

## I-133 - O IMPACTO DA EXPANSÃO IMOBILIÁRIA NA REGIÃO CENTRAL DE SÃO PAULO: ANÁLISE ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

### **Marcos Aurélio Martins<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade São Judas Tadeu. Pós graduado em Logística pela Faculdade Anchieta. Atua como engenheiro na Divisão de Operação de Água na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp.

### **Anderson Vicente Catarino**

Tecnólogo em Obras Hidráulicas pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – Fatec. Especialista em Saúde Pública e Engenharia Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública – USP. Atua como gerente da Divisão de Operação de Água na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp.

### **Maurício Yukio Toda**

Engenheiro Civil pela Universidade Unicastelo. Tecnólogo em Obras Hidráulicas e Edifícios pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – Fatec. Atua como tecnólogo na Divisão de Operação de Água na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp.

### **Natally Annunziato Siqueira**

Engenheira Ambiental e Urbana pela Universidade Federal do ABC. Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela Universidade Estadual de Campinas. Atua como tecnóloga na Divisão de Operação de Água na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp.

### **Roberto Abranches**

Tecnólogo em Obras Hidráulicas pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – Fatec. Especialista em Saúde Pública e Engenharia Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública – USP e Mestre em Tecnologias Ambientais pelo Centro de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS/SP. Atua como Analista de Sistemas de Saneamento na Divisão de Operação de Água na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Dona Antônia de Queirós, 218 – Consolação – São Paulo - SP - CEP: 01307-011 - Brasil - Tel: (11) 3138-3169 - e-mail: [maurelio@sabesp.com.br](mailto:maurelio@sabesp.com.br)

## **RESUMO**

A expansão imobiliária nas grandes cidades gera impactos na gestão de empresas de saneamento que precisam acompanhar o crescimento de forma a garantir a prestação dos serviços a seus clientes.

Contemplando 39 municípios e 20 milhões de habitantes, a RMSP é uma das maiores aglomerações urbanas do mundo. O município mais populoso do país se encontra nesta região. Estima-se que a cidade de São Paulo possua população superior a 12 milhões de habitantes e densidade demográfica superior a 7.300 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2016).

Inserida neste contexto, o estudo abrange a região central e porção leste do município, caracterizada predominantemente por áreas consolidadas sem espaços para crescimento horizontal. Entretanto, esse fato não impede que a expansão imobiliária seja atuante e significativa. Sem espaços horizontais, o crescimento ocorre no sentido vertical com o surgimento de inúmeros empreendimentos imobiliários. A expansão imobiliária caracterizada pela verticalização, atribui o desafio em readequar a infraestrutura para assegurar a qualidade dos serviços prestados aos seus clientes. Focando o sistema de abastecimento de água, a verticalização impõe novas demandas pontuais e de grande vazão. É preciso atuar de forma que todos os clientes sejam abastecidos sem intermitências e com pressões adequadas.

Na área de estudo, o sistema de abastecimento atual é composto por redes de distribuição com idade média de 45 anos e com diâmetros que em sua maioria variam entre 75mm e 100mm. Acréscimos na demanda requerem avaliação de impacto, pois podem provocar a incapacidade de abastecimento local e no entorno.

A ferramenta de simulação hidráulica agiliza as análises de vários cenários, permitindo que a empresa de saneamento avalie o crescimento de demanda, e possibilita a criação de novas propostas de implantação de redes de reforço de forma a otimizar o sistema de distribuição, visando à garantia da entrega do produto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Simulação hidráulica, Sistema de Abastecimento, georreferenciamento, expansão imobiliária.

## **INTRODUÇÃO**

Para que o modelo matemático do software de simulação hidráulica execute os devidos cálculos, devemos fornecer dados de entrada referentes à propriedades do sistema (diâmetro, material e rugosidade da rede), ao consumo (dados de micromedição da área de estudo) e à operação (parâmetros de configuração da operação dos equipamentos, tais como VRPs e bombas).

Em contrapartida, a ferramenta de simulação hidráulica fornece como dados de saída, informações calculadas referentes à vazão nas tubulações e pressões pontuais no sistema de abastecimento. Os resultados podem ser apresentados em forma de gráficos, mapas temáticos e tabelas, dependendo do foco da avaliação. Os gráficos e mapas temáticos fornecem informações globais enquanto que as tabelas permitem uma análise pontual dos dados.

