

25º. Encontro Técnico AESABESP
Norma para elaboração dos Trabalhos Técnicos

**MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM INTERVALOS REDUZIDOS
DE TEMPO POR MEIO DA TELEMETRIA PARA AVALIAÇÃO DA
INTERMITÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.**

Werner Siegfried Hanisch⁽¹⁾

Engenheiro Químico, professor da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), campus Diadema na área de Engenharia Química. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP). Experiência na medição de medição e transmissão de dados por telemetria.

Rosemara Augusto Pereira

Engenheira Civil, Diretora Técnica da Studio Monitora Engenharia e Serviços Ltda. MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), Mestranda em Recursos Hídricos e Energéticos pela Universidade de Campinas (Unicamp), Especialista com pós-graduação *latu-sensu* em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) e pós-graduação *latu-sensu* em Geoprocessamento pelo Instituto de Computação da Unicamp. Experiência na medição de vazão e na implantação de sistemas de monitoramento.

Ricardo Toshio Sampaio Sanoda

Engenheiro Civil, pós-graduação em Administração para Engenharia. Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento e Sócio da Studio Monitora Engenharia e Serviços Ltda. Experiência em desenvolvimento de sistemas de medição de vazão e transmissão de dados por telemetria.

Endereço⁽¹⁾: Rua São Nicolau, 210 – Centro – Diadema – SP - CEP: 09913-030 - Brasil - Tel: +55 (11) 3319-3572 - e-mail: **werner.hanisch@gmail.com**.

RESUMO

A leitura do consumo de água nos hidrômetros geralmente é realizada mensalmente. Com esse intervalo de leitura de fica difícil entender o comportamento diário dos consumidores. Para isso, o uso de um sistema automático de coleta, armazenamento e transmissão de dados permite reduzir o intervalo de leitura e dá a possibilidade de se entender esse comportamento. O objetivo desse trabalho foi utilizar esse sistema de coleta e transmissão de dados por telemetria para avaliar o comportamento de consumo de um edifício residencial com 12 apartamentos e 50 moradores sujeitos à intermitência diária na distribuição de água. O sistema coletou dados de consumo entre 28/11/2013 e 09/02/2013 em intervalos de 15 minutos. Os dados eram enviados via celular a um servidor web todo dia à meia noite. Por meio desses dados foi possível estabelecer o perfil médio de consumo com e sem intermitência. A diferença entre esses consumos foi de 657 L, mostrando que os consumidores utilizam mais água quando sujeitos à intermitência. Percebeu-se também que no período logo após o reestabelecimento do fornecimento de água o consumo foi de 1480 L, evidenciando que o edifício armazena água em quantidade para ser utilizada no período de corte.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de telemetria, intermitência, distribuição da água.

INTRODUÇÃO

A medição de vazão é essencial para a quantificação e cobrança de fluidos transportados, distribuídos e fornecidos a determinados tipos de consumidores. Por isso, as concessionárias de serviços públicos têm investido grande quantidade de recursos para a medição de vazão. Volumes mensais de água para abastecimento público são os maiores focos dessas concessionárias, por causa da complexidade dos sistemas de distribuição de água, mas não o único.

Medidores na captação de água, e ao longo do tratamento são essenciais para o controle da operação adequada de uma estação de tratamento de água. E ainda após o tratamento quantificam o total de água distribuído e pode-se a partir da soma do consumo micromedido estabelecer as perdas no sistema de distribuição.

As tecnologias disponíveis atualmente medem com bastante precisão as vazões em sistemas de distribuição e tratamento de água, quais sejam, as vazões em estações elevatórias de água bruta e tratada, estações de tratamento de água, redes de água de abastecimento e consumidores finais.

