, por meio do sub-ícone *EPANET*, como os diâmetros foram alterados, ao simular a rede no EPANET não houve nenhum erro. Além disso, quando transportada para essa interface, o programa forneceu o consumo base e a cota nos nós. A rede no ambiente EPANET gerou 42 trechos e 35 nós, isso se deve ao fato de quando foi traçada a rede no AutoCAD, teve trechos que não foi possível desenhar o conduto de forma contínua devido o traçado da rua.



**Figura 4:** Rede malhada no EPANET



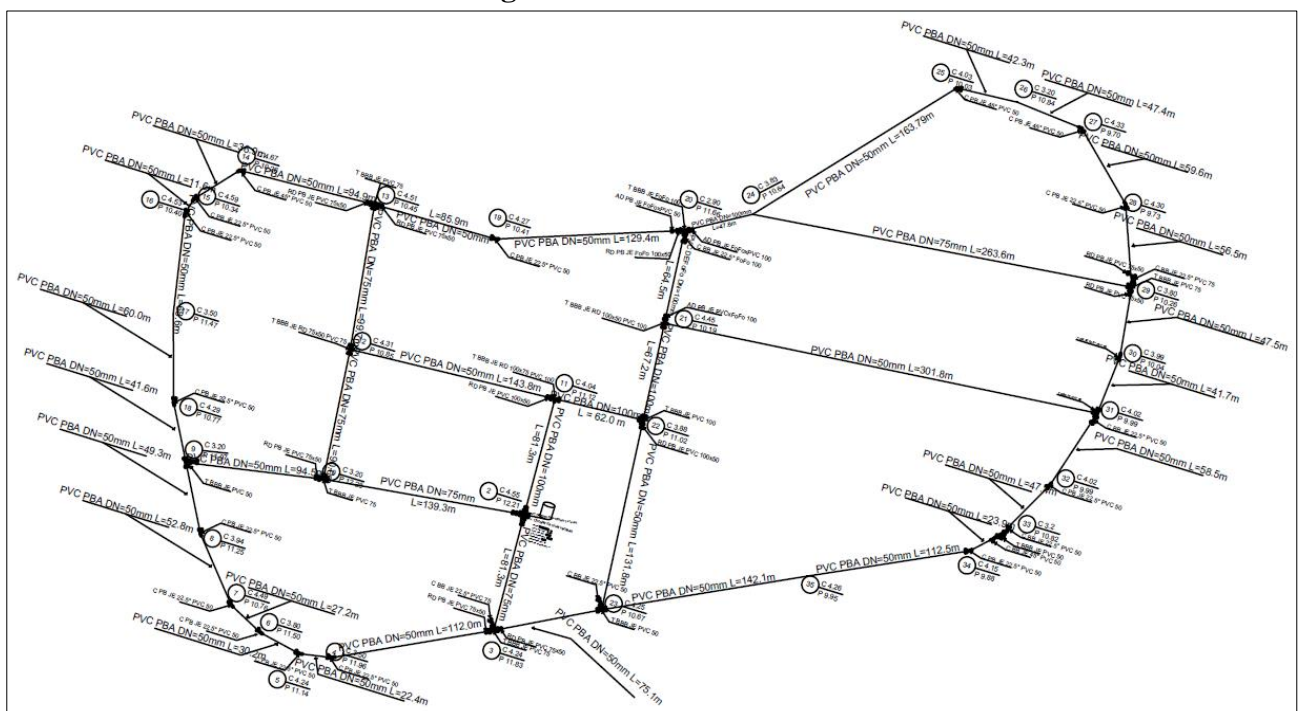
Fonte: Autor, 2017.

A próxima etapa foi inicializar o UFC4, clicou-se no ícone  e abriu o arquivo no formato \*.inp (salvo quando houve a otimização no EPANET) e clicou na opção *Otimização por Algoritmo Genético*. Vale ressaltar que alguns critérios são estabelecidos para essa fase: a pressão estática máxima nas tubulações, de 50 mca; e a pressão dinâmica mínima, de 10 mca; e a velocidade máxima nas tubulações, de 3,5 m/s. Esses valores constam na NBR-12218 (1994). Assim, clicou-se no ícone *Otimizar*, e a rede foi otimizada, atendendo as condições pré-estabelecidas.

