

## **V-079 – CONTINUIDADE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UMA NOVA METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO E CÁLCULO DE INDICADORES DE DESEMPENHO**

**Alexsandro Barral<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Anhembi-Morumbi. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais. Especialista em Gestão, com ênfase em Projetos, pela Fundação Dom Cabral. Gerente de Unidade de Negócios de Engenharia da Enops Engenharia S.A.

**Alexandre Caetano da Silva**

Engenheiro Sanitarista e Civil pela Escola de Engenharia Mauá. Analista de Regulação da ARCE-CE.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Igino Bonfioli, 348 - Jaraguá – Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-460 - Brasil - Tel: (31) 3494-6311 - e-mail: [barral@enops.com.br](mailto:barral@enops.com.br)

### **RESUMO**

A continuidade é um dos requisitos fundamentais da qualidade dos serviços de abastecimento de água, entretanto, o setor carece de bons indicadores para monitoramento do desempenho deste requisito em atendimento aos usuários, uma vez que a gestão de vazões e pressões, dois dos principais parâmetros para a avaliação da continuidade do abastecimento, tradicionalmente é governada pelo controle operacional de macrossistemas de distribuição ou pela necessidade de redução de perdas de água e eficiência energética. Neste trabalho são apresentados os resultados de um estudo, que incluiu testes de campo em quatro áreas de diferentes sistemas de abastecimento selecionados, com aplicação de diferentes tecnologias, para a constituição de redes de monitoramento com o objetivo de obter dados de pressão e vazão para a construção de indicadores da continuidade do abastecimento de água aos usuários. Conclui-se pela viabilidade de dois modelos de redes de monitoramento, considerando a realidade da infraestrutura dos sistemas de abastecimento de água do país, sendo um mais simples, aplicável a sistemas com falhas de cadastro técnico e pouca tecnologia de controle operacional, e outro mais complexo, para sistemas com condições de estabelecer setorização hidráulica e definir distritos de medição e controle, envolvendo a simulação hidráulica computacional para o cálculo de indicadores de continuidade com maior precisão. Assim, espera-se que por meio de tecnologias acessíveis o setor avance no diagnóstico adequado da continuidade do serviço de abastecimento de água e seus impactos na população de forma a contribuir para o estabelecimento de políticas públicas que promovam a melhoria da qualidade dos serviços de forma eficiente e sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abastecimento, Continuidade, Falta D'água, Indicadores, Medição, Pressão, Simulação Hidráulica.

### **INTRODUÇÃO**

O acesso à água potável e ao saneamento é um direito humano essencial para o pleno gozo da vida e de todos os direitos humanos, de acordo com o reconhecido pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) na Resolução nº 64/292, de 28 de julho de 2010. Como serviço essencial, o abastecimento de água deve ser contínuo, conforme determina o artigo 22 do Código de Defesa do Consumidor, Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, estabelecendo que “os órgãos públicos, por si ou suas empresas, concessionárias, permissionárias ou sob qualquer outra forma de empreendimento, são obrigados a fornecer serviços adequados, eficientes, seguros e, quanto aos essenciais, contínuos”.

Entretanto, o setor de saneamento não dispõe de dados de qualidade sobre a continuidade do abastecimento nas ligações à rede de distribuição, sendo muito comum, dependendo do porte do sistema de abastecimento, a reclamação de usuários que, após um evento de interrupção no fornecimento, ficam sem o serviço várias vezes o tempo da respectiva paralisação informada pela empresa prestadora do serviço, uma vez que, frequentemente, as empresas monitoram parâmetros operacionais apenas no nível de macrossistema, possuindo pouca informação de qualidade sobre os impactos da descontinuidade em toda a rede de abastecimento.

Importante salientar que outros setores de infraestrutura, como telecomunicações e energia elétrica, dispõem de indicadores consolidados de continuidade dos serviços, permitindo seu acompanhamento em escala individual, em relação ao desempenho do serviço para cada unidade consumidora. Assim, obter indicadores de continuidade com dados de qualidade, por meio de constante monitoramento em campo, passa a ser fundamental para a gestão adequada do abastecimento de água com vistas a atender ao clamor da sociedade pela melhoria dos serviços públicos, já que não se pode gerenciar aquilo que não se pode medir.

Ademais, um desafio importante na promoção da melhoria da qualidade dos serviços é promover o aprimoramento do conjunto de aspectos relevantes, uma vez que a melhoria de algumas características podem eventualmente ocorrer em detrimento de outras. É o caso, especificamente, em certas circunstâncias, das metas de redução de perdas de água em comparação com a continuidade do abastecimento, uma vez que a intermitência do abastecimento pode contribuir para a redução de perdas de água, considerando que durante os períodos de desabastecimento não há água no sistema que possa ser perdida, independente das condições da infraestrutura. Haja vista que, em geral, nos atuais sistemas de avaliação de desempenho não prevalecem questões como qualidade da água ou continuidade, privilegiando-se aspectos como aumento da cobertura, redução de perdas e de custos, a introdução de mecanismos de incentivos com uso de indicadores, se não considerarem devidamente todos os fatores relevantes de qualidade, podem fomentar o agravamento de algumas deficiências do setor, em prejuízo dos usuários.

O objetivo deste estudo foi desenvolver indicadores de continuidade do abastecimento, envolvendo redes de monitoramento em campo de implantação técnica e economicamente viável, com dados de qualidade necessária à aplicação em ferramentas de gestão, tais como, por exemplo, práticas de benchmarking entre diferentes sistemas de abastecimento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi promovida uma pesquisa bibliográfica e consultas ao mercado com o objetivo de identificar tecnologias disponíveis, acessíveis e robustas para monitoramento, transmissão de dados, processamento e cálculo de indicadores de continuidade do abastecimento.

