

## 27º. Encontro Técnico AESABESP

### AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE DOSADOR HIDRÁULICO DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO EM ÁGUAS DE POÇO PROFUNDO

#### Allan Saddi Arnesen

Engenheiro do Departamento de Execução de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

#### Ana Lúcia Silva

Engenheira Química, Mestre em Eng. Civil pela Poli-USP e doutora em Saúde Pública pela FSP-USP. Gerente da Divisão de Controle Sanitário do Médio Tietê - RMOC em Sistema de Saneamento da Divisão de Controle Sanitário Centro – RMOC da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

#### Cleber Nogueira da Silva

Encarregado de Produção de Água – Divisional RMDB da Sabesp - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Costa Carvalho, 300, Prédio da Prefeitura – piso superior – Pinheiros – São Paulo – SP - CEP: 05429-900 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-9541 - Fax: +55 (11) 3388-8695 - e-mail: [aarnesen@sabesp.com.br](mailto:aarnesen@sabesp.com.br).

#### RESUMO

Em águas de poços profundos de boa qualidade, geralmente adota-se a dosagem de hipoclorito de sódio através de bombas dosadoras. Entretanto, esta solução apresenta limitações como: dificuldade da logística de abastecimento de hipoclorito (líquido), danificação das mangueiras e entrada de ar nestas unidades, dependência de energia elétrica e curta vida útil das bombas dosadoras. Estes aspectos comprometem a cloração adequada das águas de poços profundos. Uma solução alternativa para clorar as águas de poços profundos é a dosagem de ácido tricloroisocianúrico, em formato de tabletes, por meio de um dispositivo hidráulico. Este trabalho apresenta um teste de dosagem de ácido tricloroisocianúrico com um dosador hidráulico realizado em poço profundo de pequena vazão (3 m<sup>3</sup>/h) e boa qualidade da água. Os resultados demonstraram que o equipamento proporciona controle preciso da dosagem e boa estabilidade de concentração de cloro na água, tanto ao longo do tempo quanto em distância (ponta da rede). A avaliação econômica demonstrou que, para um tempo de alcance de 5 anos, a alternativa estudada (dosador hidráulico+ácido tricloroisocianúrico) é cerca de 60% mais econômica que a solução adotada na maioria dos poços (bomba dosadora+hipoclorito de sódio).

**PALAVRAS-CHAVE:** poço profundo, cloração de água de abastecimento e ácido tricloroisocianúrico.

#### INTRODUÇÃO

A desinfecção de água de abastecimento público pode ser realizada, basicamente, por métodos físicos ou químicos. O método mais difundido no mundo consiste na aplicação de agentes oxidantes químicos na água: os compostos de cloro.

Além de um amplo espectro de ação germicida, o cloro tem a característica de formar compostos que permanecem na água com potencial desinfetante ativo, possibilitando que a inativação de microrganismos, após a aplicação, ocorra ao longo das tubulações e reservatórios do sistema de abastecimento de água.

Os principais métodos de cloração utilizados em estações de tratamento de água (ETAs) consistem na aplicação de produtos químicos inorgânicos: gás cloro (Cl<sub>2</sub>), hipoclorito de sódio (NaOCl) e hipoclorito de cálcio (Ca(OCl)<sub>2</sub>).

A definição de qual composto químico deve ser utilizado na desinfecção de água de abastecimento, deve ser guiada pelo atendimento dos seguintes objetivos: a) atendimento aos padrões de potabilidade (Portaria MS nº 2914/2011); b) maior eficiência de desinfecção; c) menor custo global; d) segurança ocupacional aos

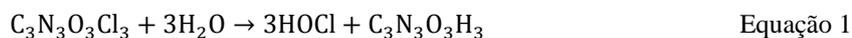
operadores responsáveis pelo tratamento; e) minimização da formação de subprodutos com possíveis efeitos deletérios à saúde humana (LIBÂNIO, 2005).

As ETAs de maior porte geralmente adotam cloro gás devido a sua vantagem econômica, enquanto que os sistemas de menor porte adotam o hipoclorito devido ao menor custo de transporte, maior facilidade de aplicação e menor risco à saúde dos trabalhadores e população vizinha aos sistemas (quando comparado ao Cl<sub>2</sub>). O hipoclorito de sódio é disponibilizado na forma líquida, sendo aplicado através de bombas dosadoras.