Para adaptar o modelo hidráulico de forma a se aproximar o máximo possível das condições reais do sistema de abastecimento e refinar os resultados obtidos, o software permite a introdução de dados coletados em campo, que são utilizados em uma ferramenta de calibração.

## **OBJETIVO**

O presente trabalho tem por objetivo descrever o método utilizado para o estudo de impacto da implantação de novos empreendimentos e seus resultados obtidos, destacando-se as melhorias e identificando pontos que possam ser aperfeiçoados.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Softwares de simulação hidráulica são amplamente utilizados para representar com a maior precisão possível, a realidade do comportamento de um determinado sistema de abastecimento existente ou a ser implantado, além de auxiliar na previsão do impacto de determinadas ações auxiliando a tomada de decisões. O software utilizado no trabalho foi o WaterGEMS®.

A melhoria na análise de projetos de novos empreendimentos surgiu com a oportunidade de treinamento no WaterGEMS®. O software foi apresentado à empresa de saneamento que se empenhou em treinar seu corpo técnico no uso da ferramenta. Após o treinamento e aquisição do software, a equipe técnica foi capaz de observar que a ferramenta poderia ser útil na análise novos empreendimentos, com ganho principalmente na qualidade e precisão das informações para tomada de decisão. A responsabilidade é praticamente dividida igualmente entre a equipe, já que desde a montagem da topologia, determinação dos dados de entrada, elaboração dos cenários e obtenção de resultados, são executados com a participação de todos envolvidos, não restando portanto ações individualizadas.

O primeiro passo para a criação de um modelo matemático de um sistema de abastecimento, que será utilizado para a simulação no WaterGEMS®, é a elaboração da topologia. Em resumo podemos considerar que a topologia é o conjunto das informações físicas dos elementos do sistema, tais como consumo de água, caminhamento da rede, seu diâmetro, material, cota, idade e demais dados a serem utilizados no cálculo da simulação hidráulica. Há ainda que se destacar a necessidade de obter informações sobre todos os demais equipamentos que operam no sistema, entre eles, reservatórios, válvulas redutoras de pressão (VRP), bombas, entre outros.

Em função do sistema de cadastro digital utilizado estar disponibilizado em formato digital, no Sistema de Informações Geográficas no Saneamento – SIGNOS, a obtenção das informações para a construção da topologia é facilitada graças à integração entre os seguintes sistemas: SIGNOS, ArcGis® e WaterGEMS®.

Essa integração dispensa a necessidade de desenhar manualmente trecho a trecho da rede e ainda facilita o carregamento das informações de cada elemento, uma vez que as características dos objetos estão disponíveis em bancos de dados do SIGNOS, que são facilmente importados pelo ArcGis®, onde é realizado um trabalho inicial de depuração, com objetivo de se obter uma topologia mais fiel à realidade do sistema. Nessa etapa

podem-se eliminar equipamentos desativados e inserir informações que não estão disponíveis no SIGNOS, mas que são fundamentais para a simulação.

Após a etapa de depuração, as informações já estão tabuladas de forma adequada para serem importadas pelo WaterGEMS®.

Em resumo podemos destacar 3 etapas principais de importação para construção do modelo. São elas:

- Importação das redes, bombas, reservatórios, válvulas de qualquer tipo, descargas, ventosas e demais equipamentos do sistema de abastecimento.
- Importação das informações de cotas de nível, uma vez que servirão de base para cálculo das pressões disponíveis nos pontos do sistema.
- Importação das demandas.

Já no ambiente do WaterGEMS®, é executada mais uma depuração, avaliando-se principalmente as condições de limite do sistema de abastecimento, para em seguida informar as características de operação dos equipamentos, como por exemplo, as curvas das bombas, pressões de trabalho de VRPs, válvulas abertas ou fechadas, níveis de reservatórios e tanques, entre outros.