A partir deste levantamento foram avaliadas qualitativamente, quanto à aplicabilidade para o propósito do estudo, diferentes equipamentos e tecnologias para medição de vazão (tubo de Pitot-Cole, medidores woltmann, ultrassônicos e eletromagnéticos), armazenadores de dados de vazão e pressão (conforme o tipo de fonte de energia, se de fonte externa ou por meio de bateria, o tipo de comunicação, tais como GPRS ou telemetria via rádio, e contemplando sensores externo e interno de pressão), além de softwares de modelagem hidráulica, por meio do qual se calculariam os resultados de continuidade com os dados obtidos em campo a partir das estações de monitoramento.

A avaliação qualitativa consistiu na verificação do grau de adequação de cada tecnologia aos seguintes requisitos, conforme aplicável: (i) baixo investimento de implantação e operação; (ii) manutenção fácil e de baixo custo; (iii) simplicidade de implantação; (iv) possibilidade de expansão de funções do sistema para outras medições; (v) capacidade de transmitir dados coletados periodicamente, pelo menos uma vez ao mês; (vi) capacidade de operar por período prolongado sem assistência técnica; (vii) baixo consumo de energia elétrica, podendo ser alimentado por baterias; (viii) robustez às condições ambientais dos potenciais pontos de instalação; (ix) ser adequadamente precisa; e (x) de tecnologia acessível, com complexidade de operação compatível com o estágio de desenvolvimento tecnológico das empresas do setor.

A avaliação resultou em uma pré-seleção de equipamentos e tecnologias que foram posteriormente testadas em campo pelo período de mais de um mês, constituindo três tipos de modelos de redes de monitoramento, a saber: (i) com simulação hidráulica calibrada, e monitoramento de vazão e pressão com telemetria por GPRS; (ii) com simulação hidráulica calibrada, e monitoramento de vazão e pressão sem telemetria; e (iii) monitoramento de pressão, sem simulação, com associação direta dos dados de cada armazenadores de dados com as ligações no seu respectivo entorno.

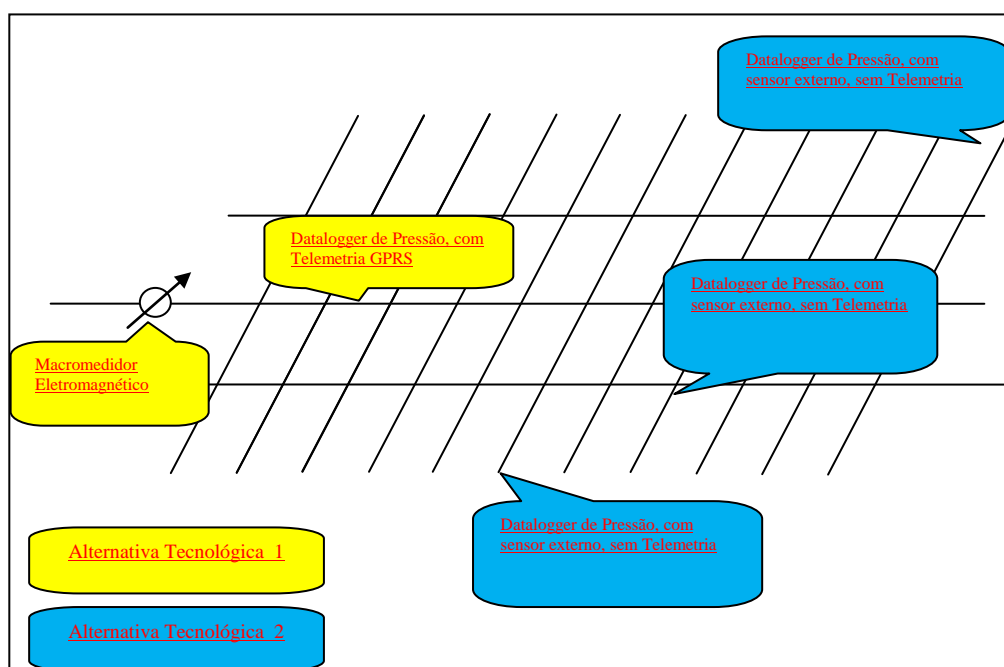
Para os testes de campo, em escala real, foram selecionadas quatro localidades, sendo duas (i) e (ii) em locais de urbanização muito adensada onde existiam Distritos de Medição e Controle (DMCs) já implantados, ambas

na cidade de Fortaleza/CE (Pilotos 1 e 2), com macromedidor de vazão eletromagnético, testando-se em ambas os modelos com e sem telemetria, e com simulação hidráulica; (iii) uma em localidade sem DMC implantado, e sem macromedição, localizada em Aquiraz/CE (Piloto 3), com situação muito comum entre os sistemas de abastecimento pequenos, onde foi testado o modelo sem telemetria e sem modelagem hidráulica; e (iv) em localidade abastecida por água subterrânea, diferente das anteriores que foram todas de fonte com mananciais superficiais, situada em Juazeiro do Norte/CE (Piloto 4), com macromedidor Woltmann, testando-se equipamentos com e sem telemetria, e com modelagem hidráulica, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros para a Realização de Testes de Campo**

Modelos	Abastecimento	DMC	Simulação Hidráulica	Tipo de Medidor de Vazão	Armazenadores de Dados Com Telemetria e Bateria Interna de Longa Duração	Armazenadores de Dados Sem Telemetria e Sem Bateria Interna de Longa Duração
<b>Piloto 1</b>	Gravidade	Sim	Sim	Eletromagnético	Sim	Sim
<b>Piloto 2</b>	Gravidade	Sim	Sim	Eletromagnético	Sim	Sim
<b>Piloto 3</b>	Gravidade	Não	Não	Sem Medidor	Não	Sim
<b>Piloto 4</b>	Recalque	Sim	Sim	Woltmann	Sim	Sim

Visando a implantação das redes de monitoramento, foi elaborado estudo das áreas onde seriam realizados os monitoramentos nos quatro pilotos. Foram selecionados os pontos para medição de pressão, usando-se como parâmetro de escolha: (i) Ligação de água mais próxima à entrada de água do setor; (ii) Ligação de água no local mais elevado do setor; e (iii) Os pontos mais afastados da entrada de água do setor. A configuração final das redes de monitoramento, pode ser exemplificada pela Figura 1, a seguir, relativa aos Pilotos 1 e 2.