Contudo, em sistemas isolados de pequeno porte, como poços tubulares profundos, a logística de reposição do NaOCl é complicada, além de potenciais problemas que podem vir a ocorrer nas partes elétrica (rede pública de energia elétrica) e hidráulica (mangueiras e acessórios das bombas dosadoras, por desgaste ou por problemas pré-existentes).

Outro método de desinfecção é o processo de cloraminação. As cloraminas orgânicas são formadas a partir da amônia, do ácido hipocloroso e em função do pH. Geralmente, a cloraminação é adotada em situações nas quais já se tem assegurada a qualidade microbiológica da água e objetiva-se conferir o residual de cloro na rede, evitar o recrescimento e minimizar a formação de subprodutos. Com esta técnica, obtém-se uma maior estabilidade do cloro na rede de distribuição, uma vez que as cloraminas orgânicas implicam em uma liberação mais lenta do ácido hipocloroso do que os métodos de cloração inorgânica (MACÊDO & BARRA, 2002; LIBÂNIO, 2005).

O ácido tricloroisocianúrico (C<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>) é uma N-cloroamina orgânica, obtida a partir da reação de halogenação do ácido isocianúrico, e apresenta um alto teor de cloro disponível (matéria ativa) em torno de 90%. A reação química do ácido tricloroisocianúrico com água resulta na formação de três moléculas de ácido hipocloroso e uma de ácido isocianúrico, conforme apresentado na Equação 1.



A utilização do ácido tricloroisocianúrico foi aprovada nos Estados Unidos pela EPA (*Environmental Protection Agency*) em 2001 para água potável, sendo a dosagem máxima permitida de 30 mg/L. No Brasil, aparece relacionado na Norma técnica NBR 15784:2014 (“Produtos químicos utilizados no tratamento de água para consumo humano – Efeitos à saúde – Requisitos”) como um produto químico utilizado para desinfecção e oxidação no tratamento de água.

Sua aplicação ocorre na forma de tabletes e pode ser uma alternativa especialmente indicada para sistemas de desinfecção de pequena capacidade (MATTOS, 2004). O cloro disponível nesse produto químico encontra-se na forma de cloro combinado, o que dá a ele estabilidade na rede.

Em uma revisão bibliográfica sobre o assunto, Clasen & Edmondson (2005) concluem que a ação microbiológica dos derivados do ácido tricloro é efetiva, tal qual a aplicação de hipoclorito de sódio. Uma breve avaliação do custo leva-os a crer que os subsídios que os fabricantes de outros desinfetantes possuem acabam tornando o ácido tricloroisocianúrico pouco atrativo. Entretanto, os autores não levaram em conta alguns detalhes técnicos de implantação de cada um dos sistemas de aplicação, o que será trabalhado neste artigo. A forma de dosagem, o controle e aferição da concentração são essenciais para garantir não apenas a ação desinfetante na concentração mínima necessária, mas também para a otimização dos custos. Um dos motivos que levou este trabalho a ser viável foi justamente o surgimento no mercado de um equipamento que permitisse uma dosagem melhor ajustada.

Em geral, os dispositivos de dosagem são baseados na erosão de tabletes sólidos de ácido tricloroisocianúrico, o que resulta em uma dosagem de cloro livre na água, sem o uso de energia elétrica. Entretanto, uma das dificuldades destes sistemas dosadores é o controle preciso da dosagem pelas torres ou colunas de saturação (MATTOS, 2004).

Neste contexto, o presente trabalho foi motivado pela apresentação de um modelo que permitisse um melhor ajuste de dosagem, no caso o equipamento *GUTWASSER*, da Empresa *LICS SUPER ÁGUA*, e avaliou-se a técnica para cloração de água de um manancial subterrâneo (poço tubular profundo) no município de Botucatu.

## OBJETIVO

Avaliar um sistema dosador de ácido tricloroisocianúrico, em termos técnicos e econômicos, em sistemas de tratamento e distribuição de água, com vistas para a desinfecção de água de abastecimento de água de manancial subterrâneo.

