

## **XI-055 – SIMULAÇÃO HÍDRICA PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO**

**Talita Campos da Silva<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitária pela Faculdade Estácio de Sá - FESCG

**Rodrigo Soares Garcia da Silva<sup>(2)</sup>**

Engenheiro ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor adjunto na Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM).

**Sandro Gomes Rodrigues<sup>(3)</sup>**

Administrador pela Faculdade de Ciências Administrativas de Ponta Porã. Doutor e Mestre em Transportes pela Universidade de Brasília (PPGT/UNB). Docente da Faculdade Estácio de Sá de Campo Grande.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Pio Rojas, 348 – Monte Castelo – Campo Grande - MS - CEP: 79010-410 - Brasil - Tel: (67) 99818-9594 - e-mail: talita\_campossilva@hotmail.com

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Av. Randolpho Borges Júnior, 1400 - Univerdecidade - Uberaba - MG - 38064-200. Brasil - Tel: (34)99888-6265 - email: rodrigo.sgs@hotmail.com

**Endereço<sup>(3)</sup>:** Rua Rodolfo Andrade Pinho, 576 - Taveirópolis – Campo Grande - MS - CEP: 79090-05030310 - Brasil - Tel: (67) 98483-8778 - e-mail: sandro.gomes@live.estacio.br

### **RESUMO**

Para minimizar o problema da escassez hídrica, muitos países, inclusive o Brasil, têm buscado alternativas para o combate ao desperdício, como medição individualizada, utilização de dispositivos economizadores, além de buscar fontes alternativas de água, como reuso de águas servidas e aproveitamento de água da chuva. Este trabalho tem por objetivo identificar as condições de uso da água no setor da Pró-Reitora de uma Instituição de Ensino Superior.

Para a realização do estudo, procedeu-se com o levantamento e cadastramento de uma rede de abastecimento de água, buscando fornecer subsídios para a elaboração de um plano de uso racional de água. Foram realizados: o traçado atual da rede, o monitoramento de nível de água no reservatório, da vazão na rede e da energia do sistema de bombeamento.

Foi estimada uma vazão de 2,33 m<sup>3</sup>.h-1 e observado que a Faculdade de Odontologia (FAODO) é responsável por 26% do consumo total da Pró-Reitora. Esse estudo fornece subsídios para que se busque reduzir significativamente o consumo e perdas a partir de medidas de Gestão da Demanda de Água (GDA).

**PALAVRAS-CHAVE:** Perdas de água, monitoramento, sistema de abastecimento.

### **INTRODUÇÃO**

É conhecida a importância do controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água. As perdas de água constituem-se em um problema mundial, gerando baixas performances à grande maioria dos sistemas; porém, alguns países ou cidades, com planejamento, conhecimento, recursos e gestão, conseguiram atingir e manter baixos níveis de perdas nos seus sistemas.

As perdas de água não se apresentam apenas como um problema técnico e econômico, restrito à esfera de ação de uma operadora local ou regional. A questão tem implicações mais amplas, com repercussões significativas nos seguintes aspectos (EUROPEAN COMMISSION, 2014):

- Políticos: envolvem questões relativas às entidades responsáveis pelos serviços, agências de governo, linhas de financiamento para o setor e a mídia;

- Econômicos: envolvem os custos dos volumes perdidos e não faturados, os custos operacionais (energia elétrica, produtos químicos no processo de potabilização da água etc.) e os investimentos para as ações de redução ou manutenção das perdas, importantes para a sustentabilidade das empresas;

- Sociais: envolvem o uso racional da água, o pagamento ou não pelos serviços, as questões de saúde pública e a imagem das operadoras perante a população;
- Tecnológicos: envolvem as interações entre o conhecimento técnico e as tecnologias, ferramentas e metodologias disponíveis para as atividades típicas do combate às perdas (a "arte do possível");
- Legais: envolvem a legislação para o setor, as licenças e a respectiva regulação;
- Ambientais: envolvem a utilização e gestão de recursos hídricos e energéticos e impactos das obras de saneamento.

Se na operação cotidiana de uma operadora de saneamento todas essas questões estão presentes, a ocorrência de um episódio de estiagem tão grave como o que está ocorrendo na Região Sudeste do Brasil potencializa as preocupações e cobranças da sociedade, obrigando as operadoras a superarem dificuldades usuais e buscarem novos patamares de desempenho operacional, à altura da crise, de maneira a não comprometer drasticamente o seu desempenho econômico-financeiro e a qualidade dos serviços.

É também relevante lembrar que a potencialização dos resultados claudicantes no combate às perdas no Brasil, revelado pela grave situação de desequilíbrio entre a oferta e a demanda no Sudeste, remete à necessidade de revisar conceitos e práticas para a redução de perdas em regiões como o Nordeste brasileiro, onde é secular o convívio com crises hídricas e, paradoxalmente, ostenta elevadas perdas nos sistemas de adução e distribuição nas suas áreas urbanas e rurais.