**Figura 1: Exemplo de Configuração da Rede de Monitoramento.**

Para obtenção dos indicadores de continuidade a partir dos testes de campo em cada uma das quatro áreas piloto, foram desenvolvidas atividades de levantamentos cadastrais e de campo, permitindo o projeto das redes de monitoramento, a construção de modelos computacionais para, a partir dos dados obtidos em campo, a realização de simulações hidráulicas dos modelos computacionais referentes a cada uma das áreas piloto, a

implantação das redes de monitoramento piloto e campanhas de campo para calibração dos modelos, bem como eventuais manutenções na rede de monitoramento e coleta de dados dos armazenadores de dados sem telemetria.

## DESENVOLVIMENTO DO MODELO HIDRÁULICO COMPUTACIONAL

Os modelos hidráulicos computacionais foram desenvolvidos com o emprego do software de modelagem hidráulica, e a calibração do modelo, utilizando as pressões reais coletadas nos setores piloto, foi possível simular a variação da continuidade do abastecimento nas três áreas piloto onde seriam testados os modelos com simulação. Lembramos que uma das áreas piloto não seria objeto da aplicação de simulação computacional, extrapolando-se os dados das leituras diretas de pressão dos armazenadores de dados às ligações do seu respectivo entorno para o cálculo de indicadores de continuidade dessa área.

O objetivo do modelo era de importar os dados reais de vazão e pressão da entrada dos setores, medidos pela rede de monitoramento, para a simulação computacional calibrada, e simular as pressões internas em toda a rede de distribuição, inferindo-se assim, a variação espacial e temporal da continuidade do abastecimento.

A figura 2 apresenta um exemplo dos resultados da simulação hidráulica em uma das áreas piloto, com imagem do modelo e a isolinha de pressão interna na condição de pressão de entrada do setor em 5 mca com o histograma do período de maior consumo, neste caso é possível determinar a quantidade de economias desabastecidas, neste instante, simulado pela contagem das ligações cadastradas inseridas na zona vermelha do mapa, e a partir dessa informação calcular os indicadores, por exemplo, o índice de duração equivalente das paralisações por ligação (em horas/ligação/dia).

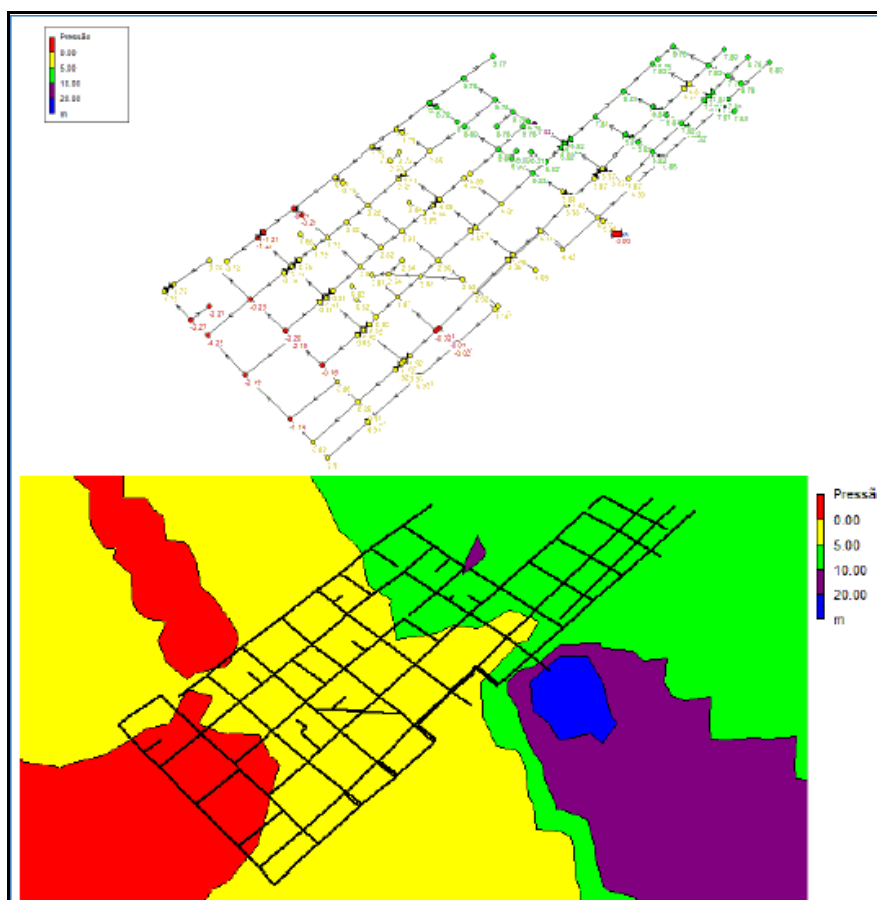
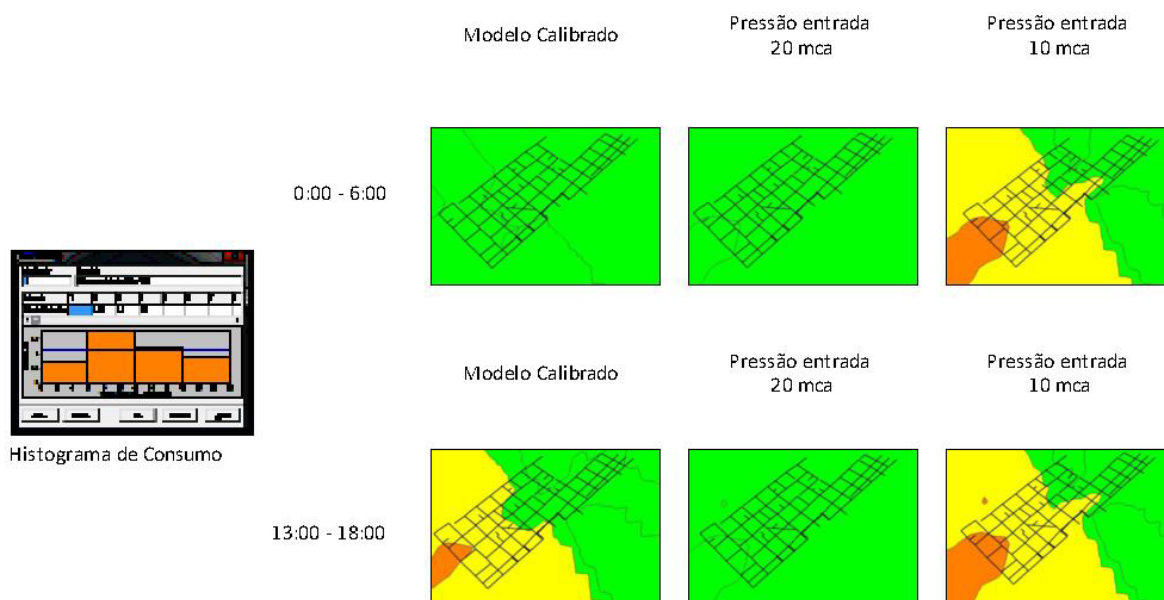