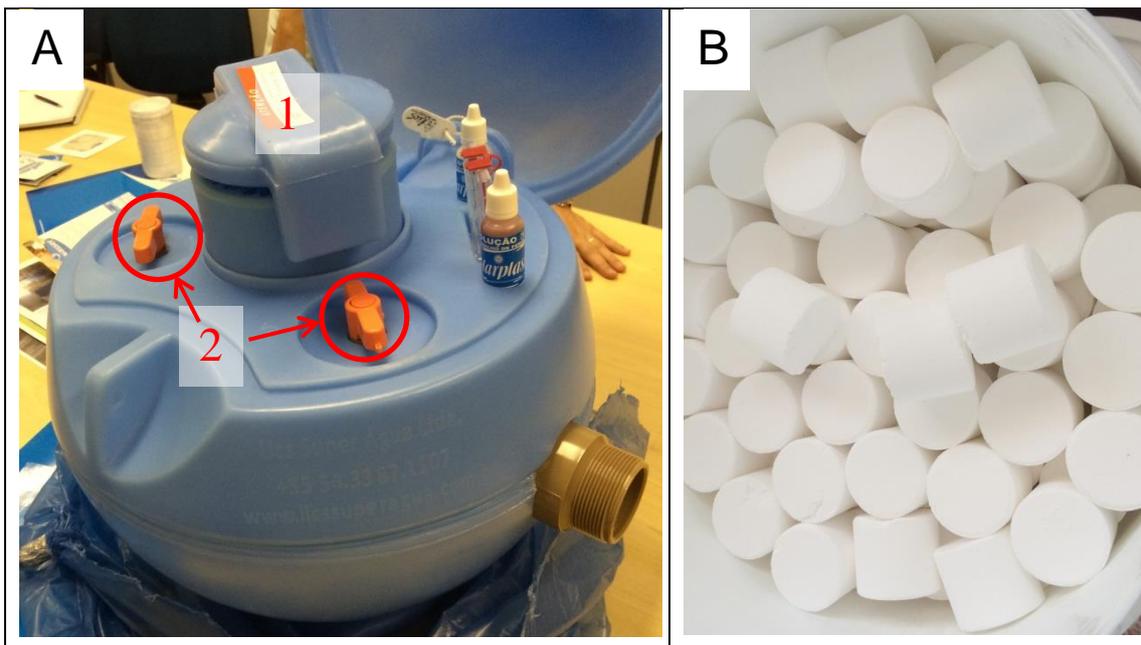
## MATERIAIS E MÉTODOS

O equipamento testado foi o sistema dosador hidráulico *GUTWASSER*, que consiste em um dispositivo confeccionado em polietileno e PVC, o qual dispensa a construção de abrigos para sua instalação, que não requer utilização de energia elétrica e tem operação simplificada (Figura 1).



**Figura 1: Sistema de dosagem hidráulica de cloro instalado.**

O *GUTWASSER* utiliza a ácido tricloroisocianúrico na forma de tabletes, sendo sua reposição realizada através da abertura de um compartimento na parte superior do *GUTWASSER* (Figura 2A - 1). Para a adição de novos tabletes, o técnico interrompe o fluxo que passa por este compartimento, por meio da manipulação das válvulas do equipamento (Figura 2A - 2).



**Figura 2: A) Dosador hidráulico (GUTWASSER) com destaque para o compartimento onde são inseridos os tabletes de ácido tricloroisocianúrico (1) e para as válvulas de isolamento deste compartimento (2); B) exemplo de tabletes de ácido tricloroisocianúrico utilizados no equipamento.**

O ajuste de dosagem é realizado por meio da manipulação de válvula específica (Figura 3). Esta válvula possui uma escala variável de 0 a 9 que controla a vazão de água que passa pelo compartimento contendo os tabletes, por meio de um mecanismo do tipo Venturi, erodindo os tabletes e liberando o ácido tricloroisocianúrico na água. Para cada ajuste da válvula é avaliada a concentração residual de cloro livre na água, no intuito de estabelecer qual o nível de abertura da válvula que deve ser mantido para conferir a dosagem desejada.