Salvando essa rede otimizada, a mesma foi transportada para a interface AutoCAD com o sub-ícone , e houve mudanças de diâmetros em alguns trechos da rede. Quando essa nova rede foi levada novamente para o ambiente EPANET a simulação também foi bem-sucedida. Vale ressaltar que os requisitos de pressão e velocidades estabelecidos pela NBR-12218 foram atendidos.



Para inserção das conexões na rede e da determinação dos quantitativos foi necessário criar um arquivo \*.rpt no EPANET, e esse arquivo contém informações de comprimento, diâmetro, pressão, etc. Após isso, selecionou-se o ícone  e clicou no sub-ícone Cruzeta  e automaticamente foram inseridas as conexões em toda a rede, os valores de cotas e a pressão dinâmica, como mostra a Figura 5.

**Figura 5:** Rede dimensionada



Fonte: Autor, 2017.



O programa UFC3 também fornece a lista com todas as conexões que foram inseridas, selecionou-se o sub-ícone  e foram geradas todas as informações dos trechos e dos nós. E por fim, gerou-se uma tabela com quantitativos da rede no sub-ícone *Gerar Quantitativos* , a qual contém o quantitativo de serviços como Movimento de terra (escavação, reaterro de vala, bota-fora) e outros serviços. Esses arquivos gerados foram transportados para o formato Excel. A Tabela 2 mostra as características dos trechos e dos nós dimensionados.

**Tabela 2 – Tributos da rede dimensionada no UFC**

TRECHO	MATERIAL	NÓ INI	NÓ FIN	L (m)	DN (mm)	Q (L/s)	V (m/s)
1	PVC DEFOFO	1	2	14,35	150	13,22	0,69
2	PVC PBA CLASSE 12	2	3	81,27	75	3,49	0,75
3	PVC PBA CLASSE 12	3	4	111,99	50	1,08	0,46
4	PVC PBA CLASSE 12	4	5	22,43	50	0,82	0,35
5	PVC PBA CLASSE 12	5	6	30,24	50	0,72	0,31
	PVC PBA CLASSE 12	6	7	27,2	50	0,61	0,26
7	PVC PBA CLASSE 12	7	8	52,8	50	0,46	0,2
8	PVC PBA CLASSE 12	8	9	49,33	50	0,26	0,11
9	PVC PBA CLASSE 12	9	10	94,52	50	0,83	0,35
10	PVC PBA CLASSE 12	10	2	139,33	75	3,63	0,78
11	PVC PBA CLASSE 12	11	12	143,82	50	0,05	0,02
12	PVC PBA CLASSE 12	12	10	89,96	75	2,18	0,47
13	PVC PBA CLASSE 12	12	13	99,69	75	1,58	0,34
14	PVC PBA CLASSE 12	13	14	94,9	50	0,22	0,09
15	PVC PBA CLASSE 12	14	15	36,89	50	0,03	0,01
16	PVC PBA CLASSE 12	15	16	11,63	50	0,13	0,05
17	PVC PBA CLASSE 12	16	17	68,59	50	0,28	0,12
18	PVC PBA CLASSE 12	17	18	59,97	50	0,53	0,23
19	PVC PBA CLASSE 12	18	9	41,63	50	0,73	0,31
20	PVC PBA CLASSE 12	13	19	85,9	50	0,82	0,35
21	PVC PBA CLASSE 12	19	20	129,39	50	0,41	0,17
22	PVC DEFOFO	20	21	64,52	100	3,06	0,33
23	PVC PBA CLASSE 12	21	22	67,24	100	4,53	0,58
24	PVC PBA CLASSE 12	22	11	61,96	100	4,86	0,62
25	PVC PBA CLASSE 12	22	23	131,77	50	0,18	0,08
26	PVC PBA CLASSE 12	23	3	75,08	50	1,89	0,81
27	PVC PBA CLASSE 12	20	24	47,56	100	3	0,38
28	PVC PBA CLASSE 12	24	25	163,79	50	0,71	0,3
29	PVC PBA CLASSE 12	25	26	42,29	50	0,31	0,13
30	PVC PBA CLASSE 12	26	27	47,37	50	0,14	0,06
31	PVC PBA CLASSE 12	27	28	59,61	50	0,07	0,03
32	PVC PBA CLASSE 12	28	29	56,49	50	0,3	0,13

