XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Avaliação do impacto do uso de chuveiros de vazão restrita no desempenho dos sistemas prediais de água quente

Evaluation of the impact of the use of low flow shower heads in the performance of hot water systems

YAMADA, Marco Antonio Furtado[1]
OLIVEIRA, Lúcia Helena[2]
[1] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, marco.yamada@usp.br
[2] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, lucia.helena@usp.br

RESUMO

A busca pelo aumento da eficiência do uso de energia e água traz novos desafios. O emprego de tecnologias e medidas que permitem a redução do consumo de água e energia necessitam de uma abordagem sistêmica, em que diversos aspectos relativos ao desempenho do sistema de água quente sejam avaliados para verificar os possíveis riscos e benefícios da solução a ser adotada. Esse artigo busca avaliar os impactos do uso de chuveiros de vazão restrita em sistemas prediais de água quente na mistura da água fria e quente. A pesquisa foi feita por meio do desenvolvimento de um referencial teórico aplicado à situação e por um estudo de caso, realizado em um hotel na cidade de São Paulo. Os resultados apontam que o emprego de chuveiros de vazão restrita e de sistemas de água quente que operam com a temperatura da água mais elevada tendem a dificultar a mistura de água, criando oscilações mais sensíveis na temperatura durante o uso, o que traz desconforto aos usuários. Em casos particulares, cria-se um risco elevado de escaldamento. Dessa forma, recomenda-se cautela na adoção de chuveiros de vazão restrita, especialmente em sistemas de água quente que empregam temperaturas mais elevadas.

Palavras-chave: Sistemas prediais de água quente, Uso eficiente da água, Vazão restrita, Eficiência energética, Escaldamento.

ABSTRACT

The search for efficiency in energy and water use brings new challenges. The technology employed and the measures taken to allow for the reduction of water and energy usage require a systemic approach, where many aspects related to the systems' performance must be evaluated to verify the risks and benefits of the solution that will be adopted. This paper aims to evaluate the impacts of the usage of low flow showerheads in the hot water mixture process of hot water systems. The research comprises the development of the applicable theoretical reference and a case study done in a hotel in the city of São Paulo. The results show that the usage of low flow shower heads in hot water systems that employ higher hot water temperatures tend to difficult the water mixing process, creating more perceivable temperature fluctuations on the mixed water temperature that causes discomfort to the users. In particular, cases, the conditions create a risk of scalding. Hence, caution is recommended when using low flow showerheads, mainly on systems that employ higher hot water temperature.

Keywords: *Plumbing systems, Water efficiency, Low flow, Energy efficiency, Scalding.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Eletrobras (2007), a principal fonte de energia para aquecimento de água em residências é a eletricidade, com a participação de, aproximadamente, 73% das fontes energéticas para aquecimento de água para banho. Nesta parcela, esse aquecimento é feito quase em sua totalidade por chuveiros elétricos. A energia demandada por chuveiros elétricos representa cerca de 6% da demanda nacional de eletricidade (ELETROBRAS, 2007) e devido à alta potência energética necessária para o seu funcionamento, os chuveiros elétricos contribuem com 46% da demanda de pico e 30% da demanda no período de ponta (TOMÉ, 2014).

Dentre as diversas maneiras de reduzir esta demanda, existe a possibilidade da utilização de sistemas de aquecimento de água que necessitem de pouca ou nenhuma energia elétrica. Porém, na maioria das vezes, a utilização dessa fonte de energia implica na inserção de um sistema de água quente, que traz consigo aspectos de saúde, segurança e desempenho que necessitam ser abordados, como a proliferação de bactérias do tipo *Legionella* no sistema, a possibilidade de escaldamento e o conforto provido ao usuário.

Uma das maneiras mais eficazes de evitar a formação de colônias de *Legionella* nos sistemas prediais de água quente é o aumento da temperatura da água quente para, no mínimo, 55ºC (FREIJE, 1996).

Existem diversas variáveis que também contribuem para a proliferação desse tipo de bactéria no sistema, como a presença de trechos do sistema com pouco ou nenhum uso, a formação de biofilme na tubulação, materiais dos componentes do sistema predial e as características físico-químicas da água, entre outros. Existem diversas medidas que auxiliam a mitigar os riscos, como a desinfecção térmica ou química, realizada de maneira periódica e sistemática.

Ao mesmo tempo em que o aumento da temperatura da água quente para valores mais elevados evita ou reduz a taxa de reprodução da *Legionella*, este aumento pode trazer um maior risco de escaldamento do usuário.