Figura 2: Exemplo de Isolinhas de Simulação Hidráulica na Situação de Descontinuidade

Na figura 3 é apresentada uma simulação da área desabastecida, para diferentes pressões de entrada, em diferentes horários, utilizando-se do modelo calibrado. A partir do modelo, e da medição de pressão realizada com armazenadores de dados, na entrada do DMC, seria possível calcular a área desabastecida em qualquer horário do dia.



**Figura 3: Modelo de acompanhamento de continuidade do D.M.C. Rodolfo Teófilo**

Em função da precariedade do cadastro técnico de rede, situação extremamente comum para a maioria dos sistemas de abastecimento de água no Brasil, a dificuldade para a calibração dos modelos hidráulicos computacionais foi muito grande, demandando um número elevado de horas de trabalho e resultando em modelos com desvios relativamente elevados. Para sanar os problemas apresentados na calibração dos modelos hidráulicos computacionais, seria necessário o aprimoramento da qualidade de informação do cadastro técnico de rede, por meio da realização de sondagens exploratórias, o que, entretanto, resultaria em um aumento de custo e tempo considerável para o projeto. Além disso, para tornar a utilização do modelo prática, de maneira que possa ser utilizada em larga escala, e dentro da realidade atual do Prestador de Serviço, seria necessário o desenvolvimento de aplicativo para a realização da rotina de cruzamento de dados das pressões reais da entrada das áreas de abastecimento com a simulação hidráulica calibrada, resultando em mapa de pressão para toda a área, e consequente quantificação do número de ligações desabastecidas por meio de georreferenciamento.

Posteriormente na construção dos modelos, verificou-se, ainda, que a importação de dados coletados em campo para o software é relativamente complexa e infausta. Os dados devem ser incluídos manualmente, sendo um por vez, com o uso de controles simples ou ainda como níveis variáveis de reservatórios, o que torna a atividade praticamente inviável na aplicação de grande escala do projeto. Esta situação poderia ser contornada, nos casos em que o cadastro técnico de rede apresentasse boa qualidade de informação, pelo uso de aplicativos comerciais mais sofisticados de simulação hidráulica computacional, o que, entretanto, fugiria aos requisitos iniciais do projeto, de apresentar baixo custo de implantação.

## RESULTADOS TESTES-PILOTO

A avaliação dos quatro testes-piloto foi realizada qualitativamente e quantitativamente, visando fundamentar a estimativa de custos da implantação da rede de monitoramento e os benefícios. No processo de avaliação foi relacionado um conjunto de benefícios esperados com a implantação do projeto. Foram avaliadas as dificuldades de se quantificar monetariamente os benefícios advindos com a instalação de redes de monitoramento, uma vez que, em regra esses benefícios são consequência de ações complementares, decorrentes do maior conhecimento sobre o sistema desabastecimento, é aceitável a descrição qualitativa dos



benefícios identificados. Ao final, a avaliação confronta os custos e benefícios em três cenários: (i) Não fazer nada, mantendo-se o status quo de monitoramento da continuidade do Prestador de Serviço, (ii) Fazer o mínimo, com o aproveitamento das informações obtidas a partir da atual infraestrutura de controle e monitoramento do Prestador de Serviço e expansão da rede de monitoramento para uma amostra de áreas estratégicas e críticas de abastecimento, (iii) Implantação integral e gradativa da alternativa eleita em todos os sistemas operados pelo Prestador de Serviço, observando, quando possível, a viabilidade de aproveitamento da infraestrutura existente em contribuição ao acompanhamento da continuidade do abastecimento.