Continua

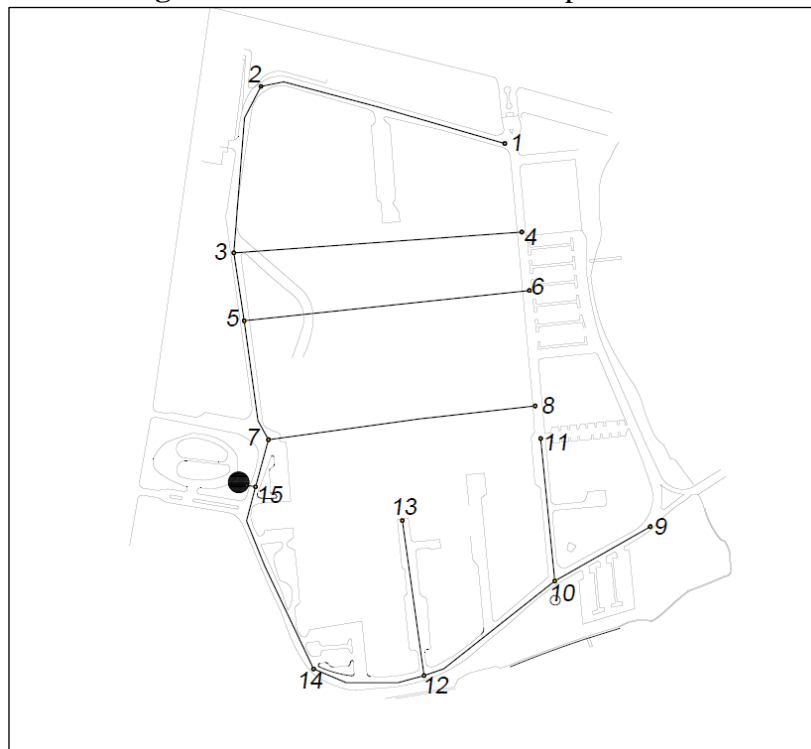
							Continua
33	PVC PBA CLASSE 12	29	24	263,59	75	1,38	0,29
34	PVC PBA CLASSE 12	29	30	47,47	50	0,37	0,16
35	PVC PBA CLASSE 12	30	31	41,67	50	0,2	0,09
36	PVC PBA CLASSE 12	31	21	301,83	50	0,63	0,27
37	PVC PBA CLASSE 12	31	32	58,51	50	0,06	0,03
38	PVC PBA CLASSE 12	32	33	47,41	50	0,15	0,06
39	PVC PBA CLASSE 12	33	34	23,92	50	0,28	0,12
40	PVC PBA CLASSE 12	34	35	112,53	50	0,55	0,23
41	PVC PBA CLASSE 12	35	23	142,07	50	1,04	0,44
42	PVC PBA CLASSE 12	2	11	81,28	75	5,46	1,17

Fonte: Autor, 2017.

### 3.5 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CAMPUS BÁSICO

A rede projetada para o setor Básico foi pelo método Fictício, o traçado é mostrado na Figura 6 abaixo. A vazão de distribuição foi de 22,66 L/s.

**Figura 6:** Rede ramificada – Campus Básico



Fonte: Autor, 2017.

A vazão neste método é calculada de jusante para montante. Desta forma, distribuição das vazões iniciou-se nas extremidades da rede, onde as vazões são nulas. Calculada a vazão específica (Vazão distribuição multiplicada pelo comprimento total da rede), este valor multiplica pelo comprimento do trecho, essa é a vazão em marcha. E a vazão montante é a soma

destes dois valores. Esse processo ocorre até chegar no nó do reservatório, onde a vazão montante tem que ser igual (ou semelhante) à vazão de distribuição calculada.

Neste método a vazão utilizada para os demais cálculos é a vazão fictícia (é a soma das vazões jusante e montante do trecho, dividido por 2). Assim, consultou-se a tabela do Martins (Anexo A) para determinar os diâmetros, e a partir deste calculou-se a velocidade e a perda de carga no trecho. Os resultados encontrados constam na Tabela 3.