**Figura 3: Válvula que ajusta a dosagem de cloro aplicada pelo dosador hidráulico.**

A água subterrânea escolhida para o teste com o equipamento GUTWASSER foi do poço localizado no Bairro de César Neto, Distrito de Anhumas, em Botucatu. Este poço possui profundidade total de 100 metros, bomba instalada a 72 metros da superfície, vazão de 3 m<sup>3</sup>/h, com operação de 20h/dia, que atende a 130 ligações e uma indústria (população total de aproximadamente 500 habitantes) e água com qualidade que atende aos padrões de potabilidade da Portaria MS nº 2914/2011 (sem necessidade de tratamento convencional, somente adição de flúor, cloro e correção de pH).

A reservação de água de César Neto é composta por dois reservatórios instalados no mesmo ponto do Bairro, sendo um apoiado de fibra de 40 m<sup>3</sup> e outro apoiado de alvenaria de 50 m<sup>3</sup>, totalizando 90 m<sup>3</sup>.

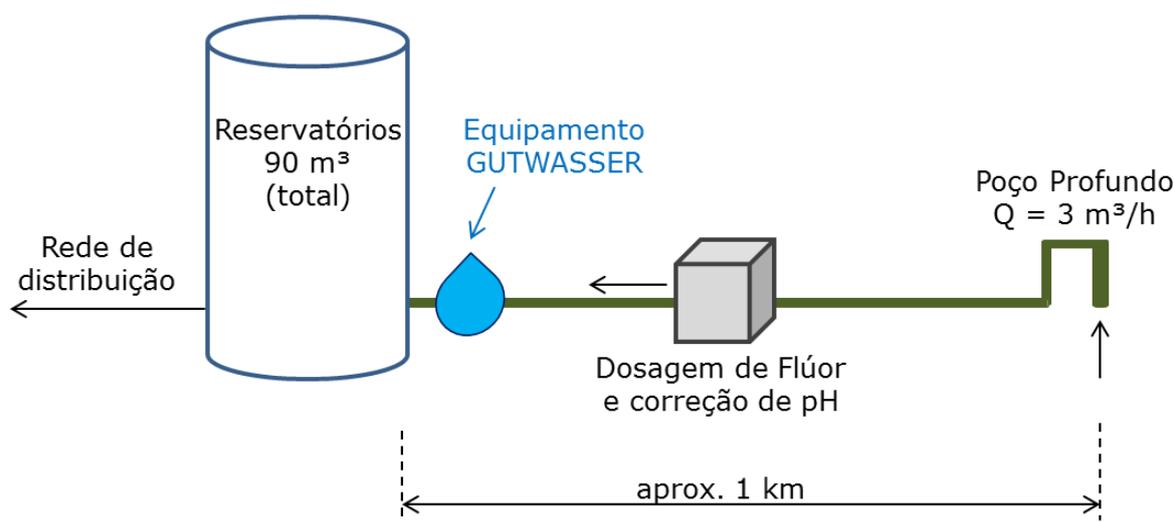
Entre o poço e os reservatórios que armazenam água para distribuição no Bairro (distância de aprox. 1 km), o sistema possuía uma estação de tratamento que foi desativada porque a água subterrânea tinha boa qualidade (Tabela 1). No local da antiga ETA, permaneceram apenas os equipamentos necessários para dosagem de flúor, correção de pH e cloro (reservatórios com os produtos, caixa de contenção, estrutura de alvenaria, estrutura elétrica, injetores e sistemas de dosagens). Anteriormente ao teste, a dosagem de hipoclorito realizada neste ponto era de 70 Kg/mês.

Parâmetro	*NH <sub>3</sub> (mg/L)	CT / 100mL	*Cor Aparente (uH)	*Nitrato (mgN/L)	pH	Turb. uT
2015	<0,27	Ausente em 75% das amostras	<4,53	<4,87	6,2	0,41

**Tabela 1: Resultados recentes de alguns parâmetros de qualidade da água bruta. \* Valores médios de 2015, sendo que nos casos dos parâmetros NH<sub>3</sub>, Cor Aparente e Nitrato, sendo que em muitos resultados os valores foram inferiores ao limite de detecção.**

Uma unidade do sistema de desinfecção GUTWASSER foi instalada na entrada da água ao reservatório, garantindo assim o residual de cloro no reservatório e rede de abastecimento. A dosagem de cloro pelas bombas dosadoras foi cancelada ao início do teste, mas a dosagem de Flúor e correção de pH permaneceram no mesmo local, conforme Figura 4.