Dentre as tecnologias disponíveis para a medição de vazão de água, as mais comuns são os medidores volumétricos, os medidores deprimogênicos, eletromagnéticos, ultrassônicos e as turbinas. O hidrômetro é um medidor do tipo turbina. Seu mecanismo é acionado pela ação da velocidade da água sobre um órgão móvel, que pode ser uma turbina, uma roda de palhetas ou uma hélice. Esses hidrômetros são também chamados de hidrômetros de velocidade ou velocimétricos. Esse tipo de hidrômetro é convencionalmente usado no Brasil nas medições de água dos sistemas de abastecimento de água.

O monitoramento contínuo das vazões dos sistemas de distribuição de água é uma técnica eficiente para o controle das perdas. Tem sido utilizada largamente no Reino Unido, Alemanha e Estados Unidos. O uso de diferentes tecnologias de medição de vazão e a disseminação dos medidores eletromagnéticos e ultrassônicos a custos decrescentes, juntamente com o maior conhecimento das técnicas de armazenamento (dataloggers) e transmissão de dados por telemetria tem estimulado o uso do monitoramento contínuo (ALEGRE, COELHO e CÉU, 2005). O monitoramento contínuo tem se estabelecido como uma técnica para a determinação das vazões mínimas noturnas e com isso se determinar vazamentos na rede de distribuição. (ALKASSEH, ADLAN, *et al.*, 2013) mostram vários métodos para a determinação de perdas pelo monitoramento das vazões mínimas noturnas.

A utilização do monitoramento on-line tem aumentado rapidamente nos sistemas de abastecimento para a detecção de rompimentos e vazamentos. A evolução das tecnologias dos sensores, microprocessadores, telemetria, comunicação e softwares permite a avaliação da vazão e pressão nos sistemas de distribuição em tempo real, ou muito próximo dessa condição (MUTIKANGA, SHARMA e VAIRAVAMOORTHY, 2013).

Na implementação de um sistema de telemetria é necessário tomar algumas precauções para garantir a disponibilidade de alguns elementos essenciais, tais como, energia elétrica, linha de comunicação como rádio, telefonia fixa ou celular e espaço apropriado para a instrumentação (ALEGRE, COELHO e CÉU, 2005).

O uso de dados em intervalos reduzidos de tempo ajuda, além da detecção das perdas no sistema de distribuição, entender o comportamento dos consumidores, pois consegue-se analisar o consumo em qualquer intervalo de tempo, tais como períodos do dia, semana ou fim de semana, entre outros.

Visando a entender o comportamento de consumidores sujeitos a restrições no fornecimento de água, provocadas por intermitência na distribuição, um medidor do tipo turbina e classe C foi instalado em um edifício residencial com 12 apartamentos, 50 moradores e 2 funcionários. No caso desse trabalho, o sistema de telemetria escolhido atendeu todos os requisitos elencados por Alegre, Coelho e Céu (2005) e ainda havia disponibilidade de sinal de telefonia celular (GPRS) na área em questão.

Este estudo de transmissão de dados por meio de telemetria faz parte de um projeto piloto conduzido pela empresa Studio Monitora Ltda. Por questões de sigilo, o município onde o estudo foi conduzido precisou ser mantido em sigilo.

OBJETIVO

Estudar os efeitos da intermitência na distribuição de água em um condomínio residencial de 12 apartamentos com 50 moradores por meio da medição de vazão em intervalos reduzidos de tempo a partir de um sistema de telemetria de armazenamento e transmissão de dados.