**Tabela 3 – Vazões e diâmetros da rede**

TRECHO	NÓ		L (m)	VAZÃO (L/s)				D (mm)	V (m/s)
	Mont	Jus		Jus.	Mar.	Mont.	Fict.		
1	2	1	265,20	0,000	2,388	2,388	1,194	75	0,270
2	3	2	179,30	2,388	1,615	4,003	3,196	100	0,407
3	3	4	302,80	0,000	2,727	2,727	1,363	75	0,309
4	5	3	71,90	6,730	0,648	7,377	7,054	150	0,399
5	5	6	300,80	0,000	2,709	2,709	1,354	75	0,307
6	7	5	128,50	10,086	1,157	11,243	10,665	150	0,604
7	7	8	279,80	0,000	2,520	2,520	1,260	75	0,285
8	15	7	51,30	13,763	0,462	14,225	13,994	150	0,792
9	10	9	115,20	0,000	1,037	1,037	0,519	50	0,264
10	10	11	150,10	0,000	1,352	1,352	0,676	50	0,344
11	12	10	170,30	2,389	1,534	3,923	3,156	100	0,402
12	12	13	164,10	0,000	1,478	1,478	0,739	50	0,376
13	14	12	119,90	5,401	1,080	6,480	5,941	150	0,336
14	15	14	207,40	6,480	1,868	8,348	7,414	150	0,420
15	R	15	9,20	22,57	0,083	22,66	22,615	200	0,720

Fonte: Autor, 2017.

Após a determinação das vazões, dos diâmetros, velocidade e perda de carga, iniciou-se a determinação da pressão dos nós da rede. Primeiramente, adotou-se o nó mais desfavorável o nó 7 e para este estabeleceu-se a pressão dinâmica mínima de 10 mca. Este ponto foi escolhido por apresentar segundo maior valor de cota de terreno (o de maior valor foi onde localiza-se o reservatório) e mais distante em relação aos pontos com cota acima de 5 m. E a partir desse nó foram calculadas as demais pressões. O resultado desse processo consta na Tabela 4.