Tão grave é observar que, onde há água em abundância, como na Região Norte, as perdas seguem sem controle e em patamares muito elevados. Quais as razões então para que, a despeito de toda a expertise e acervo técnico existentes no Brasil, a redução de perdas não segue uma tendência sustentável de queda? Por que combater perdas é algo tão dissociado da gestão empresarial na maioria das operadoras?

Ante ao exposto, será tratado um tema ligado à operação e manutenção de redes de distribuição de água, onde se enfatizam as perdas e a luta para combatê-las. Neste trabalho será caracterizado e simulado o setor Pró-Reitoria de abastecimento da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Os objetivos serão o cadastro e a calibração do setor de abastecimento, como uma ferramenta para ações de gestão e gerenciamento de perdas para a instituição de ensino.

Com o cadastro e simulação do setor de abastecimento da rede de água do campus universitário foi possível realizar gestão e gerenciamento de perdas de água visando economia para instituição e propiciando uso racional da água.

O objetivo deste trabalho é caracterizar e simular uma rede de abastecimento de água de um setor de um campus universitário. Para tal, será realizado o cadastro e levantamento das características físicas da rede de abastecimento do setor Pró-Reitoria do campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Ademais, ocorrerá a simulação da rede de abastecimento cadastrada usando o software EPANET.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

Um das principais prioridades das populações é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, pela importância para atendimento as suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial (TSUTIYA, 2005).

Em vista da importância de um correto sistema de abastecimento de água, grandes esforços vêm sendo feitos, particularmente nas últimas décadas do século XX, com elevados investimentos, de modo a levar água de boa qualidade ao maior número possível de usuários, especialmente dos países em desenvolvimento, onde a situação de abastecimento de água é menos favorável (TSUTIYA, 2005; LAMBERT, 2002).

Hoje, nos centros urbanos mais desenvolvidos, as principais deficiências observadas em sistemas de abastecimento de água devem-se principalmente à deterioração dos sistemas mais antigos, especialmente na parte de distribuição de água, com tubulações antigas apresentando frequentes problemas de rompimentos e de

vazamentos de água, ou mesmo a falta de abastecimento de áreas urbanas que apresentam rápido e desordenado crescimento (BARROSO, 2005).

Assim, para esses centros urbanos, as necessidades de adequações dos serviços de abastecimento de água estão ligadas à reabilitação de redes de transporte e distribuição de água mais antigas, bem como a construção e ampliação dos sistemas para atender às novas áreas de crescimento.

Estima-se que nos grandes centros urbanos os maiores investimentos necessários serão para a recuperação das partes mais antigas do sistema de transporte e distribuição de água potável. A deterioração dos sistemas de transporte e distribuição de água mais antigos, que não sofrem adequada manutenção e recuperação, resulta em elevada perda de água, com importantes perdas de faturamento por parte da prestadora do serviço, devido aos vazamentos, bem como deixa o sistema de abastecimento vulnerável à contaminação da água através da perda de estanqueidade das tubulações e juntas danificadas (TSUTIYA, 2005).

## **METODOLOGIA**

### **DELIMITAÇÃO E LEVANTAMENTO DE DADOS DO SISTEMA ANALISADO**

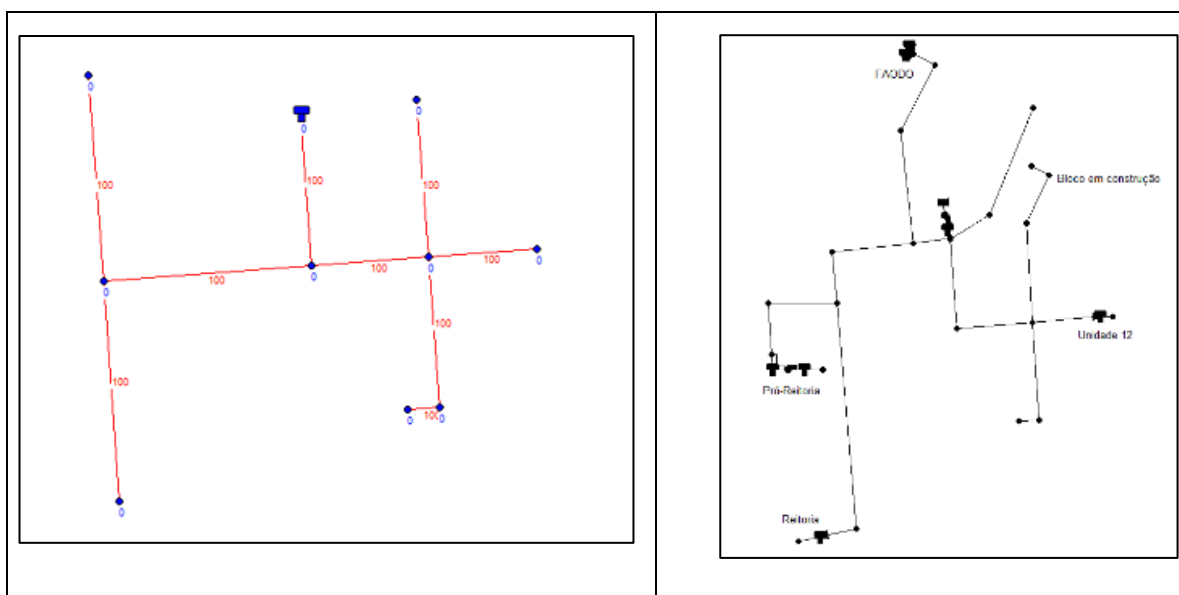
O primeiro passo do trabalho foi realizar o cadastro dos elementos do sistema de abastecimento. Para tanto foram realizadas visitas em campo para atualizar a planta da rede de abastecimento da Pró-Reitoria. Essa primeira etapa consistiu em delimitação, concepção e desenho dos elementos hidráulicos do sistema simulado e gerenciado.