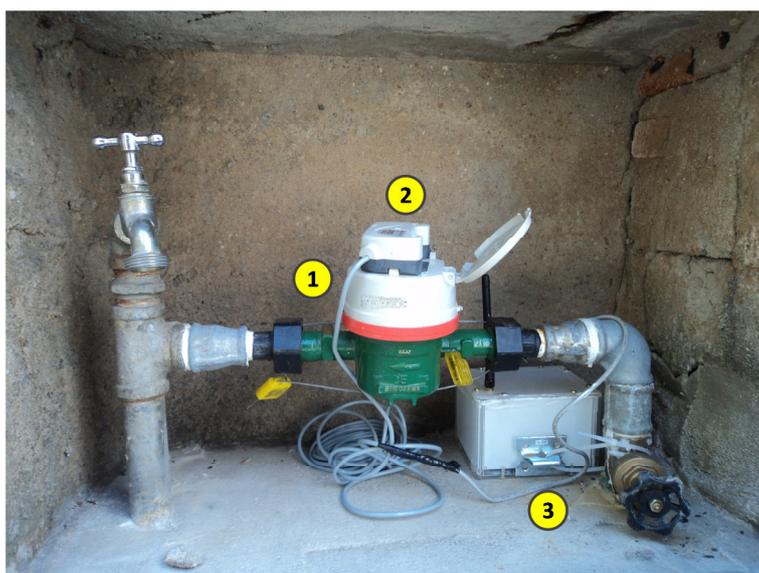
MATERIAIS E MÉTODOS

Foi instalado no cavalete de um edifício residencial (Figura 1) um hidrômetro classe C, modelo Flodis Cyble da marca Itron de fabricação nacional. Esse medidor é do tipo turbina monojato e foi escolhido pois tem a opção de acoplamento de medidor de pulsos. O medidor de pulsos instalado (Figura 1) também foi da marca Itron, modelo Cyble Sensor V2. Ele foi escolhido pois diminui a histerese causada na contagem dos pulsos pelas medições crescentes e decrescentes e foi configurado ($k = 1$) de tal forma que cada pulso contado corresponde a um volume totalizado de 10 L. O sistema de armazenamento e transmissão de dados foi concebido pela Studio Monitora Engenharia e Serviços Ltda. e também é mostrado na Figura 1. O sistema denominado Chronos conta com baterias de lítio para os sistemas de armazenamento e transmissão de dados, garantindo autonomia de até 5 anos de funcionamento. O Sistema Chronos foi configurado para registrar os dados de consumo de água a cada 15 minutos e os armazena em um datalogger interno com capacidade de 4 GB. Essa capacidade de armazenamento pode ser expandida, dependendo da quantidade de dados registrados. Em seguida, eles são transmitidos via telefonia celular por meio de sinal GPRS ao servidor da Studio Monitora em intervalos de 24 horas. No caso em estudo a transmissão ocorria toda meia noite (24:00 h). O banco de dados utilizado é o Windows® SQL Server e os dados podem ser acessados em uma página web.

O sistema Chronos de armazenamento e transmissão de dados foi instalado em um edifício residencial de três andares com 12 apartamentos. Há no edifício 50 moradores e dois funcionários que trabalham durante o dia.

Por preservação das partes envolvidas, foi acordado entre a concessionária e os pesquisadores que não seriam divulgadas informações que pudessem identificar a concessionária e o edifício onde o estudo foi realizado.

Figura 1: Instalação do hidrômetro e sistema de armazenamento e transmissão de dados.



(1) Hidrômetro; (2) gerador de pulsos; (3) sistema Chronos de armazenamento e transmissão de dados.

RESULTADOS

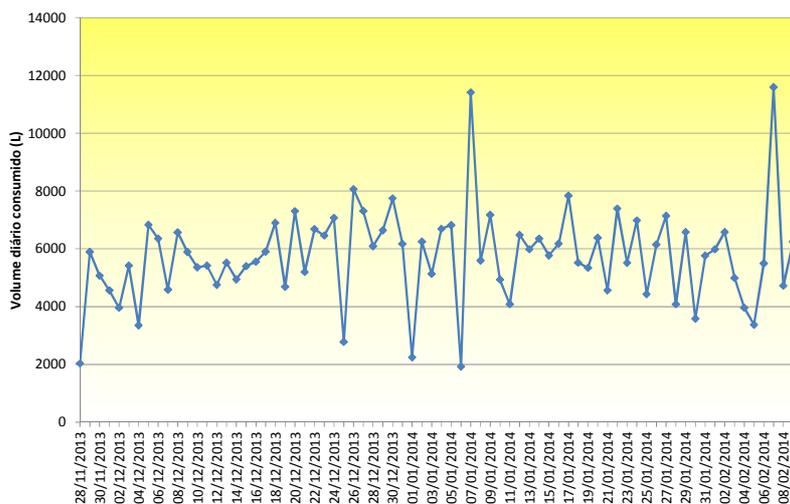
Os dados de consumo de água por meio de um medidor velocimétrico foram medidos em intervalos de 15 minutos. O sistema de telemetria foi instalado no dia 28/11/2013 e iniciou o armazenamento de dados às 17:15h com a primeira transmissão feita às 24:00h do mesmo dia. Os dados são armazenados no logger e transmitidos continuamente para o servidor web. A Tabela 1 apresenta o consumo médio diário no período entre 28/11/2013 e 09/02/2014. Por causa da grande quantidade de dados armazenados, essa tabela apresenta somente a média diária do consumo no edifício no período citado.