Objetivando se encontrar um modelo mais adequado para as situações existentes, a partir dos resultados dos testes de monitoramento das redes piloto e dos dados cadastrais fornecidos pelo Prestador de Serviço, bem como em observância às definições classe de confiabilidade da fonte de informação, na Tabela 2, construiu-se dois modelos diferentes para a apuração dos dados, denominados de Modelos “B” e “A”. Considerando-se, também a realidade do Prestador de Serviço, foi admitido que a implantação do Sistema de Monitoramento pudesse ser progressiva, de modo a permitir a adaptação evolutiva e consistente do Prestador às novas exigências do Monitoramento da Continuidade, o fortalecimento gradativo dos procedimentos para determinação do Indicador da Continuidade.

**Tabela 2: Classificação de Confiabilidade dos Dados segundo Resolução 167/2013 ARCE**

Classe de confiabilidade da fonte de informação	Conceito associado
<b>A</b>	Dados baseados em medições exaustivas, registros fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo.
<b>B</b>	Genericamente como a anterior, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registros não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação.
<b>C</b>	Dados baseados em estimativas ou extrapolações a partir de uma amostra limitada.

## RESULTADO – INDICADOR DE MONITORAMENTO DA CONTINUIDADE

O Indicador de Monitoramento da Continuidade, código IAP05, segundo a Resolução 165/2013 da ARCE, visa avaliar a qualidade do serviço prestado pelo operador, quanto continuidade da disponibilidade da água para o consumidor. A sua metodologia de apuração permite sua agregação por município, por sistema e subsistemas.

A pressão mínima definida pela Agência Reguladora, para efeito de monitoramento da descontinuidade de abastecimento é a ocorrência de pressões inferiores a 1 m.c.a. O Índice de Continuidade IAP05, expresso em h/dia/ligação, foi definido como sendo a relação entre a quantidade de horas totais de desabastecimento de um determinado setor pela quantidade de ligações ativas deste mesmo setor e a quantidade de dias corridos no período de análise.

$$IAP05 = 24 - \left( \frac{DA32}{DA07r + Dias} \right)$$

**Figura 3: Fórmula de Cálculo do Indicador de Monitoramento da Continuidade**

Onde:

DA32: Duração do total de horas de desabastecimento, em horas;

DA07r: Quantidade de ligações ativas de água, em ligações, considerando a quantidade de ligações ativas apuradas ao final do período de referência;

Dias: Quantidade total de dias corridos no período de referência, em dias.

A componente DA32 refere-se ao valor da soma da quantidade de horas, no período de referência, que cada ligação ativa de água esteve sujeita a paralisações no sistema de distribuição de água. No caso de município

atendido por mais de um sistema, as informações dos diversos sistemas devem ser somadas para obtenção de indicadores por município. Para sistemas regionais ou intermunicipais, as informações devem ser alocadas ou rateadas para cada Município.

## RESULTADO – MODELO “B”

Para o levantamento do dado DA32 – Duração do total de horas de desabastecimento – para o cálculo do Indicador Monitoramento da Continuidade, o Modelo de Monitoramento “B” pressupõe a extrapolação da duração total de horas de desabastecimento para o conjunto de ligações do Setor de Monitoramento, a partir do monitoramento contínuo, com Armazenadores de Dados, de pelo menos um ponto no interior do Setor. O Setor de Monitoramento é definido como um conjunto de, no máximo, 5.000 ligações ativas de água, abastecidos por um mesmo reservatório, estação elevatória ou poço com injeção direta na rede, associados a um ponto de monitoramento.

A localização do ponto de monitoramento deveria ser alvo de estudo técnico, por parte do operador do sistema, conforme diretrizes definidas pela Agência Reguladora, visando determinar o ponto de desabastecimento mais desfavorável do conjunto de ligações por ele representado. O monitoramento da pressão deveria ser contínuo, através de Armazenador de Dados, com leitura das pressões em intervalos de no máximo 15 minutos, com armazenamento de pelo menos um período mensal de leituras, e envio dos dados para a Agência Reguladora cada mês, juntamente com o indicador calculado para cada subsistema, e a memória de cálculo de rateio de dados de sistemas quando pertinente, utilizando-se preferencialmente como direcionador de rateio a quantidade de ligações ativas de cada subsistema.

O prestador de serviço deveria ser capaz de identificar a falha no armazenamento de dados, em um prazo máximo de 7 dias corridos, e não sendo admitida uma perda de mais de 3,0% de leituras de pressão, considerando um intervalo de 15 minutos, anualmente, por ponto de monitoramento.

O equipamento de medição de pressão (sensor de pressão com armazenador de dados) deverá ser instalado em ligação de água realizada especificamente para este fim, em caixa de abrigo compacta e protegida contra vandalismo. A localização do equipamento de medição de pressão não poderá estar abaixo da geratriz superior da tubulação, a fim de que a pressão medida não seja superior à pressão na tubulação. Quando não for possível localizar o equipamento acima da geratriz superior do tubo, por qualquer motivo, deverá ser descontado o desnível entre a geratriz superior da tubulação e o ponto de instalação do equipamento de medição de pressão.