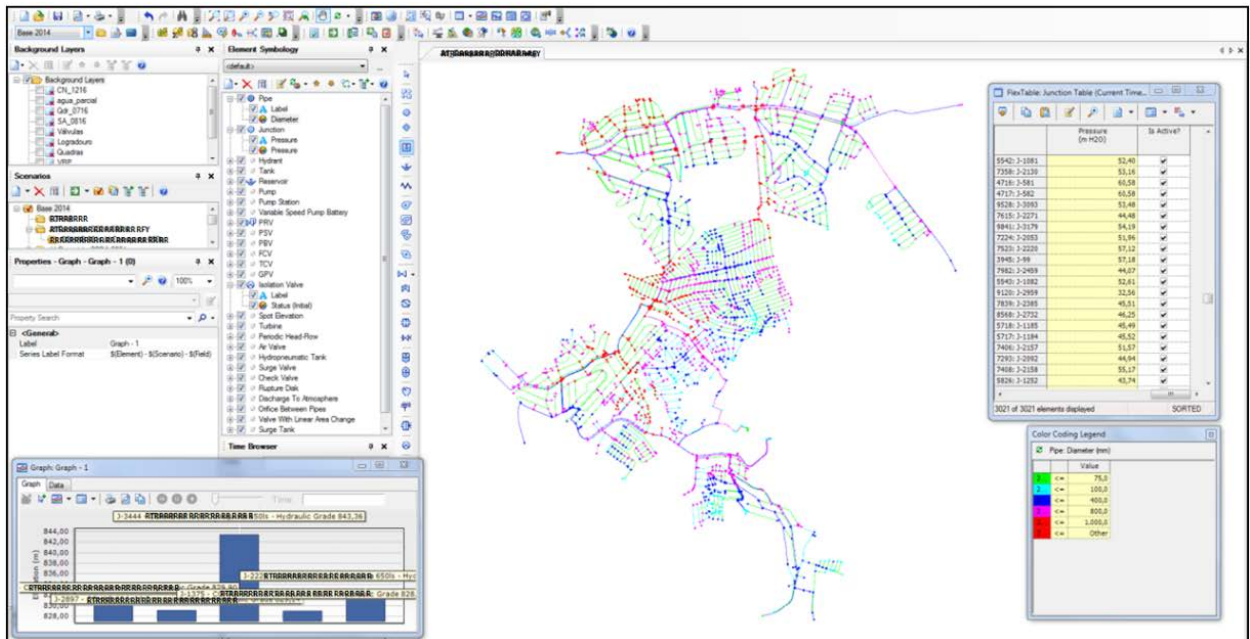
Em seguida podemos calcular o modelo gerado para obtenção de resultados de vazões, velocidades, perdas de cargas e pressões.

## **RESULTADOS OBTIDOS**

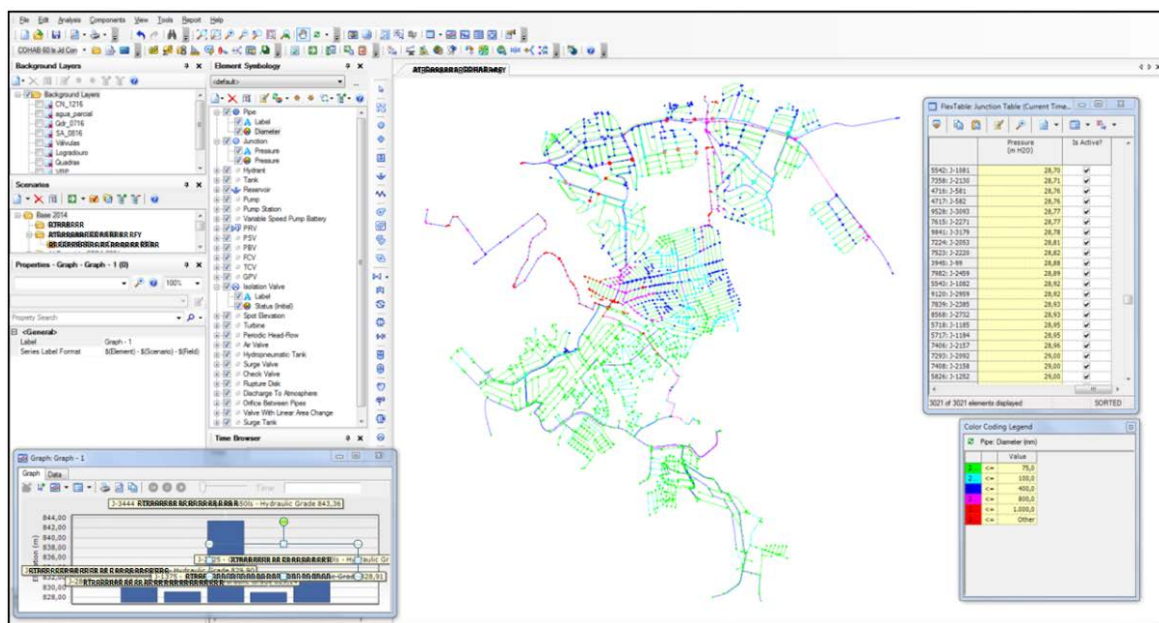
A solução implantada permite elaborar um diagnóstico do sistema de abastecimento atual, e seu comportamento futuro em função de alterações causadas pela expansão imobiliária.