Tabela 1: Consumo médio diário na economia residencial no período de 28/11/2013 a 09/02/2014.

DATA	Volume consumido (L)	volume consumido (m³)	DATA	Volume consumido (L)	volume consumido (m³)	DATA	Volume consumido (L)	volume consumido (m³)	DATA	Volume consumido (L)	volume consumido (m³)
28/11/2013	2030	2,030	17/12/2013	5900	5,900	05/01/2014	6820	6,820	24/01/2014	6980	6,980
29/11/2013	5890	5,890	18/12/2013	6900	6,900	06/01/2014	1920	1,920	25/01/2014	4430	4,430
30/11/2013	5070	5,070	19/12/2013	4680	4,680	07/01/2014	11410	11,410	26/01/2014	6140	6,140
01/12/2013	4560	4,560	20/12/2013	7300	7,300	08/01/2014	5590	5,590	27/01/2014	7140	7,140
02/12/2013	3960	3,960	21/12/2013	5200	5,200	09/01/2014	7170	7,170	28/01/2014	4080	4,080
03/12/2013	5420	5,420	22/12/2013	6680	6,680	10/01/2014	4930	4,930	29/01/2014	6580	6,580
04/12/2013	3350	3,350	23/12/2013	6460	6,460	11/01/2014	4080	4,080	30/01/2014	3580	3,580
05/12/2013	6830	6,830	24/12/2013	7070	7,070	12/01/2014	6480	6,480	31/01/2014	5760	5,760
06/12/2013	6350	6,350	25/12/2013	2780	2,780	13/01/2014	5980	5,980	01/02/2014	5980	5,980
07/12/2013	4590	4,590	26/12/2013	8060	8,060	14/01/2014	6350	6,350	02/02/2014	6580	6,580
08/12/2013	6570	6,570	27/12/2013	7310	7,310	15/01/2014	5770	5,770	03/02/2014	4990	4,990
09/12/2013	5890	5,890	28/12/2013	6090	6,090	16/01/2014	6180	6,180	04/02/2014	3960	3,960
10/12/2013	5360	5,360	29/12/2013	6640	6,640	17/01/2014	7840	7,840	05/02/2014	3370	3,370
11/12/2013	5420	5,420	30/12/2013	7740	7,740	18/01/2014	5520	5,520	06/02/2014	5490	5,490
12/12/2013	4750	4,750	31/12/2013	6170	6,170	19/01/2014	5340	5,340	07/02/2014	11590	11,590
13/12/2013	5520	5,520	01/01/2014	2240	2,240	20/01/2014	6380	6,380	08/02/2014	4720	4,720
14/12/2013	4940	4,940	02/01/2014	6250	6,250	21/01/2014	4560	4,560	09/02/2014	6250	6,250
15/12/2013	5400	5,400	03/01/2014	5130	5,130	22/01/2014	7390	7,390			
16/12/2013	5550	5,550	04/01/2014	6690	6,690	23/01/2014	5510	5,510			

A Figura 2 apresenta os dados da Tabela 1.

Figura 2: Gráfico do consumo médio diário no período de 28/11/2013 a 09/02/2014.