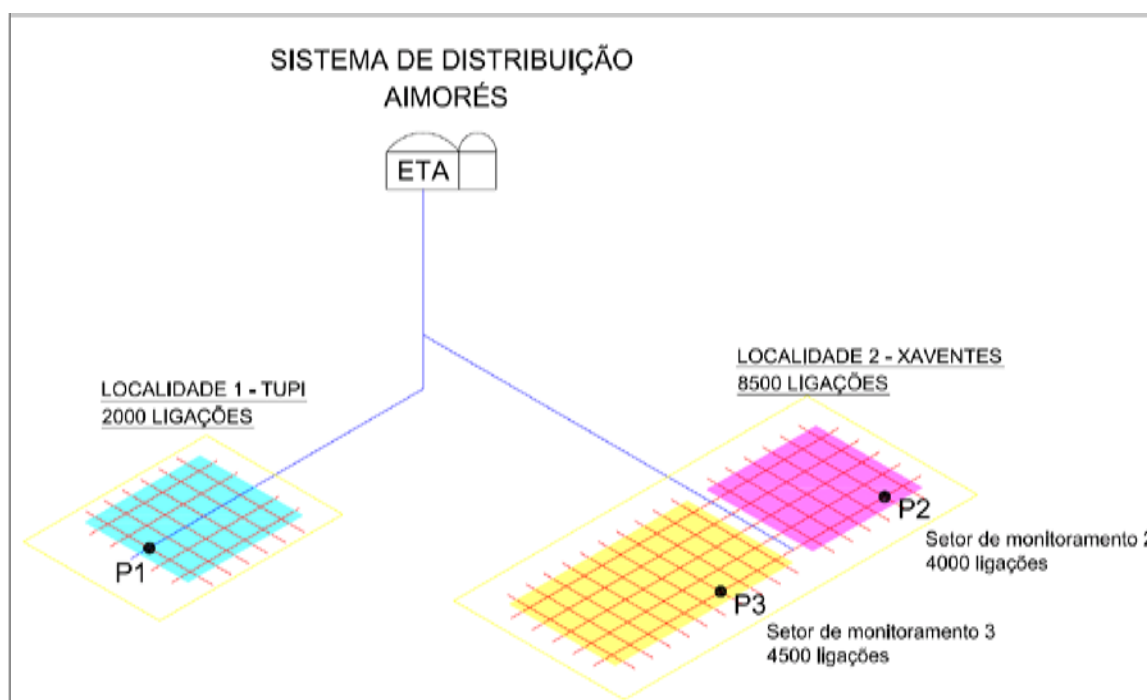


Figura 4: Exemplo hipotético de aplicação do Modelo “B”

O prestador de serviços poderá utilizar pontos de monitoramento existentes em seu sistema de abastecimento para monitoramento da continuidade, tais como, em estações piezométricas, macromedidores, válvulas redutoras de pressão, elevatórias, etc. Nestes casos, as tomadas de medição de pressão devem derivar diretamente da tubulação de abastecimento, além disso, o setor de monitoramento deve ter ao menos um ponto de monitoramento situado no local de desabastecimento mais desfavorável, representativo de um conjunto de ligações em quantidade não inferior a qualquer das subdivisões compostas por pontos existentes.

## **RESULTADO – MODELO “A”**

A metodologia de monitoramento da continuidade do abastecimento de água, denominada Modelo “A”, pressupõe um nível de monitoramento e processamento de dados que permita pela identificação individualizada das ligações não abastecidas. Para este nível de monitoramento é necessária a utilização de ferramentas tecnológicas mais avançadas que permitam o processamento e correlação das informações levantadas em campo.

A setorização das áreas de abastecimento deverá ser confinada em uma única zona de pressão, e ter todas as entradas/saídas de água conhecidas, bem como suas vazões e pressões monitoradas através de medidores específicos, ou seja, deve constituir um DMC. Cada área de monitoramento deverá abranger no máximo 10.000 ligações. O Monitoramento da vazão e pressão deverá ser contínuo com registros dos dados em armazenadores de dados, sendo que as leituras feitas em intervalos de no máximo 15 minutos e capacidade de armazenamento de pelo menos 1 mês de leituras. Deverá possuir também, no mínimo, em cada setor um ponto interno de monitoramento de pressão, diferente dos pontos de entrada e saída.

A localização do(s) ponto(s) de monitoramento(s) deverá ser alvo de estudo técnico, que vise determinar o(s) ponto(s) de abastecimento mais desfavorável (eis) do setor de monitoramento. O monitoramento de ponto de pressão interna ao setor, neste modelo, tem o objetivo de aferir o modelo matemático hidráulico, portanto, não é necessário o seu monitoramento contínuo, somente nas campanhas de calibração do modelo. Recomenda-se, pelo menos 1 ponto de monitoramento para cada conjunto de 3.000 ligações para calibração do modelo.

O modelo matemático hidráulico da rede de distribuição de água, em tempo estendido, pode ser construído em EPANET ou software similar. Para a construção do modelo matemático hidráulico é necessário o cadastro técnico da rede de distribuição, o cadastro planialtimétrico da área de monitoramento e os dados de vazões e pressões nas entradas e saídas do setor e de pressão no ponto de abastecimento mais desfavorável, levantadas no monitoramento de campo.

Para a validação do modelo hidráulico matemático, deverão ser apresentados os relatórios de calibração dos pontos de monitoramento interno de pressão, em comparação com as pressões medidas, onde a variação entre elas poderá ser de no máximo 3 mca ou 10%, o que for maior.

O Cadastro comercial das ligações da água do setor deverá ser georreferenciado, em software GIS. Poderá ser utilizada solução similar, tendo como ambiente gráfico os programas de CAD, agregando um conjunto de rotinas que têm a finalidade de auxiliar e facilitar o processo de digitalização e criação de desenhos referentes à Semicadastros Urbanos, Redes de Distribuição de Água, Redes Coletoras de Esgoto e Cadastro de Clientes, inclusive exportando para o EPANET o modelo hidráulico. O carregamento dos nós é feito através dos dados dos volumes micromedidos disponíveis no Sistema Comercial. Alternativamente, as ligações de água poderão ser plotadas no modelo hidráulico calibrado na forma de nós de consumo.