O modelo de simulação hidráulica admite a criação de diversos cenários, permitindo avaliar diferentes situações em poucos minutos (Figuras 1 e 2). Sem o software a análise manual demanda um tempo muito maior, pois envolve repetidos cálculos matemáticos que somente com a tecnologia computacional podem ser executados rapidamente

Inicialmente pode-se avaliar a situação original em torno de um empreendimento a ser implantado. Em seguida pode-se inserir a demanda futura e avaliar o impacto que essa nova demanda causará no entorno de sua aplicação.



**Figura 1 – Tela do WaterGEMS®. Cenário original de estudo.**



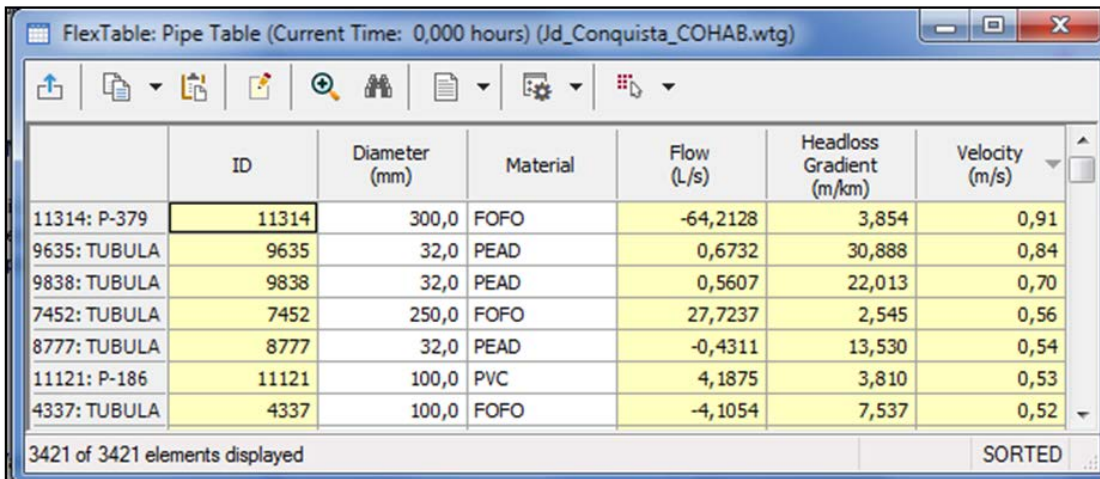
**Figura 2 – Tela do WaterGEMS®. Cenário com a rede nova proposta.**

Os resultados obtidos na simulação hidráulica (Figuras 3 e 4) permitem antecipar a possibilidade de impactos negativos que um novo empreendimento possa causar na operação do sistema de abastecimento atual. Caso os resultados indiquem que as consequências do empreendimento novo implicará em redução de pressão de abastecimento e consequente redução de oferta de água no entorno, podem-se criar novos cenários com propostas de melhorias, seja através de interligações ou até mesmo implantação de novas redes de reforço, de forma a garantir a prestação de serviço adequada ao novo cliente, sem comprometer a relação com os clientes já existentes e dependentes do sistema de abastecimento em operação. A comparação entre os diversos cenários permite gerar uma base de estudos consistente para a tomada de decisão, possibilitando a adoção de uma alternativa otimizada, mais viável em termos financeiros e técnicos. A quantidade de cenários possíveis está diretamente ligada à criatividade do corpo técnico atuante no estudo.