A concessionária de distribuição de água no município onde o estudo foi realizado forneceu as informações do consumo mensal desse consumidor (Tabela 2) disponíveis no Sistema de Gestão de Cadastro Comercial de Consumidores. Nota-se pela Tabela 1 que somente nos meses de dezembro de 2013 e janeiro de 2014 tem-se o período de 30 dias completos medidos simultaneamente por meio da telemetria. Ressalta-se na Tabela 2 que o volume medido pela concessionária coincide em dezembro com o medido por meio da telemetria. Já em

janeiro de 2014 isso não ocorreu. Isso não quer dizer que há inconsistência de informações. No consumo medido por meio da telemetria o período é contabilizado das 00:00 do primeiro dia do mês até as 23:45 h do último dia. O intervalo de leitura realizado pelo funcionário leiturista da concessionária não obedece esse critério e pode ultrapassar o mês em exercício. A data de leitura é função da escala dos leituristas pelas rotas de hidrômetros nas zonas de medição.

Por consequência do volume de dados disponíveis, concentrou-se a análise nos dados de dezembro de 2014.

Tabela 2: Histórico de consumo mensal fornecido pela concessionária de água.

Período	Consumo (m ³)	Consumo medido por telemetria (m ³)	consumo/apartamento (m ³)	Consumo (L/hab.dia)
08/2013	166	-	13,8	107
09/2013	187	-	15,6	125
10/2013	160	-	13,3	103
11/2013	169	-	14,1	113
12/2013	179	179	14,9	115
01/2014	157	180	13,1	101
02/2014	212	-	17,7	151
Média			14,6	117

Os consumos diários apresentados (Tabela 1 e Figura 2) não mostram os efeitos da intermitência na distribuição de água no bairro onde se localiza o condomínio em estudo, contudo os gráficos das Figura 3, Figura 4 e Figura 5 mostram nitidamente que, com poucas exceções, houve interrupção no fornecimento de água em praticamente todos os dias no mês de dezembro de 2013. Nessa tabela mostra-se que o consumo médio por apartamento e por habitante/dia. No período de agosto de 2013 a fevereiro de 2014 o consumo médio foi de 117 L/habitante.dia, valor acima do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (110 L/habitante.dia) para atender as necessidades de consumo e higiene. No entanto, no Brasil, o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 litros/habitante.dia (Uso Racional da Água, s.d.).

Figura 3: Consumo em intervalo de 15 minutos no período de 01/12/2013 a 10/12/2013.

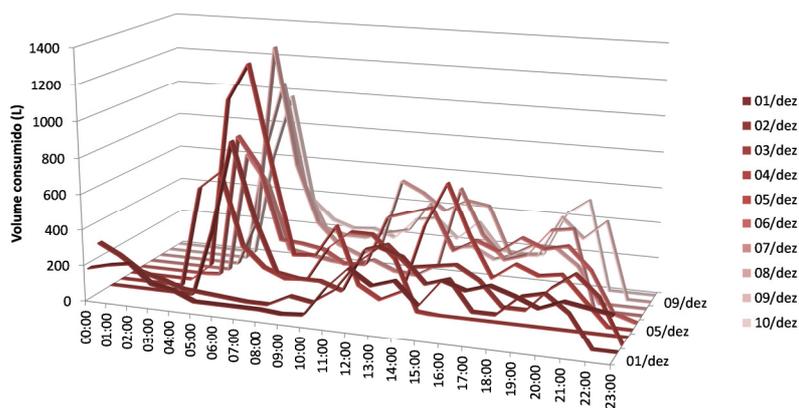


Figura 4: Consumo em intervalo de 15 minutos no período de 11/12/2013 a 20/12/2013.