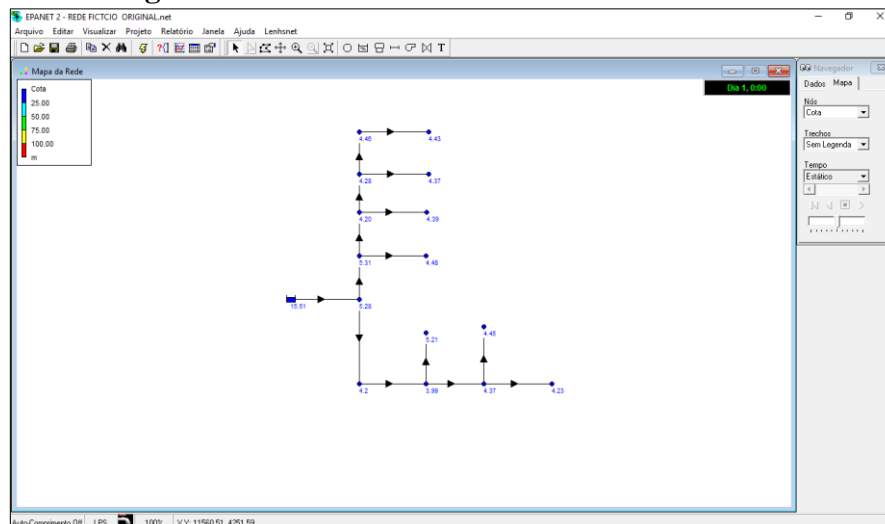
Tabela 4 – Pressões na rede

TRECHO	NÓ		COTA PIEZ. (Mont) (m)	PERDA DE CARGA (m)	COTA PIEZ. (Jus) (m)	COTA DO TERRENO (m)		PRESSÃO DISPONÍVEL (m)	
	Mont	Jus				Mont	Jus	Mont	Jus
1	2	1	14,52	0,36	14,16	4,46	4,43	10,06	9,73
2	3	2	14,88	0,37	14,52	4,28	4,46	10,60	10,06
3	3	4	14,88	0,52	14,36	4,28	4,37	10,60	9,99
4	5	3	14,97	0,09	14,88	4,20	4,28	10,77	10,60
5	5	6	14,97	0,51	14,46	4,20	4,39	10,77	10,07
6	7	5	15,31	0,34	14,97	5,31	4,20	10,00	10,77
7	7	8	15,31	0,41	14,90	5,31	4,48	10,00	10,42
8	15	7	15,53	0,22	15,31	5,28	5,31	10,25	10,00
9	10	9	14,81	0,24	14,57	4,37	4,23	10,44	10,34
10	10	11	14,81	0,51	14,30	4,37	4,45	10,44	9,85
11	12	10	15,15	0,34	14,81	3,99	4,37	11,16	10,44
12	12	13	15,15	0,65	14,49	3,99	5,21	11,16	9,28
13	14	12	15,25	0,11	15,15	4,20	3,99	11,05	11,16
14	15	14	15,53	0,28	15,25	5,28	4,20	10,25	11,05
15	R	15	15,51	0,02	15,53	5,79	5,28	9,72	10,25

Fonte: Autor, 2017.

A partir do dimensionamento do setor Básico, o traçado da rede foi passado para o EPANET com as seguintes informações: para o trecho, comprimento, diâmetro e coeficiente de rugosidade da tubulação; e para o nó, vazão e cota do terreno. O traçado da rede, com as cotas, no EPANET está na Figura 7. A exceção de não inserir apenas a cota no nó foi no ponto do reservatório, pois neste o valor inserido refere-se ao nível de água, valor de cota piezométrica encontrado no nó R.

Figura 6: Rede ramificada na Interface do EPANET



Fonte: Autor, 2017.

Inseridos os dados abordados anteriormente, a rede foi simulada no EPANET e simulada com sucesso. E os dados de pressão foram gerados, Tabela 5, além de outras características do nó.

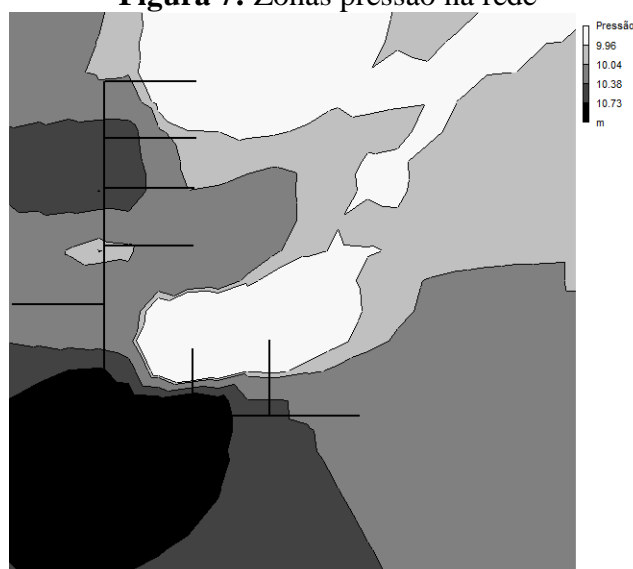
**Tabela 5 – Tributos dos Nós**

<b>Identificador do Nó</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Consumo (LPS)</b>	<b>Carga Hidráulica (m)</b>	<b>Pressão (m)</b>
Nó 15	5.28	1.25	15.49	10.21
Nó 7	5.31	2.07	15.27	9.96
Nó 8	4.48	1.26	14.86	10.38
Nó 5	4.20	2.26	14.93	10.73
Nó 6	4.39	1.35	14.43	10.04
Nó 3	4.28	2.49	14.85	10.57
Nó 4	4.37	1.36	14.34	9.97
Nó 2	4.46	2.00	14.49	10.03
Nó 1	4.43	1.19	14.14	9.71
Nó 14	4.2	1.47	15.21	11.01
Nó 12	3.99	2.05	15.11	11.12
Nó 13	5.21	0.74	14.47	9.26
Nó 10	4.37	1.96	14.77	10.40
Nó 11	4.45	0.68	14.28	9.83
Nó 9	4.23	0.52	14.54	10.31
RNF R	15.51	-22.66	15.51	0.00

Fonte: Autor, 2017.

O software gerou as zonas de pressão e as pressões nos nós foram próximos os valores calculados anteriormente, essas zonas no setor básico estão descritas na Figura 7.

**Figura 7: Zonas pressão na rede**



Fonte: Autor, 2017.