A figura 1 ilustra o prédio da reitoria que está a 552 metros acima do nível do mar.



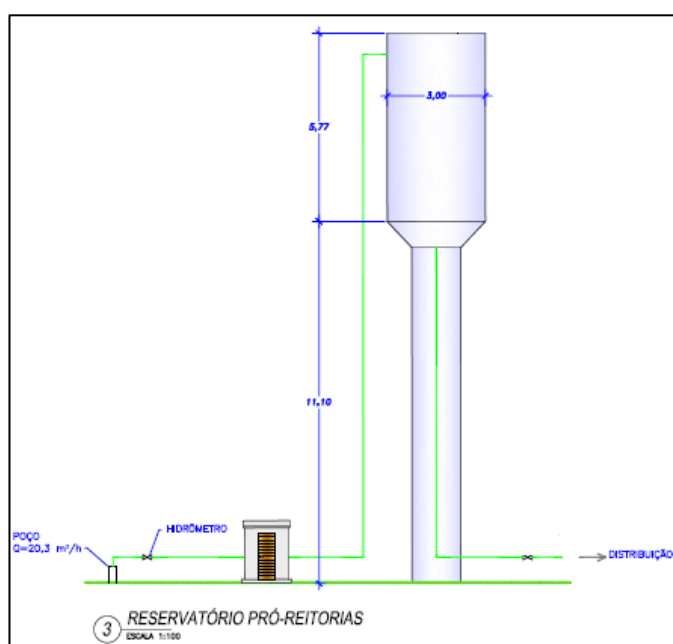
**Figura 1: Local de estudo**

A figura 2 ilustra um esboço da rede de abastecimento de água do setor Pró-Reitoria da UFMS, levantado nas dependências do local do estudo.



**Figura 2: Representação do Setor Pró-Reitoria**  
**Fonte: Elaborado pelo autor**

De visita preliminar no local de estudo, foi medido e desenhado o reservatório de água tipo taça de abastecimento do setor (figura 3). Foi determinado que o reservatório possui 5.000 litros e dimensões de 3 metros de diâmetro e 5,77 metros de altura útil de reservação de água. O setor de abastecimento é atendido por um poço com vazão de 20,3 m³/h.



**Figura 3: Poço e reservatório de água tipo taça**  
**Fonte: Guia prático rede LENHS**

Após o cadastro da rede e atualização das plantas em AUTOCAD, foi traçado um monitoramento na rede de maneira a obter dados para a simulação no EPANET.

O Analisador de Energia (figura 4) é um equipamento instalado para obtenção dos dados da bomba e deve ser instalado no painel de energia responsável pelo sistema. O operador deve ter noções de elétrica e tomar os devidos cuidados. Na Pró-Reitoria este equipamento ficou instalado durante alguns dias (desconsiderando dias atípicos).

O equipamento destinado à mediação de variação de nível do reservatório é o *Levellogger* (figura 5), este foi colocado dentro do reservatório e registrou data, intervalo de tempo, variação de nível e temperatura.



**Figura 4: Analisador de Energia**

**Figura 5: *Levellogger* de nível**

**Fonte: Guia prático rede LENHS**

Na rede de água principal do sistema de abastecimento foi instalado um medidor ultrassônico de vazão (de maneira não intrusiva na rede), para medida dos consumos de água (figura 6).



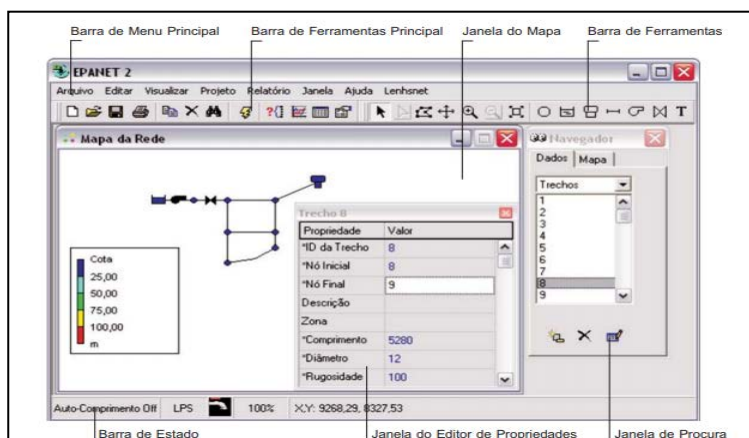
**Figura 6: Medidor ultrassônico de vazão**

**Fonte: Guia prático rede LENHS**

O monitoramento com os sensores na rede deve ser sincronizado, de modo a obter informações simultâneas do sistema de abastecimento.