A Figura 5 apresenta fotografias do equipamento GUTWASSER instalado junto ao Reservatório. Deve-se destacar que a instalação do equipamento é muito simples, utilizando tubos e conexões hidráulicas, sem a necessidade de construção de casa de química para o equipamento.



**Figura 4: Representação esquemática do sistema de abastecimento do Bairro César Neto, Distrito de Anhumas, Botucatu, com água de poço tubular profundo.**



**Figura 5. Fotografias do dosador hidráulico instalado junto aos reservatórios de armazenamento de água, Bairro César Neto, Distrito de Anhumas, Botucatu.**

O período do teste foi de 06/05/2015 a 13/07/2015 (68 dias), sendo aplicados no total 5 Kg de ácido tricloroisocianúrico na forma de tabletes. No decorrer do teste a válvula que regula a dosagem (escala de 0 a 9) foi variada de 2,5 a 1,5, conforme apresenta a Tabela 2.

Data	Ajuste da válvula de dosagem (escala de 0 a 9)
06/05/2015	2,5
13/05/2015	1,5
27/05/2015	2
04/07/2015	1,5

**Tabela 2: Ajustes realizados na válvula de dosagem do dosador hidráulico durante o período de teste.**

Ao longo do teste, foram realizadas análises de cloro residual na saída do Reservatório com frequência diária. Também foram verificadas as concentrações de cloro residual em outros nove pontos da rede de abastecimento de César Neto, mas em menor frequência (dados do Controle Sanitário - RMOC).

Após o entendimento do ponto em que a válvula opera conferindo dosagem satisfatória à água, para cada caso específico, a válvula de ajuste de dosagem deve ser mantida constante e apenas realizada a reposição de tabletes de ácido tricloroisocianúrico periodicamente. No caso do poço de César Neto, constatou-se que a válvula deve ficar na posição 1,5.

#### Avaliação Econômica

A avaliação econômica foi realizada comparando a solução testada (dosagem de ácido tricloroisocianúrico utilizando o dosador hidráulico) com a solução atual, mais difundida para cloração de água de poços (dosagem de hipoclorito de sódio utilizando bomba dosadora).

Para avaliar os custos de implantação (CAPEX) e de operação (OPEX) para o caso do Poço de César Neto das duas alternativas foram considerados os seguintes dados/informações:

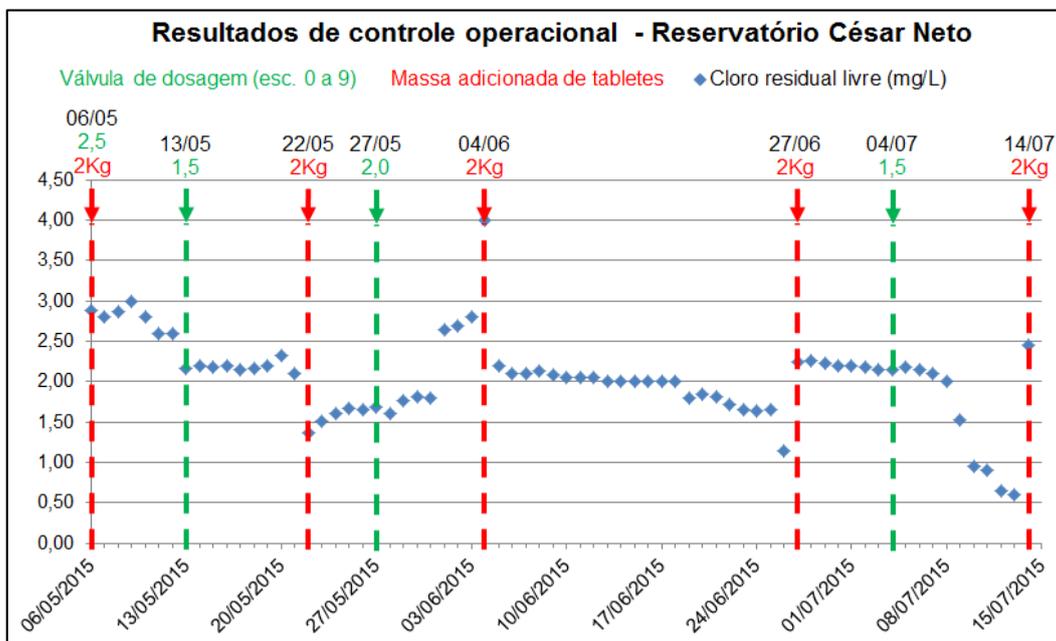
- Taxa de desconto de 8,06% ao ano;
- Tempo de alcance do projeto: 5 anos;