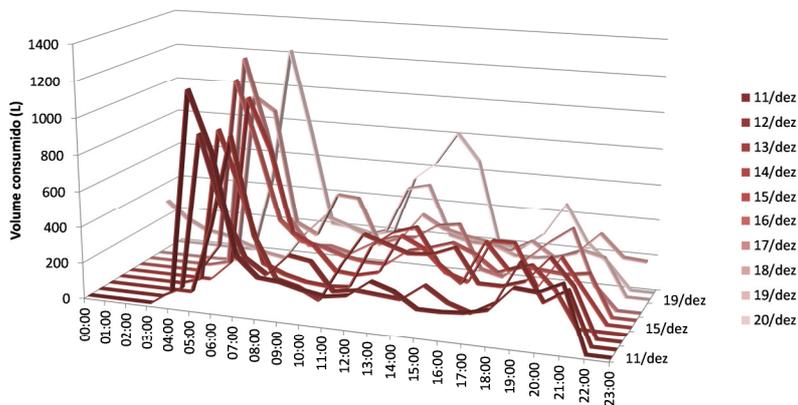
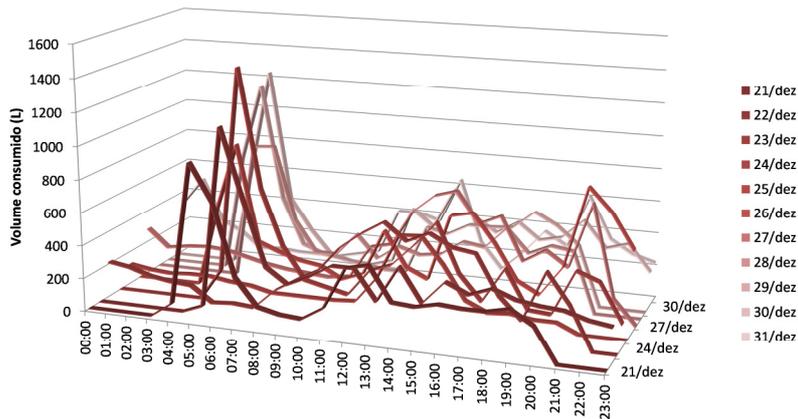


Figura 5: Consumo em intervalo de 15 minutos no período de 21/12/2013 a 31/12/2013.



A partir do banco de dados pôde-se estabelecer os horários de início e fim da interrupção na distribuição de água no bairro onde se localiza o edifício analisado (Tabela 3). Nota-se que nos dias 01, 02, 19, 23, 25, 27 e 31/12/2013 não houve interrupção ou a interrupção aconteceu somente no final da noite. Por isso, os dados nesses dias foram considerados sem intermitência na distribuição. Os horários de início e fim da interrupção no fornecimento de água não são exatos, pois os dados são medidos em intervalos de quinze minutos, assim, por exemplo, quando se mostra na Tabela 3 que o fim da intermitência foi as 04:45 h no dia 03/12 isso quer dizer que foi em algum horário entre as 04:30 e 04:45 h, pois a última leitura zerada foi as 04:30 h e a primeira leitura com valor numérico foi as 04:45 h.

Tabela 3: Período de intermitência entre 01/12/2013 e 31/12/2013.

Data	Intermitência		Data	Intermitência	
	Fim	Início		Fim	Início
01/12/2013	-	-	17/12/2013	04:30	21:30
02/12/2013	-	21:30	18/12/2013	04:30	-
03/12/2013	04:45	22:30	19/12/2013	-	21:45
04/12/2013	04:00	14:15	20/12/2013	05:00	21:45

Tabela 3: Período de intermitência entre 01/12/2013 e 31/12/2013.