Além disso, a busca pela melhoria da eficiência, tanto no consumo de água quanto de energia, traz consigo a possibilidade de uso de aparelhos sanitários com menor vazão de água. Em edificações residenciais e hoteleiras os chuveiros são pontos críticos de consumo, tanto de água quanto energia, fazendo com que a redução da vazão deste componente seja essencial para obtenção de resultados ótimos.

Essa redução de vazão deve ser feita com cautela, uma vez que ela pode ter impactos significativos no sistema, reduzindo o conforto dos usuários por meio de oscilações de temperatura durante o banho, bem como alterando o desempenho do sistema predial de água fria e quente.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o impacto do uso de chuveiros de vazão restrita no desempenho dos sistemas prediais de água quente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O escaldamento do usuário durante o uso da água ocorre devido a um aumento brusco na temperatura da água misturada, que é dada pela proporção entre as vazões de água fria e quente que alimentam o misturador bem como as suas respectivas temperaturas, conforme expresso na Equação 1.

$$T_m = \frac{Q_q.T_q + Q_f.T_f}{Q_q + Q_f} \quad \text{Eq. 1}$$

sendo:
T_m, a temperatura da água misturada;
Q_q, a vazão de água quente;
T_q, a temperatura da água quente;
Q_f, a vazão de água fria;
T_f, a temperatura da água fria.

Uma vez as vazões de água fria e quente estão diretamente relacionadas a pressão dinâmica dos sistemas, caso haja uma oscilação desigual nessas pressões, a temperatura da água misturada varia proporcionalmente.

Desse modo pode-se expressar essa relação conforme a Equação 2, em que se adiciona uma parcela a cada vazão de alimentação do misturador, que pode ser positiva ou negativa dependendo da natureza da oscilação.

$$T_m = \frac{(Q_q + \Delta Q_q).T_q + (Q_f + \Delta Q_f).T_f}{(Q_q + \Delta Q_q) + (Q_f + \Delta Q_f)} \quad \text{Eq. 2}$$

sendo:
T_m, a temperatura da água misturada;
Q_q, a vazão de água quente;
ΔQ_q, a oscilação da vazão de água quente;
T_q, a temperatura da água quente;
Q_f, a vazão de água fria;
ΔQ_f, a oscilação da vazão de água fria;
T_f, a temperatura da água fria.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

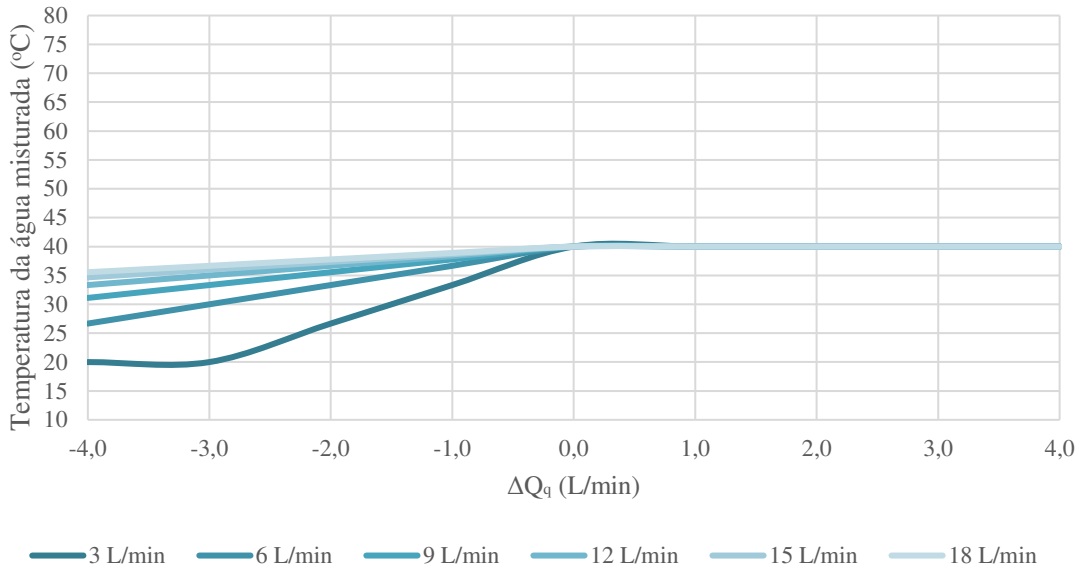
A pesquisa foi desenvolvida por meio das seguintes etapas, descritas a seguir.