De posse do cadastro e dos dados de monitoramento, a rede foi desenhada no software EPANET, de maneira a calibrar e validar o modelo hidráulico proposto (figura 7).





**Figura 7: Configuração básica do ambiente de trabalho do EPANET**

Fonte: Elaborado pelo autor

Após calibrada a rede hidráulica foram determinados os índices e os indicadores da rede, de maneira a permitir a operação e o gerenciamento de perdas de água no sistema de abastecimento. A equação 1 mostra o índice proposto por MALDONADO (2006) e relaciona o volume perdido por um determinado setor ao volume perdido do total do sistema.

$$IPT = \frac{\text{Volume Disponibilizado no setor} - \text{Volume Utilizado no setor}}{\text{Volume disponibilizado no sistema} - \text{Volume utilizado no sistema}}$$

**Equação 1: Cálculo do IPT**

O indicador calculado na equação 1 reflete percentualmente o quanto a perda do setor representa em relação a perda global. Foram propostos outros indicadores como o Índice Linear de perda real (ILR), o Índice de perdas por ligação (IPL), o Índice de infraestrutura de perdas (ILE), o Índice de perdas por ramal (IPR) e o Indicador Percentual (IPD) (KUOKAWA, 2001; GONÇALVES, 1998).

Com esses índices é possível gerenciar, ter controle de perdas e propor operação otimizada do pequeno setor de abastecimento de água simulado.

## **SIMULAÇÃO DO SISTEMA LEVANTADO**

Existem algumas técnicas para a construção de modelos de redes de distribuição de água e o EPANET, programa desenvolvido para identificar os componentes hidráulicos, é uma ferramenta essencial para tal modelagem.

O EPANET simula um sistema de distribuição de água como sendo um conjunto de trechos ligados a nós. Os trechos representam tubulações, bombas e válvulas de controle. Os nós representam conexões, reservatórios de nível fiub (RNF) e reservatórios de nível variável (RNV).

A geração do fundo do mapa é a primeira etapa da simulação, quando é feita a representação do sistema e a inserção dos dados.

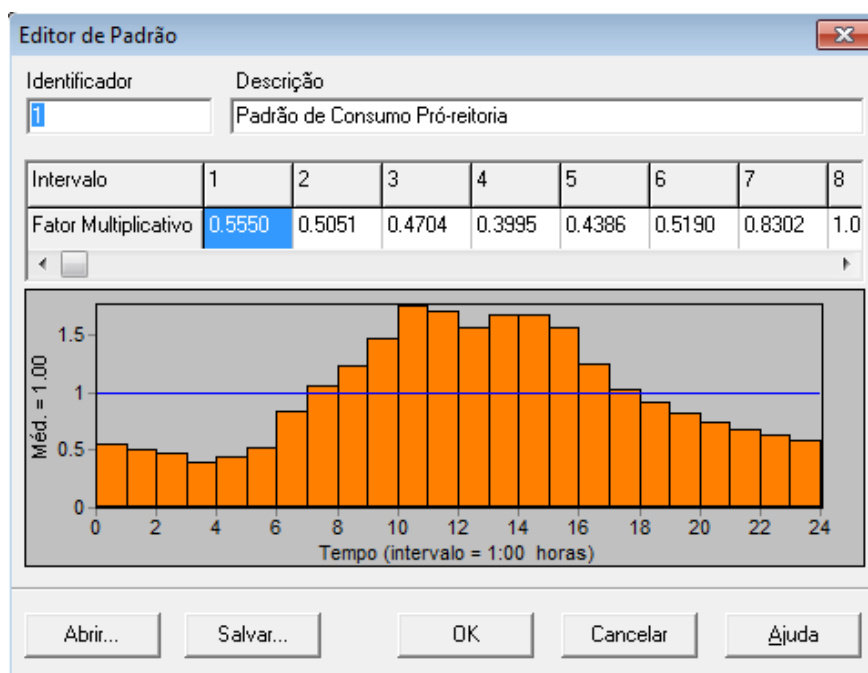
Cada item representado deve receber informações de sua característica física e de funcionamento. Algumas informações são essenciais para se obter uma simulação bem sucedida.

- Nós: Os nós são pontos onde existe consumo, são locais com reservatórios, torneiras, banheiros, conexões, entre outros pontos de consumo. Os três parâmetros fundamentais para inserir no EPANET são cota, consumo e padrão de consumo.

A cota é a altitude do terreno em relação ao nível do mar, é adotado metros para a unidade de medida. Pode-se obter por meio do programa *Google Earth*, quando localizado o local desejado abaixo aparecem dados de data, latitude, elevação. Cada nó possui uma altitude própria, deve-se prestar atenção nas localizações dos reservatórios, pois em um abastecimento por gravidade o nível dos reservatórios deve ser mais elevado que os pontos de abastecimento.