O sistema de processamento de dados deve permitir calcular automaticamente o tempo total, em horas por mês, que cada ligação ficou desabastecida, considerando como desabastecimento, a pressão inferior a 1 mca. Este processamento será feito a partir dos dados de vazão e pressão medidos nas entradas e saídas do setor de monitoramento, por meio da aplicação dos dados medidos em campo ao modelo hidráulico calibrado em tempo estendido e à base de ligações de água georreferenciada.

Para este modelo de monitoramento da continuidade, o indicador de continuidade deverá ser apresentado de forma análoga ao outro modelo, entretanto, para o cálculo do dado DA32 – Duração total de horas de desabastecimento – o sistema de processamento de dados deverá calcular o somatório de horas de



desabastecimento de todas as ligações ativas do Setor de Monitoramento, não sendo necessária a extrapolação de dados.

## **AVALIAÇÃO DOS MODELOS**

Inicialmente, a intenção da Agência Reguladora era definir as diretrizes para estabelecer um modelo de monitoramento da continuidade, baseada em uma rede de monitoramento de vazão e pressão, em campo, aplicados a um modelo hidráulico calibrado, que permitisse identificar o período de desabastecimento em cada ligação, e a partir daí, obter o novo indicador de monitoramento (ARCE, 2013b).

Ainda durante a fase inicial do trabalho, começou a ficar claro que seriam encontradas enormes dificuldades para a implantação de modelo nesses moldes. Para a implantação deste modelo, que nada mais é que o Modelo “A”, seria necessário cumprir algumas premissas, tais como, cadastro técnico de rede confiável, cadastro comercial de ligações georreferenciado e configuração da rede de distribuição em Distritos de Medição e Controle. Foi realizado levantamento detalhado, no Prestador de Serviços, sobre o atendimento dessas premissas, e se concluiu que o cadastro comercial não é georreferenciado, o cadastro técnico possui deficiências de confiabilidade ou inexistente em muitas localidades e que a operação da rede em DMCs é prática ainda embrionária, restrita a poucas áreas, e somente em Fortaleza (ENOPS, 2013).

Estas dificuldades na obtenção de áreas que atendessem aos requisitos necessários para a implantação imediata do modelo “A”, associada aos elevados custos para a implantação das características necessárias, que não se justificam somente para o monitoramento da continuidade, levou-se a recomendar, a adoção de um modelo mais simples, porém, que permitisse sua implantação em um horizonte mais curto e com custos mais razoáveis, o modelo “B”.

A implantação do modelo “A” não foi abandonada, ela será estruturada pela Agência Reguladora dentro de uma política mais ampla de incentivo por meio de mecanismo tarifário, em médio e longo prazo, na medida em que o prestador realizar os investimentos na infraestrutura necessária, que trará benefícios cruzados de melhoria de eficiência operacional, redução de perdas e melhoria do grau de confiabilidade do monitoramento da continuidade.

A quantidade de pontos de monitoramento, necessários para a implantação de ambos os modelos foi quantificada, considerando-se as informações fornecidas pelo Prestador de Serviço, e são apresentadas de maneira resumida na Tabela 3.

**Tabela 3: Estimativa de Quantidade de Pontos de Monitoramento**

Unidade de Negócios	Sistemas De Distribuição	Pontos De Monitoramento o Modelo "B"	Áreas de Monitoramento Modelo "A"	Localidades	Ligações Ativas
UNBME	35	66	35	35	145.286
UNCAP	3	225	21	3	669.604
UNBAJ	21	28	15	21	53.040
UNBSA	33	66	25	33	147.973
UNBCL	33	63	40	33	141.366
UNBSI	23	33	36	23	71.553
UNBAC	35	39	11	35	72.319
UNBBA	14	21	40	14	47.191
UNBBJ	25	35	24	25	60.165
UNBPA	10	16	68	10	41.042
TOTAL	232	592	315	232	1.449.539

## CONCLUSÕES

Em relação à medição de vazão, destacamos o desempenho dos medidores eletromagnéticos, tipo carretel, cuja tecnologia atualmente é a mais usual em grandes empresas de saneamento, especialmente dado à precisão e confiabilidade da sua medição, a durabilidade e à operação simples e de baixo custo, associado à compatibilidade com equipamentos de telemetria, permitindo maior eficiência operacional da rede de monitoramento. Estes equipamentos, que anteriormente, apresentavam elevado custo de aquisição, mais recentemente, devido ao desenvolvimento da tecnologia e sua larga aplicação, tiveram seu custo reduzido, permitindo a ampliação de sua aplicação pelas prestadoras de serviço de abastecimento de água, com consequentes ganhos de precisão e confiabilidade, em relação ao uso de medidores woltmann e tubos pitots. A introdução de medidores eletromagnéticos, alimentados por bateria interna e longa duração, ocorrida nos últimos anos, proporcionou, ainda, a redução dos custos de instalação, operação e da ocorrência de falhas.