4.1 Análise da influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada

Com o emprego da Equação 2, é possível montar os gráficos apresentados nas Figuras 1, 2 e 3, em que se observa a influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada em função da vazão do ponto e da temperatura da água quente para diversas vazões do ponto de uso.

A análise foi realizada para as temperaturas de água quente de 40ºC, 55ºC e 70ºC. Na Figura 1 estão apresentadas curvas para vazões de 3 L/min, 6 L/min, 9 L/min, 12 L/min, 15 L/min e 18 L/min e temperatura da água misturada de 40ºC.

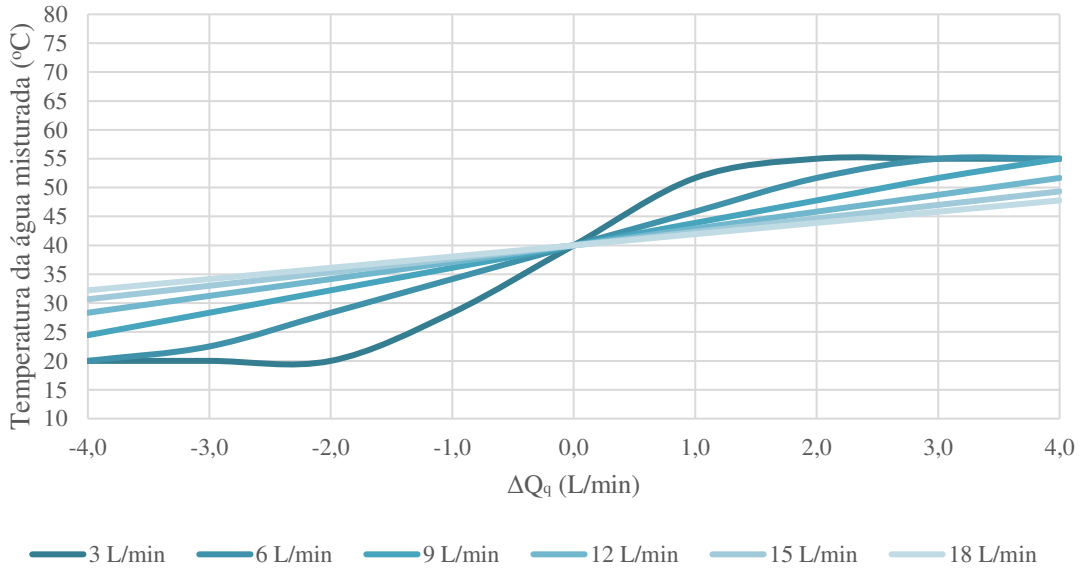
FIGURA 1 – Influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada (T_q = 40ºC)



Fonte: Autor

Na Figura 2 estão apresentadas curvas para vazões de 3 L/min, 6 L/min, 9 L/min, 12 L/min, 15 L/min e 18 L/min e temperatura da água misturada de 55ºC.

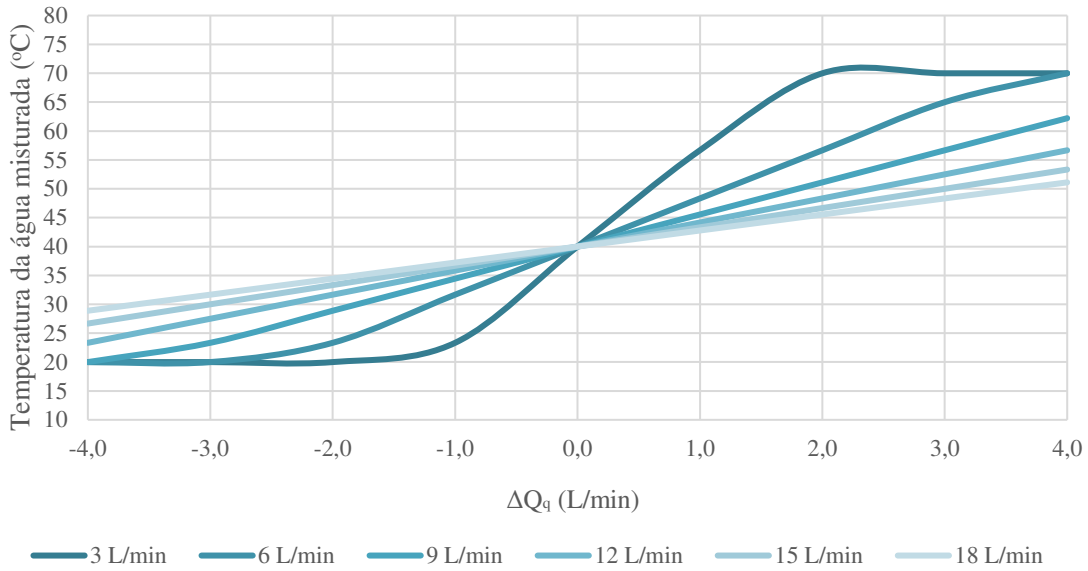
FIGURA 2 – Influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada (T_q = 55ºC)