Data	Intermitência		Data	Intermitência	
	Fim	Início		Fim	Início
05/12/2013	04:15	21:30	21/12/2013	04:15	21:00
06/12/2013	04:15	22:30	22/12/2013	05:30	-
07/12/2013	04:45	21:00	23/12/2013	-	21:30
08/12/2013	05:00	20:45	24/12/2013	05:15	-
09/12/2013	05:00	22:00	25/12/2013	-	21:00
10/12/2013	04:45	21:00	26/12/2013	04:00	-
11/12/2013	04:30	21:45	27/12/2013	-	22:15
12/12/2013	04:30	22:00	28/12/2013	05:00	20:45
13/12/2013	05:00	22:00	29/12/2013	04:00	21:00
14/12/2013	04:30	20:30	30/12/2013	04:00	-
15/12/2013	05:30	21:30	31/12/2013	-	-
16/12/2013	04:30	21:45			

Foram calculados os consumos médios horários nos dias 01, 02, 19, 23, 25, 27 e 31, chamados aqui de consumo médio sem intermitência. A média com os dados dos dias restantes foi chamada de consumo médio com intermitência. Esses dados são mostrados na Tabela 4 e na Figura 6.

Tabela 4: Consumos médios com e sem intermitência.

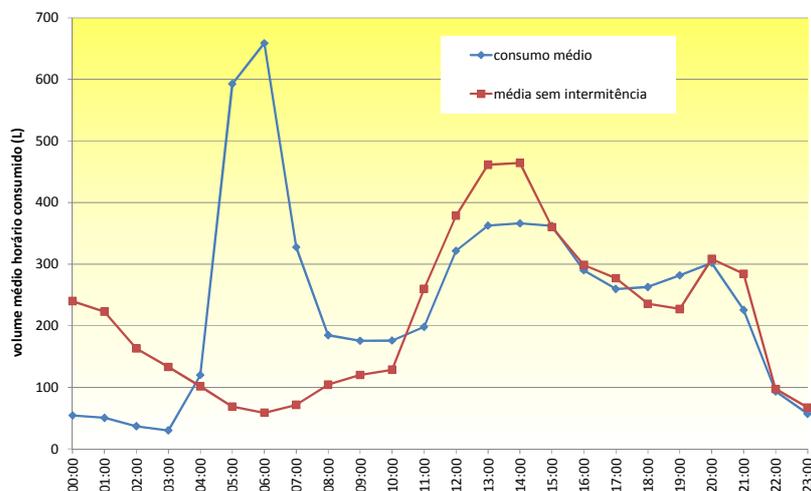
Horário	consumo médio com intermitência	Consumo médio sem intermitência	Horário	consumo médio com intermitência	Consumo médio sem intermitência
00:00	54	240	12:00	322	379
01:00	50	223	13:00	363	461
02:00	37	163	14:00	366	464
03:00	30	133	15:00	362	360
04:00	120	101	16:00	290	299
05:00	593	69	17:00	260	277
06:00	659	59	18:00	263	236
07:00	327	71	19:00	282	227
08:00	185	104	20:00	302	309
09:00	175	120	21:00	225	284
10:00	176	129	22:00	93	97
11:00	198	260	23:00	57	67
			Média	5788	5131
			Diferença		657

Percebe-se (Figura 6) que o consumo médio quando os consumidores foram sujeitos à intermitência foi maior que quando não sujeitos. Nota-se por esse perfil médio, mas isso também pode ser notado em todos os dias em que houve intermitência, que entre as 04:00 e 08:00 da manhã houve um aumento muito grande do consumo. O padrão típico de consumo de água de abastecimento é exatamente a outra curva da figura, ou seja, o consumo médio sem intermitência, no qual o pico de consumo se dá próximo ao horário do almoço. Na média, o consumo no período de intermitência foi 657 L maior que no período sem intermitência. Deve levar em conta também que a média no período sem intermitência levou em consideração os dias 25 e 31/12, datas festivas que em geral apresentam consumo elevado de água.

Se for realizada somente a diferença no consumo médio com intermitência e sem intermitência no período entre 04:00 h e 09:00 h, chega-se a uma diferença de 1480 L (1,48 m³). Isso mostra claramente que os

consumidores estão armazenando água em quantidade significativa para ser utilizada no período de interrupção no fornecimento e ainda, como possuem capacidade e estrutura de armazenamento, acabam consumindo maior quantidade de água do que quando não há a interrupção no fornecimento.

Figura 6: Perfis de consumo com intermitência e sem intermitência.