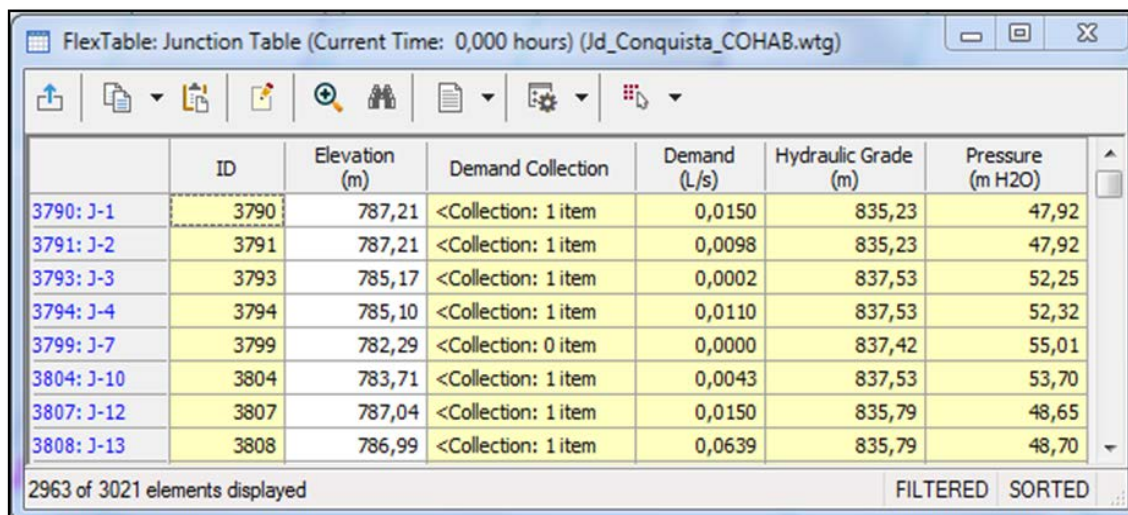
As velocidades de escoamento da água obtidas no resultado da simulação hidráulica são analisadas de forma a se obterem valores admissíveis, uma vez que velocidades altas prejudicam a durabilidade da tubulação, em função de transientes hidráulicos, desgaste por abrasão e cavitação em peças, além de produzir ruído na tubulação. Ou seja, a limitação das velocidades máximas estão associadas à segurança e durabilidade dos equipamentos em operação.

Além dos resultados hidráulicos da simulação, avaliam-se também aspectos técnicos para a implantação de uma proposta de melhoria, tais como custos, interferências com demais infraestruturas e situação de trânsito.



ID	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Headloss Gradient (m/km)	Velocity (m/s)
11314: P-379	11314	FOFO	-64,2128	3,854	0,91
9635: TUBULA	9635	PEAD	0,6732	30,888	0,84
9838: TUBULA	9838	PEAD	0,5607	22,013	0,70
7452: TUBULA	7452	FOFO	27,7237	2,545	0,56
8777: TUBULA	8777	PEAD	-0,4311	13,530	0,54
11121: P-186	11121	PVC	4,1875	3,810	0,53
4337: TUBULA	4337	FOFO	-4,1054	7,537	0,52

**Figura 3 – Resultados da simulação hidráulica nas tubulações.**



ID	Elevation (m)	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
3790: J-1	3790	<Collection: 1 item	0,0150	835,23	47,92
3791: J-2	3791	<Collection: 1 item	0,0098	835,23	47,92
3793: J-3	3793	<Collection: 1 item	0,0002	837,53	52,25
3794: J-4	3794	<Collection: 1 item	0,0110	837,53	52,32
3799: J-7	3799	<Collection: 0 item	0,0000	837,42	55,01
3804: J-10	3804	<Collection: 1 item	0,0043	837,53	53,70
3807: J-12	3807	<Collection: 1 item	0,0150	835,79	48,65
3808: J-13	3808	<Collection: 1 item	0,0639	835,79	48,70

**Figura 4 – Resultados da simulação hidráulica nas junções.**

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Antes da adoção da ferramenta de simulação hidráulica, os impactos ao sistema de abastecimento oriundos de acréscimo de demanda de água dos novos empreendimentos, eram obtidos de forma bastante empírica, muito em função do conhecimento técnico do analista do projeto.

Dispondo apenas do diâmetro, material e idade da rede e com base em dados bibliográficos de demanda a análise consistia basicamente em avaliar a capacidade de condução da tubulação implantada. Dessa forma, os riscos de uma decisão ruim, eram grandes. Um acréscimo de demanda mal avaliado pode implicar em desabastecimento em todo o entorno do empreendimento, com conseqüente insatisfação de seus clientes, com

prejuízos à imagem da empresa. O uso da simulação hidráulica traz dados mais seguros para a tomada de decisão.