A área com cor mais escura refere-se às zonas de maior pressão, coerente com os pontos de cota mais baixa no Campus. Verificou-se, com base no resultado gerado, que houve três pontos em que a pressão não atingiu 10 mca, porém foi próximo desse valor, que foi o caso do nó 1, 7 e 13. Para o nó 1 o fato pode ser explicado devido ser um ponto distante. Quanto ao nó 7 este situa-se em um ponto com cota alta e um percurso maior. E quanto ao nó 13, no trecho que este está inserido, ele está topograficamente em uma zona desfavorável, sendo o ponto de jusante do trecho com cota alta (5,21 m), seu montante, nó 12, tem uma cota aproximadamente 4,00 m, dificultando o percurso da água.

Apesar de alguns pontos, com pressão menor que 10 mca, mas aproximadamente esse valor, a rede dimensionada foi simulada e obteve sucesso na simulação. E esse resultado positivo também se aplica para rede dimensionada pelo método do Hardy-Cross, para a qual utilizou o software UFC.

### 3.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A partir do dimensionamento foram levantados orçamentos baseadas no material da tubulação assentada e da disposição dos condutos (rede ramificada e malhada).

O Quadro 2 mostra o orçamento gerado da rede de abastecimento dimensionada pelo método Hardy-Cross.

**Quadro 2 – Demonstrativo de orçamento da rede de Abastecimento de Água**

Obra:	Sistema de Abastecimento de Água		<i>CIDADE UNIVERSITÁRIA JOSÉ DA SILVEIRA NETO - CAMPUS PROFISSIONAL</i>							
Município:	BELÉM - PA									
Local:	Área Urbana									
PLANILHA DE ORÇAMENTO										
<b>9 - Rede de distribuição</b>				SINAPI (C. Des.)			<b>JUN/17</b>			
				BDI MÃO-DE-OBRA/SERVIÇOS "S":					27,80%	
				BDI FORNECIMENTO DE INSUMO "I":					16,67%	
ITEM	CÓD	TIPO	DESCRIÇÃO	UND.	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	Preço Unitário com BDI (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)		
<b>9.1</b>			<b>Movimento de terra</b>							
9.1.1	90091	S	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALA (SOLO SECO), COM PROFUNDIDADE ATÉ 1,50 M	m <sup>3</sup>	1227,96	5,55	7,09	8.706,24		
9.1.2	93368	S	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA	m <sup>3</sup>	1033,94	11,45	14,63	15.126,58		
9.1.3	83344	S	ESPALHAMENTO E REGULARIZAÇÃO DE BOTA FORA	m <sup>3</sup>	194,02	1,02	1,30	252,22		