O prédio da Reitoria está a 552 m acima do nível do mar, como pode ser observado na figura 1. O consumo deve ser inserido na unidade de litros por segundo (L/s) e é o valor calculado no item de Consumos e Consumos Especiais.

O Padrão de Consumo também foi calculado, e os valores devem ser inseridos no local do Fator Multiplicativo. (figura 8).



**Figura 8: Padrão de Consumo na Pró-Reitoria**  
**Fonte: Elaborado pelo autor**

- Trecho: Temos como trechos as representações das tubulações, bombas e válvulas de controle. São caracterizados por linhas, ou pequeno símbolo de bomba ou válvula entre as “linhas”. Os parâmetros inseridos são: comprimento (m), diâmetro (mm), rugosidade.

O Comprimento é dado em metros, como não é possível medir toda a tubulação, visto que se encontram enterradas ou concretadas, antes de iniciar o traçado da rede é aconselhável ativar o auto comprimento no canto inferior esquerdo, assim o programa preencherá o comprimento do trecho automaticamente.

O diâmetro dado em milímetros (mm) é obtido durante a fase de cadastro e concepção da rede.

A rugosidade representa a resistência ao escoamento da água e varia de acordo com o material do tubo.

Neste estudo foi usado a fórmula de Darcy-Weisbach, sendo os valores podem retirados do Manual do EPANET.

Material	C, Hazen-Williams (adimensional)	$\epsilon$ , Darcy-Weisbach (mm)	n, Manning (adimensional)
Ferro fundido	130 – 140	0.25	0.012 – 0.015
Concreto	120 – 140	0.3 – 3	0.012 – 0.017
Ferro galvanizado	120	0.15	0.015 – 0.017
Plástico	140 – 150	0.0015	0.011 – 0.015
Aço	140 – 150	0.03	0.015 – 0.017
“Grés”	110	0.3	0.013 – 0.015

**Figura 9: Coeficientes das fórmulas de perda de carga para tubulações novas**  
**Fonte: Manual EPANET**

- RNF: O Reservatório de Nível Fixo é utilizado para simular um poço, lagos ou rios que possuam sempre um volume constante de armazenamento de água, de capacidade ilimitada e carga hidráulica constante. O principal parâmetro a ser inserido é o Nível de Água, dado em metros. Este foi adquirido por meio do tratamento dos dados do monitoramento com o medidor de nível como visto anteriormente.

- RNV: Os Reservatórios de Nível Variável são considerados nós especiais da rede, com capacidade de armazenamento limitada e com variação de volume de água armazenada durante a simulação. É caracterizado pelas seguintes propriedades: cota, altura de água inicial, mínima e máxima, diâmetro. A cota já determinada anteriormente foi retirada do *Google Earth*, assim como o diâmetro escolhido por tabela. As medidas das alturas máximas e mínimas foram obtidas por cálculos relacionando os níveis máximos e mínimos com a altura inicial.

Primeiramente da altura total foi retirado 0,5 m, que correspondiam ao extravasamento do reservatório, então esse valor ficou sendo nossa altura de água máxima.

Em seguida, fez-se uma regra de três, sabendo que a altura máxima está para o nível máximo e a altura mínima para o nível mínimo, lembrando que o valor que se espera encontrar é a altura mínima de água (tabela 1 e 2).

**Tabela 1: Dados altimétricos da Pró-Reitoria (sistema estudado)**

Pró-Reitoria				
Nível máx.	Nível mín.	Altura máx.	Altura total - 0,5 m	Altura mín.
6,42	5,95	16,87	16,37	15,17157

**Fonte: Elaborado pelo autor**

**Tabela 2: Dados altimétricos da Pró-Reitoria (sistema estudado)**

Pró-Reitoria			
Nível máx.	Nível inicial	Altura máx.	Altura inicial
6,42	5,95	16,87	15,63497

**Fonte: Elaborado pelo autor**

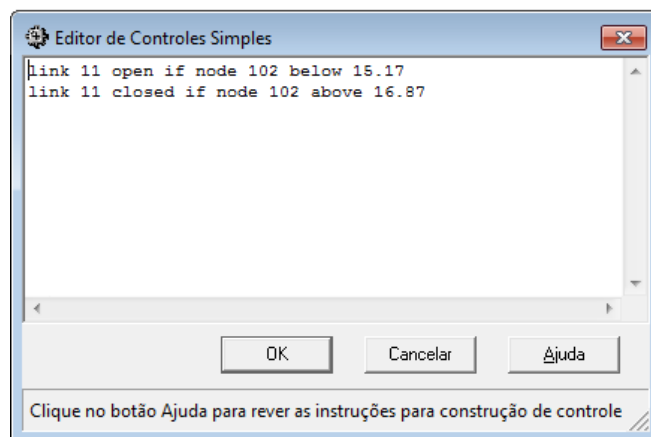
A altura inicial quem determina é o operador, lembrando que o valor não pode ser abaixo da altura mínima. Geralmente coloca-se o valor igual ao máximo, considerando que o sistema comece com o reservatório cheio.