A divulgação e uso contínuo da ferramenta trouxe experiência ao corpo técnico que ao longo do tempo percebeu que a simulação hidráulica traria melhores resultados na análise de impactos causados pela expansão imobiliária. Os envolvidos nos trabalhos com a simulação hidráulica tem demonstrado bastante satisfação com o uso da ferramenta, despertando o interesse de outros colaboradores que ainda não conhecem esse recurso, estimulando o aprendizado organizacional e a inovação dentro da empresa.

Ao longo do tempo, a equipe técnica da empresa de saneamento tem elaborado e desenvolvido técnicas de trabalho padrão, de forma a garantir que todos os estudos tenham o mesmo tipo de base de dados. As lições aprendidas são compartilhadas e disseminadas na própria equipe de trabalho. A prática tem se desenvolvido e novos padrões são adotados conforme se identifica uma melhoria. Podem-se citar algumas das melhorias implantadas e em uso atualmente, tais como: padronização dos elementos a serem importados da base cartográfica; padronização do cálculo do diâmetro interno da tubulação em função de seu material de fabricação; definição de padrão para cálculo das rugosidades internas dos tubos, em função da qualidade da água, e idade da rede; parâmetros na rotulação para identificação dos equipamentos no modelo hidráulico

## CONCLUSÃO

O resultado mais preciso fornecido pela simulação hidráulica, servindo de base para uma boa tomada de decisão, proporciona um abastecimento contínuo para o empreendimento e em seu entorno, eliminando intermitências. A simulação hidráulica permite também a identificação de pontos de sobrepessão. Dessa forma a equipe técnica pode tomar ações preventivas visando trazer as pressões à níveis adequados, evitando eventuais vazamentos, contribuindo para a redução do índice de perdas no setor de abastecimento.

Eliminando a sobrepessão e reduzindo os vazamentos na rede, a imagem da empresa de saneamento é preservada perante seus clientes e sociedade, pois além de evitar os transtornos da manutenção, do ponto de vista ambiental há a preservação do recurso hídrico, evitando desperdício de água.

A simulação hidráulica tem fornecido meios mais adequados para análise de impactos de novos empreendimentos na área de estudo, e os resultados obtidos podem ser melhorados através da metodologia de calibração do modelo, que consiste em obter em campo informações de vazões, pressões, curvas de bombas, e trazer ao ambiente do WaterGEMS® os dados reais coletados, para que a ferramenta realize ajustes no modelo teórico de forma a aproximar os resultados calculados aos valores obtidos em campo (Figura 4).



**Figura 4 – Objetivos da calibração do modelo.**

Para esse procedimento, é necessário dispor de equipamentos e pessoal para a coleta das informações de campo. Essa é uma evolução que pretende-se implantar ao longo do tempo.

## **RECOMENDAÇÕES**

O treinamento adequado e a utilização no dia a dia, aumentam o aprendizado e a facilidade da operação da metodologia implantada. Porém é importante destacar o grande desafio de se manterem atualizadas as informações cadastrais de operação de cada um dos modelos desenvolvidos, visto que a implantação de novas redes ou eliminação de redes antigas, ou qualquer outra intervenção na operação podem causar alterações significativas nos resultados obtidos.

Para a etapa de calibração, é necessário dispor de equipamentos adequados de medição, pessoal qualificado para instalação e os dados devem ser coletados em sincronia, visando efetuar ajustes que reflitam o comportamento real do sistema em análise.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AZEVEDO NETTO, José Martiniano. Manual de Hidráulica. 8ª Edição. São Paulo. Edgar Bluche, p. 205-212, 1998.
2. Bentley Systems, Incorporated. WaterGEMS® v8i. 2013.EUA. Software.
3. ESRI, Environmental Systems Research Institut Inc. ArcGis® v10.2.2. EUA. 1999-2014. Software.
4. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> Acesso em novembro de 2016.
5. TSUTIYA, MILTON T., Abastecimento de Água. 1ª Edição. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p. 402 e 403.
6. PALO, Paulo Rogério, Avaliação da Eficácia de Modelos de Simulação Hidráulica na Obtenção de Informações para Diagnósticos de Perdas de Água. São Paulo, 2010. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.