Continua

Continua

9.1.4	2860	S	LASTRO DE AREIA	m <sup>3</sup>	179,90	71,22	91,02	16.374,15
9.1.5	94097	S	REGULARIZAÇÃO DO FUNDO DE VALA	m <sup>2</sup>	1199,32	4,61	5,89	7.064,02
							<b>SUBTOTAL 9.1</b>	<b>47.523,21</b>
<b>9.2</b>			<b>Transportes</b>					
9.2.1	72836	S	CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO (DMT<5KM)	m <sup>3</sup>	194,02	4,90	6,26	1.214,55
							<b>SUBTOTAL 9.2</b>	<b>1.214,55</b>
<b>9.3</b>			<b>Fornecimento de Material e Equipamento Hidráulico-Mecânico</b>					
9.3.1	36378	I	Tubo PVC PBA PB, ø 50 mm	m	2.409,00	11,22	13,09	31.533,81
9.3.2	36379	I	Tubo PVC PBA PB, ø 75 mm	m	536,00	22,78	26,58	14.246,88
9.3.3	9825	I	Tubo PVC DEFOFO, ø 100 mm	m	321,00	34,00	39,67	12.734,07
9.3.4	9828	I	Tubo PVC DEFOFO, ø 150 mm	m	145,00	66,29	77,34	11.214,30
9.3.5		I	Cruzeta PVC DEFOFO BBBB JE DN 150	UND.	1,00	385,75	450,05	450,05
9.3.6	1831	I	Curva 45 PVC JE PB PBA DN 50	UND.	4,00	10,13	11,82	47,28
9.3.7	1845	I	Curva 90 PVC JE BB PBA DN 50	UND.	4,00	11,09	12,94	51,76
9.3.8		I	Te PVC DEFOFO JE BBB DN 150	UND.	1,00	284,11	331,47	331,47
9.3.9	11379	I	Te de Redução PVC PBA BBB JE DN 100 X 75	UND.	1,00	73,35	85,58	85,58
9.3.10	11378	I	Te de Redução PVC PBA BBB JE DN 100 X 50	UND.	1,00	67,16	78,36	78,36
9.3.11	41892	I	Te JE BBB PVC PBA DN 100	UND.	1,00	82,89	96,71	96,71
9.3.12	7088	I	Te JE BBB PVC PBA DN 75	UND.	3,00	44,63	52,07	156,21
9.3.13	11493	I	Te de Redução PVC PBA BBB JE DN 75 X 50	UND.	1,00	37,12	43,31	43,31
9.3.14	7048	I	Te JE BBB PVC PBA DN 50	UND.	3,00	17,81	20,78	62,34
9.3.15		I	Redução DEFOFO JE PB DN 150x100	UND.	4,00	169,35	197,58	790,32
9.3.16	11323	I	Redução PBA JE PB DN 100x75	UND.	3,00	21,88	25,53	76,59
9.3.17	11321	I	Redução PBA JE PB DN 100x50	UND.	5,00	18,31	21,36	106,80
9.3.18	20327	I	Redução PBA JE PB DN 75x50	UND.	7,00	12,94	15,10	105,70
9.3.19	51	I	Adaptador DEFOFO JE x PVC PBA DN 100	UND.	3,00	59,33	69,22	207,66
							<b>SUBTOTAL 9.3</b>	<b>72.419,20</b>
<b>9.4</b>			<b>Assentamento de Material e Equipamento para o Hidráulico-Mecânico</b>					
9.4.1	73888/001	S	TUBO PVC PBA, Ø 50 MM	m	2.409,00	1,58	2,02	4.866,18
9.4.2	73888/002	S	TUBO PVC PBA, Ø 75 MM	m	536,00	2,11	2,70	1.447,20
9.4.3	73888/003	S	TUBO PVC DEFOFO, Ø 100 MM	m	321,00	2,65	3,39	1.088,19
9.4.4	C0283	S	TUBO PVC DEFOFO, Ø 150 MM	m	145,00	3,24	4,14	600,30
9.4.5		S	Conexões da REDE	Cj.	1,00	1.086,29	1.388,28	1.388,28
							<b>SUBTOTAL 9.4</b>	<b>9.390,15</b>

Continua

Continua

9.5								
<b>Pavimentação</b>								
9.5.1	92970	S	DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	m <sup>2</sup>	1364,40	10,77	13,76	18.774,14
9.5.2	72965	S	RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	t	136,44	209,94	268,30	36.606,85
9.5.3	72945	S	IMPRIMAÇÃO COM CM-30	m <sup>2</sup>	3069,90	4,72	6,03	18.511,50
							<b>SUBTOTAL 9.5</b>	<b>73.892,49</b>
<b>9.6</b>								
<b>Serviços Complementares</b>								
9.6.1	73935/001	S	Execução e fornecimento de material para construção de caixa para registro de 1,20x1,20x1,10m, em alvenaria, inclusive tampa em concreto armado	m <sup>2</sup>	10,00	30,60	39,11	391,10
							<b>SUBTOTAL 9.6</b>	<b>391,10</b>
<b>9.7</b>								
<b>Cadastro da rede de distribuição</b>								
9.7.1	73682	S	Locação espacial da rede com teodolito	m	3.411,00	1,21	1,55	5.287,05
9.7.2			Cadastro da rede em Autocad ou similar	m	3.411,00	3,78	4,41	15.042,51
9.7.3			Teste hidrostático	m	3.411,00	1,12	1,31	4.468,41
9.7.4			Desinfecção da rede	m	3.411,00	2,13	2,49	8.493,39
							<b>SUBTOTAL 9.7</b>	<b>33.291,36</b>
<b>TOTAL GERAL 09</b>								<b>238.122,06</b>