- Bomba: Parâmetros que devem ser inseridos são: potência, curva, estada inicial. A potência é fornecida pela bomba em Hp e independe da vazão. Este campo pode ser deixado em branco caso seja fornecida a curva da bomba. A Curva é a relação entre a altura de elevação e a vazão. O Estado inicial refere-se à bomba quando está ligada ou desligada no início da simulação.



- Controle: Relaciona as condições de operação de uma bomba com o período do dia ou com as alturas de água no reservatório de nível variável. Podem ser inseridos comandos como ligar e desligar uma bomba, abrir ou fechar trechos ou válvulas, entre outros.

Na Pró-Reitoria o comando é para que a bomba ligue quando o reservatório atingir o nível mínimo, ou seja, 15,17 m e desligue quando o nível chegar a 16,87 m (figura 10).



**Figura 10: Editor de controles simples**  
Fonte: Elaborado pelo autor

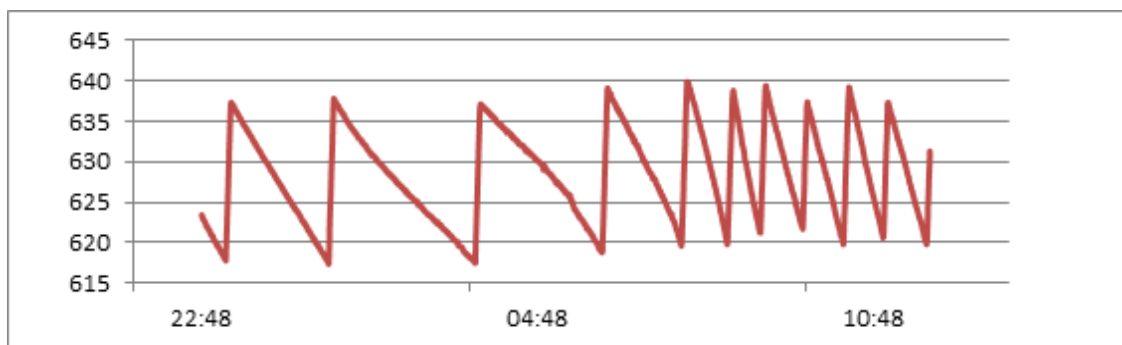
## TRATAMENTO DE DADOS DO SISTEMA LEVANTADO

É importante criar uma cópia do arquivo original e retirar todas as informações irrelevantes, assim, a manipulação dos dados torna-se mais prática.

### Nível

Os dados de nível são baixados por meio de um software específico e os dados são tratados no *Microsoft Excel*. O operador determina o intervalo de tempo em que o equipamento vai coletar os dados. Em todos os setores da UFMS optou-se por usar um intervalo de 30 segundos.

A planilha tratada apresenta apenas duas colunas, uma para Data/hora e outra com os valores do nível (figura 11).

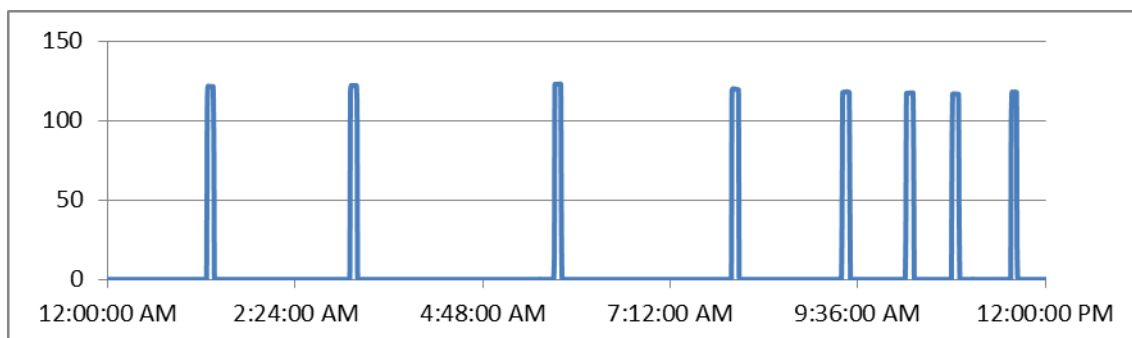


**Figura 11: Nível medido no reservatório de água**  
Fonte: Elaborado pelo autor

### Energia

O Analisador de Energia mede a potência em três fases. Em um intervalo de tempo é calculada a média de cada fase. Somando essas três médias obtêm-se o valor total da potência da bomba.

Na figura 12 é possível ver o momento em que a bomba liga e desliga.