- Custos de investimento (CAPEX):
  - Vida útil dos equipamentos, sem valor residual:
    - 2 anos para a bomba dosadora;
    - 5 anos para o dosador hidráulico.
  - Supondo que não há necessidade de construção de estrutura civil para instalação dos equipamentos, ou seja, assumindo que já se tenha uma pequena casa de química utilizada para armazenamento dos equipamentos e produtos químicos. Deve-se ressaltar, entretanto, que o dosador hidráulico dispensa uma estrutura civil com dispositivos de segurança ocupacional, ligação elétrica e tanque para armazenamento de produto, itens essenciais para a dosagem de hipoclorito de sódio;
  - Preço dos equipamentos:
    - Dosador hidráulico (modelo *GUTWASSER*): **R\$ 3.890,00** (Dezembro/15);
    - Bomba dosadora, marca *EMEC*, modelo de 0 a 1,5 L/h (utilizado no Poço de César Neto): **R\$ 1.360,00** (Janeiro/2016).
- Custos de operação (OPEX):
  - Custo de visitas técnicas operacionais:
    - Na tabela de Insumos da Sabesp, planilha Mão de Obra (Salários), de Janeiro/2016, o preço da hora de um Técnico Nível Médio é de R\$13,37. Adicionando os encargos (80%), o preço da hora é de **R\$24,07/hora trabalhada**;
    - Em cada visita técnica o técnico gasta duas (2) horas de trabalho;
    - Bomba dosadora: devido aos constantes problemas nas bombas dosadoras e suas mangueiras, a frequência mínima para garantir que a operação adequada do sistema é de **3 (três) vezes por semana**. Contudo, deve-se destacar que em algumas situações esta frequência pode ser diária;
    - Dosador hidráulico: devido a sua operação simplificada, **1 (uma) visita por semana** é suficiente;
      - Cabe destacar, entretanto, que independente do sistema adotado são realizadas inspeções diárias pelas áreas de controle sanitário da Companhia visando assegurar a qualidade da água. As visitas técnicas mencionadas acima são destinadas exclusivamente para verificar a operação do sistema de tratamento.
  - Custo anual de manutenção de 2% do valor dos equipamentos;
  - Vazão do poço de César Neto de 3 m<sup>3</sup>/h constante ao longo de 20h (ou 21.900 m<sup>3</sup>/ano);
  - Preço dos produtos químicos das últimas compras da Sabesp:
    - **R\$ 18,00/Kg** para tabletes de ácido tricloroisocianúrico (Novembro/2015);
    - **R\$ 0,783/Kg** para hipoclorito de sódio líquido a granel (Setembro/2015).
  - Consumo dos produtos químicos:
    - No período de teste de 68 dias com o dosador hidráulico, foram utilizados 5 Kg dos tabletes de ácido tricloroisocianúrico, resultando no consumo de **1,02 g/m<sup>3</sup>**;
    - Com base no histórico do Poço, o consumo médio é de 70 Kg/mês de hipoclorito de sódio, resultando no consumo de **32,41 g/m<sup>3</sup>**;
  - Não foi considerado acréscimo de perda de carga promovido pelo dosador hidráulico na linha entre poço e reservatório; e

- Também não foi considerado o custo do consumo energético da bomba dosadora de hipoclorito de sódio.