Como eventualmente pode haver a ocorrência de ar na rede de distribuição por causa das sucessivas interrupções e essa vazão pode ser contabilizada como água, no dia 11/03/2013 foi instalado no prédio em estudo um medidor ultrassônico para minimizar a influência da eventual medição de vazão de ar na rede após a retomada do fornecimento. Para isso, há ainda a necessidade de uma maior quantidade de dados para se realizar qualquer análise.

CONCLUSÕES

Por causa da capacidade de armazenamento de água, os consumidores residenciais apresentam comportamento de consumo diferente quando submetidos à intermitência, apresentando consumo médio maior em dezembro de 2013 de 657 L que nos dias nesse mesmo mês com fornecimento contínuo.

No período imediatamente em seguida ao reestabelecimento do fornecimento de água (04:00 as 08:00 h), o consumo do edifício foi de 1480 L, indicando que provavelmente esse alto consumo foi para enchimento das caixas d'águas.

Os consumidores residenciais não diminuem o consumo de água por causa da interrupção periódica do fornecimento de água, apenas se adaptam a essa situação. É necessário investir em conscientização para que efetivamente haja uma mudança de comportamento dos consumidores sobre a importância do uso racional da água.

Deve haver uma modificação da forma de gestão do sistema de produção e distribuição de água, uma vez que o corte programado no fornecimento não faz com que os consumidores diminuam a quantidade de água utilizada, apenas modifiquem a forma de contornar o problema.

RECOMENDAÇÕES

- Verificação dos perfis de consumo por meio da comparação da medição vazão em intervalos reduzidos de tempo pelos medidores de turbina e ultrassônico a fim da verificação dos efeitos da medição da vazão de ar logo após o reestabelecimento da distribuição da água;
- Avaliar o perfil de consumo no mesmo município de consumidores que não estão sujeitos à intermitência na distribuição de água;

- Avaliar o perfil de consumo em outros meses para a verificação desse comportamento de consumo em uma amostra de tempo maior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; CÉU, M. D. **Controle de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Instituto da Água; Instituto Regulador de Águas e Resíduos. [S.l.]. 2005.
2. ALKASSEH, J. M. A. et al. Applying minimum night flow to estimate water loss using statistical modeling: a case study in Kinta Valley, Malaysia. **Water Resource Management**, n. 27, p. 1439 - 1455, 2013.
3. BEAL, C. D.; STEWART, R. A.; FIELDING, K. A novel mixed method smart metering approach to reconciling differences between perceived and actual residential end use water consumption. **Journal of Cleaner Production**, n. 60, p. 116 - 128, 2013.
4. BORGHI, A. D. et al. Water supply and sustainability: life cycle assessment of water collection, treatment and distribution service. **International Journal of Life Cycle Assess**, n. 18, p. 1158 - 1168, 2013.
5. KUMPEL, E.; NELSON, K. L. Comparing microbial water quality in an intermittent and continuous piped water supply. **Water Research**, n. 47, p. 5176 - 5188, 2013.
6. LOUREIRO, D.; ÁLVARES, A.; COELHO, S. T. **Aplicação de sistemas de telemetria domiciliária em sistemas de distribuição de água**. I Conferência INSSAA – Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água. Barcelos: [s.n.]. 2007.
7. MEDEIROS, N. et al. **Concepção, instalação e exploração de sistemas de telemetria domiciliária para apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água**. I Conferência INSSAA – Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água. Barcelos: [s.n.]. 2007.
8. MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K. Methods and tools for managing losses in water distribution systems. **Journal of Water Resources Planning and Management**, n. 139, p. 166 - 174, 2013.
9. SOLTANJALILI, M.-J.; HADDAD, O. B.; MARIÑO, M. A. Operating water distribution networks during water shortage conditions using hedging an intermittent water supply concepts. **Journal of Water Resources Planning and Management**, n. 139, p. 644 - 659, 2013.
10. USO Racional da Água. **Sabesp**, s.d. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 14 mar. 2014.