**Figura 12: Energia medida no sistema de bombeamento**

**Fonte: Elaborado pelo autor**

### Vazão

A vazão da bomba foi obtida pelo hidrômetro e este valor foi utilizado para calcular a vazão de consumo. Em uma planilha do Excel foram anotados os valores fixos de vazão da bomba, diâmetro e área do reservatório elevado. Além disso, também foram inseridos os dados de nível e da bomba. Ao lado da coluna da bomba, foi criada outra coluna com um comando para manter os valores de zero e transformar em 1 os que fossem diferentes de zero, assim, o zero representa a bomba desligada e o 1 a bomba ligada.

Para calcular o volume de entrada de água no reservatório, multiplicou-se a vazão da bomba pela coluna da bomba (ligado/desligado) e por 30 (segundos).

Para saber o volume reservado, fez-se o uso do cálculo de volume do cilindro a cada 30 segundos, subtraiu-se o valor de nível anterior para obter a altura reservada e dividiu-se por 100, para transformar de centímetro para metros, multiplicado pela área do reservatório.

A vazão de saída foi calculada subtraindo o volume que entra pelo que reserva, dividido por 30, para ter vazão de saída em m³/s. Ao lado foi inserida uma coluna para apenas os valores positivos e foi feita a média multiplicada por 3.600 para ter uma vazão média em m³/h.

### Consumo e consumos especiais

O consumo corresponde à quantidade de água gasta pela população universitária, é uma propriedade estimada com base nos cálculos adquiridos dos dados de nível e energia. São considerados pontos de consumos os locais onde existem torneiras, banheiros, cozinha, e também existem os chamados consumos especiais, pontos onde o consumo é maior que a média, são exemplos os laboratórios, hospitais, clínicas, entre outros grandes consumidores.

A vazão de consumo total da Pró-Reitoria é de 0,6494 L/s. Este setor possui 7 pontos consumidores. Dentre eles, a Faculdade de Odontologia foi identificada como grande consumidor por possuir cadeiras odontológicas que demandam uma grande quantidade de água, já que oferece atendimento ao público. Foi estimado que o consumo da FAODO é de 26% do consumo total da Pró-Reitoria (tabela 3 e 4).

**Tabela 3: Dados consumo da Pró-Reitoria (sistema estudado)**

VAZÃO	m³/h	L/S
Média	2,336388	0,648997

**Fonte: Elaborado pelo autor**

**Tabela 4: Dados consumo da Pró-Reitoria (sistema estudado)**

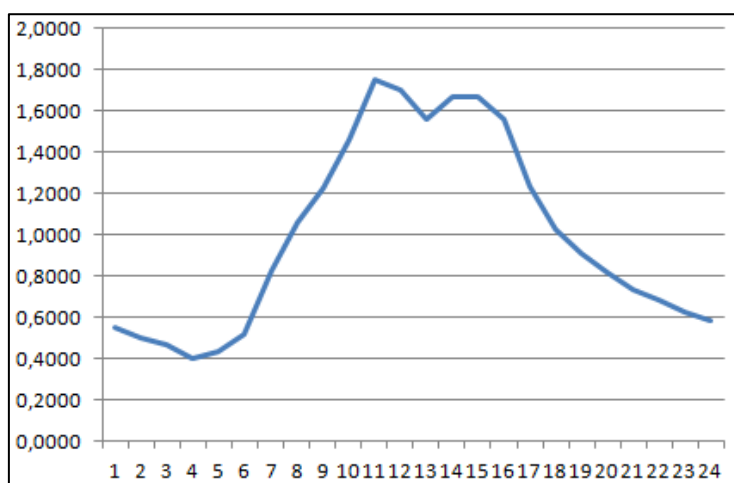
FAODO	NÓS
26%	6
0,168739	0,080043

**Fonte: Elaborado pelo autor**

### Padrão

Cada setor possui um arquivo chamado “Modelo”, que tem como objetivo agrupar e relacionar todas as informações existentes. Preenchendo a ficha de cadastro com as características dos reservatórios, bombas e poços, e inserindo dados elétricos e de nível é possível obter automaticamente o padrão de consumo. A partir do modelo também se pode retirar os fatores multiplicativos que serão inseridos na simulação do EPANET. Esse fator faz com que o consumo varie relativamente a um valor fixo.

Com esses dados é possível calcular a vazão por dia, assim é feita uma média por hora e logo, uma média final. Dividindo a média de cada hora pela média final, chega-se ao Fator Multiplicativo, que é uma taxa do consumo que varia de acordo com o dia (figura 13)