Os armazenadores de dados com telemetria GPRS apresentaram maior confiabilidade do que aqueles sem telemetria, além da maior praticidade e menor custo operacional, pelo fato de não ser necessária a mobilização de equipes a campo para realização de coleta de dados no local. Entretanto, apresentam custo mais elevado de implantação, o que não compromete seu uso para o monitoramento da continuidade de abastecimento na metodologia recomendada. Os armazenadores de dados, sem telemetria, testados apresentaram frequentes falhas no registro de dados, em razão de problemas com a durabilidade das baterias recarregáveis. As recentes evoluções tecnológicas acompanhadas da queda dos preços de equipamentos com telemetria sugerem ser essa a opção mais promissora para o futuro. O uso de armazenadores de dados alimentados por corrente alternada da rede pública, foi descartado, devido ao custo e dificuldade de implantação,

Para o lançamento das informações no software de modelação hidráulica, foi necessária a inserção de todas as informações obtidas em campo manualmente, pois o software utilizado não tinha interface com o cadastro digital do sistema. A falta de algumas informações também prejudicou a construção dos modelos, o que foi uma constante mesmo para as áreas piloto com DMC. O desempenho dos modelos de redes hidráulicas depende da precisão dos dados de entrada. Assim, o emprego de modelos de simulação de redes, por sua vez, requer que os parâmetros relevantes do ponto de vista hidráulico sejam identificados com vistas à reprodução (previsão) realística do comportamento do sistema, sob diferentes condições operacionais, o que ainda é um desafio dado à baixa qualidade do cadastro em geral observada no setor de saneamento no Brasil.

O modelo sem simulação hidráulica, testado em uma das quatro áreas piloto, foi classificado como medianamente confiável, com potencial de atingir até o grau “B” de confiança segundo os critérios estabelecidos originalmente pelo regulador inglês de água, em escala que vai do grau “D” (não confiáveis, baseados em relatos com ausência de medições diretas) a “A” (confiáveis, com dados baseados em medições e nas melhores práticas de monitoramento). Para atingir este grau de confiança, recomenda-se que as estações de monitoramento sejam localizadas em pontos críticos a cada conjunto de 5.000 ligações ativas de água, abastecidas por um mesmo reservatório, estação elevatória ou poço com injetamento direto na rede.

É possível se obter dados com o grau “A” de confiança por meio dos modelos de monitoramento com simulação hidráulica. Entretanto, os custos necessários para a construção de DMCs, instalação de rede de monitoramento e obtenção de indicadores de continuidade com uso de modelagem hidráulica computacional não se justificam se aplicados apenas para obtenção desses indicadores. Outrossim, a maior parte dessa estrutura coincide com aquela destinada à gestão e controle de perdas de água e eficiência energética do sistema de distribuição de água, com a necessidade de alguns desenvolvimentos adicionais, tais como o desenvolvimento de aplicações sobre os softwares de simulação hidráulica para se extrair diretamente os indicadores de continuidade dos sistemas computacionais. Dessa forma, a viabilidade da implantação do modelo de monitoramento com simulação hidráulica pode ser alcançada por meio de maior eficiência operacional e redução das perdas de água propiciada pelas informações do sistema de monitoramento.

O Modelo de Monitoramento da Continuidade do Abastecimento “B” mostrou-se mais apropriado para as pretensões da Agência Reguladora, pela sua singeleza de implantação, operação e assimilação do pessoal operacional. A implantação do Modelo A, pela sua complexidade e pelos altos investimentos necessários, deve ser tratada como uma estratégia de longo prazo, jamais abandonado, pois, apresenta benefícios superiores do ponto de vista de aumento da confiabilidade o indicador. Sua implantação deve ser colocada dentro de uma

política de incentivo tarifário, inserido dentro do programa de redução de perdas e aumento do controle operacional do prestador de serviços.

Indubitavelmente, os benefícios advindos aos consumidores pela implantação de metodologia mais precisa e confiável para o monitoramento da continuidade, superam os custos da implantação do modelo “B”. Os custos totais dos primeiros cinco anos, considerando implantação e operação, segundo levantamento realizado, impactam em menos de R\$ 0,22 por mês por ligação ativa, ou, cerca de R\$ 0,02 na tarifa média. Já os benefícios, são incalculáveis, pois, levarão o melhor direcionamento dos recursos investidos em perdas e melhoria do abastecimento, redução da contaminação de redes e o consequente risco sanitário, maior transparência entre ente regulatório, regulado e sociedade, entre outros.

Assim, podemos recomendar a elaboração de padrões técnicos e normativos de seguimento obrigatório à implantação de redes de monitoramento da continuidade, sem necessariamente o uso de modelagem hidráulica, permitindo a obtenção de dados comparáveis entre diferentes prestadores para a realização de benchmarking métrico com uso de indicadores de desempenho, além de instrumentos regulatórios de incentivo, associados às políticas de gestão de perdas de água, para a implantação de sistemas de monitoramento de melhor qualidade com a aplicação de modelagem hidráulica computacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. 1988. NBR 10.396: Medidores de Vazão de Flúídos. Rio de Janeiro : ABNT, 1988.
2. ABNT. 1994. NBR 12219: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro : ABNT, 1994.
3. ARCE – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará. Resolução 167/2013. Fortaleza: s.n., 2013.
4. ENOPS. Manual de Monitoramento da Continuidade, Fortaleza, Ceará: s.n., 2014.
5. ENOPS. Relatório de Avaliação do Impacto do Monitoramento da Continuidade, Fortaleza, Ceará : s.n., 2014.
6. ENOPS. Relatório de Testes de Campo. Fortaleza, Ceará : s.n., 2014.
7. IWA - International Water Association. DMA – District Metered Areas, Guidance Notes. Water Losses Task Force, Londres, 2007.
8. IWA - International Water Association. Manual of Best Practice - Performance Indicators for Water Supply Services. Londres : IWA, 2000.
9. ROSSMAN, L. Epanet 2.0 em Português – Manual do Utilizador. Tradução e Adaptação de Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Joao Pessoa, 2002.
10. TAIRA, N. M . Novas Tecnologias de equipamentos de monitoramento e controle de redes de abastecimento. São Paulo, IPT, 2003.
11. TARDELLI Filho, J., YOSHUMOTO, P. e SARZEDAS, G. 1999. PNCD - DTA1: Controle de Pressão. Brasília : Presidência de República, 1999.