Foram obtidos três orçamentos, o primeiro, abordado acima, foi para rede dimensionada pelo método do Hardy-Cross, para este traçado utilizou tubulação de diâmetro de 50mm e 75mm, o material foi Tubo PVC PBA, e para o de 100mm e 150mm, tubo PVC DEFOFO. Para o segundo orçamento, a maioria da tubulação foi em PVC PBA e apenas para o conduto de 150 mm o material foi PVC DEFOFO. Para estas duas alternativas a rede foi a mesma, com mudança apenas de material. O terceiro orçamento refere-se a rede ramificada, método aplicado foi o seccionamento fictício, os diâmetros foram 50mm, 75mm, 100mm de material PVC PBA, 150mm e 200mm ambos tubos PVC DEFOFO. O resultado do orçamento dessas alternativas consta na Tabela 6.

**Tabela 6 – Orçamento da rede de abastecimento de água**

Orçamento 1	<b>R\$ 238.122,06</b>
Orçamento 2	<b>R\$ 239.348,88</b>
Orçamento 3	<b>R\$ 225.882,57</b>

Assim, verificou-se que para rede malhada (3.411 m) o valor do orçamento foi maior que o da rede ramificada (2.516 m), senda esta utilizada mais pequenas comunidades e normalmente o orçamento deste tipo de rede é mais barato que o de uma malhada.



#### 4 CONCLUSÕES

A água é o um elemento fundamental no cotidiano da população, sendo o consumo humano e a dessedentação de animais considerados usos prioritários em situações de escassez (BRASIL, 1997). O poder público tem o dever de ofertar esse recurso hídrico à comunidade, e esse serviço concretiza-se por meio do Sistema de Abastecimento de Água o qual deve garantir a produção e distribuição de água, em quantidade e qualidade compatíveis com seus usos, para fins de consumo doméstico, público, industrial etc (MOTA, 2000).

É essencial que as pessoas tenham acesso a esse serviço e o poder público tem o dever de ofertar esse recurso à população, e este serviço chega por meio da rede de abastecimento de água. Desta forma, é importância o dimensionamento de uma rede de abastecimento de água deve ser feito de forma correta, e isso requer cada vez mais o aprimoramento nesse processo, deste recurso ameaçado qualitativamente e quantitativamente.

Nesse contexto o software UFC foi uma importante ferramenta para o dimensionamento da rede de abastecimento de água potável campus profissional UFPA, possibilitando alternativas de otimização e aprimoramento no dimensionamento da rede, fator positivo para redução de custos, ou seja, a viabilidade econômica. Contribuindo assim na gestão e o planejamento de sistema de abastecimento de água, de forma que ele seja economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

AZEVEDO NETTO, José M de. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: E. Blücher, 1998.

BAPTISTA, Márcio Benedito. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 08 fev 2017

CASTRO, Alaor de Almeida et al. **Saneamento**. Belo Horizonte: DESA/UFMG: FEAM, 1995.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Coordenação de Saneamento. **Manual de saneamento**. 2. ed. Brasília: FUNASA, 2007.

MOTA, Suetônio. Introdução à engenharia ambiental. 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

PHILIPPI JR, Arlindo; MARTINS, Getúlio. Águas de Abastecimento. In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo. **Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005. Cap 5.

PORTO, R.M. **Hidráulica básica**. 4ª ed. São Carlos: EESC – USP. 2006.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto - 2015**. Brasília: SNIS, 2017.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 3ª. Edição, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. **UFPA 2016 em Números Ano base 2015**. Disponível em: <[http://www.ufpanumeros.ufpa.br/doc/UFPAemNumeros2016\\_AB2015\\_final.pdf](http://www.ufpanumeros.ufpa.br/doc/UFPAemNumeros2016_AB2015_final.pdf)>. Acesso em 05 set 2016.

**ANEXOS****ANEXO A – VELOCIDADES MÁXIMAS EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO**

<b>DN (mm)</b>	<b>V<sub>máx</sub> (m/s)</b>	<b>Q<sub>fict</sub> (L/s)</b>
50	0,50	1,0
75	0,50	2,2
100	0,60	4,7
150	0,80	14,1
200	0,90	28,3
250	1,10	53,9
300	1,20	84,8
350	1,30	125,0
400	1,40	176,0
450	1,50	238,0
500	1,60	314,0
550	1,70	403,0
600	1,80	509,0

Fonte: Martins, 1976.