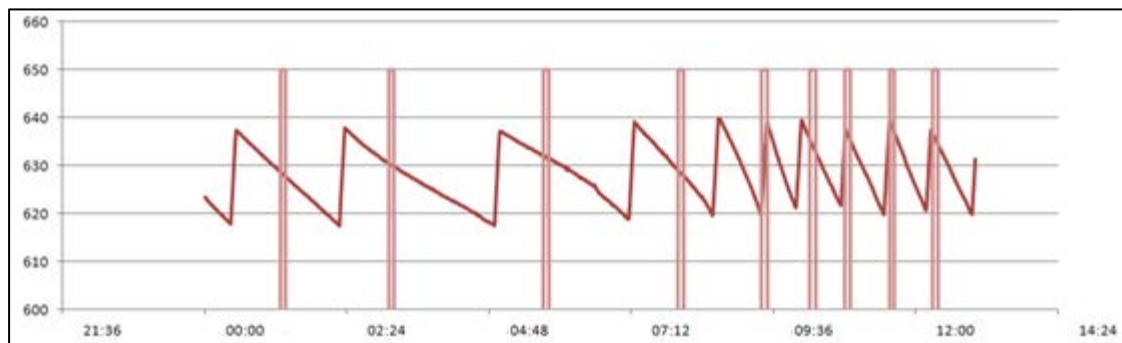


**Figura 13: Padrão de consumo de água no sistema de abastecimento estudado**  
**Fonte: Elaborado pelo autor**

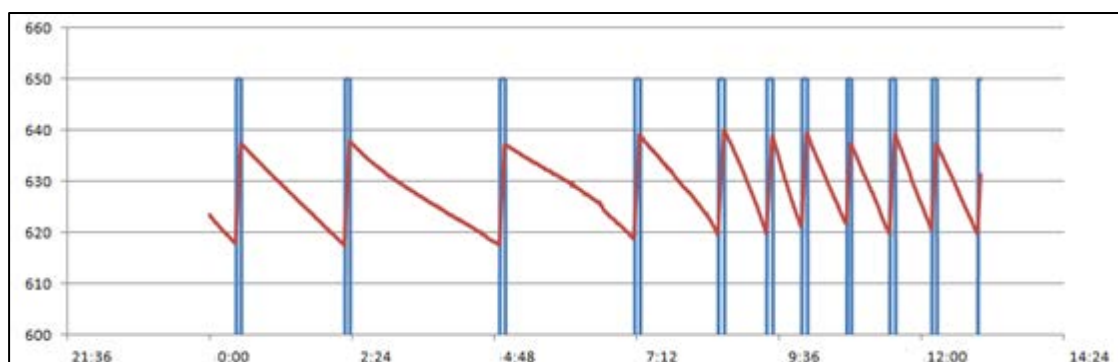
### CONCLUSÕES DO MONITORAMENTO

Quando os dados dos equipamentos são baixados, pode acontecer de aparecerem anomalias nas medições, como falta de dados ou dados repetidos, por isso, deve-se verificar a presença destas. Quando os monitoramentos da bomba e do nível foram analisados separadamente, não foram encontradas as anomalias, mas quando o cruzamento entre dados foi gerado, foi possível perceber que os gráficos estavam deslocados e os horários dos equipamentos não correspondiam ao mesmo momento. Como o *Level Logger* sincroniza a hora de acordo com o horário do computador, concluímos que o analisador de energia estava com o horário desregulado.

Para o ajuste do horário, foi preciso comparar a hora que a bomba liga e a hora que o nível começa a subir. Na Pró-Reitoria foi constatado um adiantamento de 1 hora e 10 minutos analisador em relação ao nível (figura 14 e 15).



**Figura 14: Gráfico com erro nos horários**  
Fonte: Elaborado pelo autor



**Figura 15: Gráfico com correção dos horários**  
Fonte: Elaborado pelo autor

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu cadastrar a rede de abastecimento do setor Pró-Reitoria da instituição. Foi criada uma metodologia que permite cadastrar o sistema de abastecimento e posteriormente simular em um software de simulações e modelagem hidráulica como o EPANET.

A vazão de consumo total da Pró-Reitoria é de 2,33 m<sup>3</sup>/s. Este setor possui 7 pontos consumidores. Dentre eles, a Faculdade de odontologia foi identificada como grande consumidor por possuir cadeiras odontológicas que demandam uma grande quantidade de água, já que oferece atendimento ao público. Foi estimado que o consumo da FAODO é de 26% do consumo total da Pró-Reitoria.

Recomenda-se para trabalhos futuros utilizar o cadastro da rede e a simulação hidráulica para criar índices de gerenciamento e perdas de água, para poder realizar a gestão das perdas de água no sistema de abastecimento estudado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROSO, L.B., Estudo da minimização das perdas físicas em sistema de distribuição de água utilizando o modelo EPANET. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSM, Santa Maria, 2005
2. GONÇALVES, E., Metodologias para controle de perdas em sistemas de distribuição de água – Estudo de casos da CAESB. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil, UNB, Brasília, 1998.
3. KUROKAWA, E., “Sistema para avaliação de dados e indicadores de perdas em sistemas de distribuição de água.” Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, UFSC, Florianópolis, 2001.

4. LAMBERT, A., “Monitoramento, medição, controle e indicadores de Perdas. A Metodologia Proposta Pela IWA”, Anais do Encontro Técnico Sobre Redução e Controle de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento, Salvador – BA, Março de 2002.
5. MALDONADO, A. L. S. - Priorização de setores para subsidiar ações de combate às perdas em sistemas de abastecimento de água – estudo de caso do sistema de Campo Grande – MS, 2006.
6. TSUTIYA, M. T., Abastecimento de Água. 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.