## RESULTADOS

O principal resultado do teste para água do sistema de César Neto foram os dados de cloro residual livre na saída dos reservatórios. A média de concentração de cloro livre no período do estudo foi de 2,0 mg/L. Conforme se pode observar na Figura 8, manteve-se ao longo do teste concentração superior ao estabelecido na Portaria MS nº 2914/2011, de 0,5 mg/L, mas na maior parte do tempo (91%) permaneceu acima de 1,5 mg/L.



**Figura 8. Resultados de controle de cloro residual livre na saída do Reservatório de César Neto, com destaque para as datas quando foi ajustada a válvula de dosagem (em verde) e para as datas em que foram adicionadas massas de tabletas de ácido tricloroisocianúrico (em vermelho).**

Os testes demonstraram que o residual de cloro livre na saída dos reservatórios permaneceu estável por períodos entre 10 e 15 dias, e após este espaço de tempo há necessidade de reposição de tabletas de ácido tricloroisocianúrico no dosador hidráulico. Observou-se, por exemplo, uma redução intensa do residual de cloro após 12 dias da reposição de ácido tricloroisocianúrico realizada no dia 27/06/2015.

A exemplo do levantamento bibliográfico realizado por Clasen & Edmondson (2005), a respeito da efetividade de remoção de microbiológica, a integridade da rede de distribuição se manteve por todo o período. Nos resultados das análises de cloro residual na rede de abastecimento não foi observado decaimento acentuado no trajeto reservatórios-ponta da rede, mesmo para o ponto mais distante (a aprox. 5 km dos reservatórios).

Todos os nove pontos de controle sanitário da rede apresentaram valores acima de 0,5 mg/L (superior ao valor mínimo estabelecido pela Portaria MS nº 2914/2011, de 0,2 mg/L), e o resultado de todas as análises de coliformes totais foi AUSENTE.

### Avaliação Econômica

Por meio do método do valor presente e considerando as condições de aquisição, operação e manutenção dos equipamentos/insumos das alternativas avaliadas, para um tempo de alcance de 5 anos, a solução com o dosador hidráulico e ácido tricloroisocianúrico é aproximadamente 60% mais econômica que a adoção da técnica de dosagem de NaOCl com bomba dosadora (Tabela 3).

Esta diferença de valores ocorre, principalmente, devido à necessidade de frequentes visitas técnicas no caso dos sistemas de dosagem com bombas dosadoras, as quais apresentam corriqueiros problemas eletromecânicos e nas mangueiras (como acúmulo de ar e danificação, por exemplo). Já o dosador testado, como é um equipamento puramente hidráulico, não apresenta este tipo de problema, e uma visita por semana é suficiente. Embora o dosador hidráulico (modelo GUTWASSER) apresente um maior custo de investimento, sua vida útil (de 5 anos) é superior à das bombas dosadoras, outro fator que favorece a técnica avaliada.

É importante destacar também o menor custo operacional da tecnologia com ácido tricloroisocianúrico, decorrente do menor consumo do produto químico, que embora apresente maior valor por unidade de massa, implica em um menor custo por volume tratado.

Período	Custos de investimento (CAPEX)		Custos de operação (OPEX)						Valor presente		
	Bomba dosadora+ NaOCl	Dosador hidráulico+ Tricloro	Bomba dosadora+ NaOCl			Dosador hidráulico+Tricloro			Bomba dosadora + NaOCl	Dosador hidráulico+ Tricloro	
	Equipamento	Equipamento	Manutenção	Hipoclorito de sódio	Mão-de-obra	Manutenção	Ácido Tricloro	Mão-de-obra			
Ano 0	R\$ 1.360,00	R\$ 3.890,00	-	-	-	-	-	-	R\$ 1.360,00	R\$ 3.890,00	
Ano 1	-	-	R\$ 27,20	R\$ 555,76	R\$ 7.508,59	R\$ 77,80	R\$ 71,42	R\$ 2.502,86	R\$ 7.488,01	R\$ 2.454,27	
Ano 2	R\$ 1.360,00	-	R\$ 27,20	R\$ 555,76	R\$ 7.508,59	R\$ 77,80	R\$ 71,42	R\$ 2.502,86	R\$ 8.094,18	R\$ 2.271,21	
Ano 3	-	-	R\$ 27,20	R\$ 555,76	R\$ 7.508,59	R\$ 77,80	R\$ 71,42	R\$ 2.502,86	R\$ 6.412,64	R\$ 2.101,81	
Ano 4	R\$ 1.360,00	-	R\$ 27,20	R\$ 555,76	R\$ 7.508,59	R\$ 77,80	R\$ 71,42	R\$ 2.502,86	R\$ 6.931,75	R\$ 1.945,04	
Ano 5	-	-	R\$ 27,20	R\$ 555,76	R\$ 7.508,59	R\$ 77,80	R\$ 71,42	R\$ 2.502,86	R\$ 5.491,70	R\$ 1.799,96	
									<b>Total</b>	<b>R\$ 35.778,29</b>	<b>R\$ 14.462,28</b>

**Tabela 3. Avaliação econômica pelo método do valor presente das alternativas comparadas: dosador hidráulico com ácido tricloroisocianúrico e bomba dosadora com hipoclorito de.**

### CONCLUSÃO

A substituição de um sistema de cloração que dosa hipoclorito de sódio através de bombas dosadoras pela dosagem de ácido tricloroisocianúrico com equipamentos de funcionamento hidráulico proporciona uma série de vantagens: logística de reposição de produto químico mais simples; não requer a preparação de soluções de cloro (ou seja, sem soluções, eliminam-se variações de dosagem por erros de diluição e mistura); maior segurança ocupacional aos operadores devido à simplicidade de manipulação dos tabletes; menor espaço requerido para o armazenamento do desinfetante; e não necessita de instalações elétricas.

O equipamento GUTWASSER se propõe a realizar um controle preciso da dosagem aplicada de ácido tricloroisocianúrico na forma de tabletes, como diferencial em relação aos demais equipamentos de dosagem dos tabletes. Este aspecto foi confirmado nos testes realizados neste trabalho, sendo possível manter uma dosagem média de 2 mg/L no reservatório e sendo observada estabilidade do residual de cloro livre ao longo da rede, sempre atendendo ao limite mínimo estabelecido pela Portaria MS nº 2914/2011. Devido à estabilidade do produto, a dosagem aplicada pode ser ainda inferior ao valor constatado no trabalho (como 1,5 mg/L, por exemplo), possibilitando reduzir o consumo dos tabletes, com o atendimento dos limites da Portaria.

No caso do Poço de César Neto, não houve necessidade de mudança na frequência de visita de controle operacional, sendo observado que a reposição das pastilhas deve ser realizada entre 10 dias e 15 dias.

Ademais, o fato de não necessitar de energia elétrica para dosar cloro é vantajoso em relação às bombas dosadoras, pois evita períodos sem aplicação de cloro caso ocorra queda de energia onde o sistema está instalado.

Em termos econômicos, embora o dosador hidráulico avaliado tenha um maior custo de investimento (CAPEX), a solução de cloração (dosador hidráulico + ácido tricloroisocianúrico) é mais econômica (aproximadamente 60%), em um horizonte de 5 anos de operação, do que a atualmente empregada na maioria

dos poços profundos do Brasil. Este fato deve-se a menor frequência de visitas técnicas, à maior vida útil do equipamento e ao menor custo com a dosagem de produto químico (R\$/m<sup>3</sup> tratado).

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores desse trabalho agradecem à Empresa LICS SUPER ÁGUA, especialmente ao engenheiro Francisco Montenegro, por ceder os equipamentos para testes e pelo suporte na instalação dos equipamentos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. CLASEN, T.; EDMONDSON, P. Sodium dichloroisocyanurate (NaDCC) tablets as an alternative to sodium hypochlorite for the routine treatment of drinking water at the household level. *Int. J. Hyg. Environ.-Health* 209, 173–181. 2006.
2. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Editora Átomo, 2005.
3. MACÊDO, J.A.B.; BARRA, M.M. Derivados clorados de origem orgânica uma solução para o processo de desinfecção de água potável e desinfecção de indústrias. In: *SIBESA – Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002*. Vitória. Anais... Vitória: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2002.
4. MATTOS, A. A. Tratamento de água para abastecimento público com o uso de tabletes de ácido isocianúrico. 34<sup>a</sup> Assembléia Nacional da ASSAMAE – VIII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. 2004.