Fonte: Autor

Na Figura 3 estão apresentadas curvas para vazões de 3 L/min, 6 L/min, 9 L/min, 12 L/min, 15 L/min e 18 L/min e temperatura da água misturada de 70ºC.

FIGURA 3 – Influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada (T_q = 70ºC)



Fonte: Autor

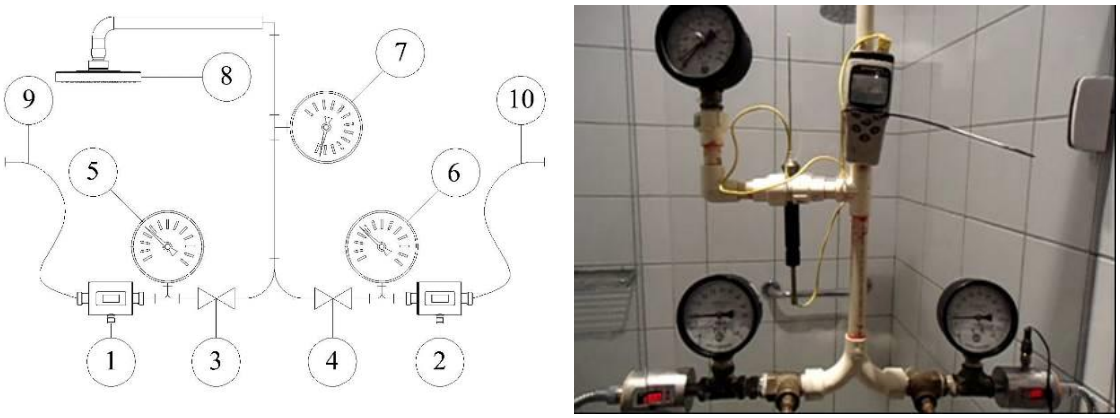
Por meio das Figuras 1, 2 e 3, pode-se observar que as oscilações são mais significantes em pontos de uso com valores reduzidos de vazão, cujo sistema opera com temperatura mais alta.

4.2 Avaliação das oscilações de temperatura de sistema

A avaliação das oscilações de temperatura de sistema foi realizada por meio da medição das vazões e das temperaturas dos sub-ramais de água fria e quente.

Esta avaliação foi feita em um hotel, localizado na cidade de São Paulo, que apresentou reclamações de seus hóspedes após a instalação de chuveiros de vazão restrita de 6 L/min. Para medir as oscilações nos sistemas, a bancada ilustrada na Figura 4 foi montada com os componentes de medição especificados na Tabela 1.

FIGURA 4 – Bancada para teste de campo



Fonte: Autor

TABELA 1 - Lista de equipamentos utilizados na bancada de teste

#	Componente
1 e 2	Medidor de vazão eletromagnético
3 e 4	Registro de pressão
5, 6 e 7	Manômetros
7	Chuveiro com vazão restrita
9 e 10	Ligação Flexível

Fonte: Autor

A oscilação da pressão dinâmica do sistema foi causada por meio da abertura e do fechamento de um ponto de chuveiro a montante do ponto avaliado, localizado três andares acima dele e ligado nas mesmas colunas de distribuição de água fria e quente. A vazão máxima do ponto era de aproximadamente 14 L/min dentro das condições descritas na Tabela 2.

TABELA 2 – Condições iniciais do sistema

		Pressão Estática (kPa)	**Temperatura (°C)**	
			Máxima	**Mínima**
Ponto de uso a montante	Água fria	190,00	21,00	19,00
	Água quente	200,00	55,00	42,00
Ponto de uso avaliado	Água fria	100,00	21,00	19,00
	Água quente	90,00	55,00	40,00

Fonte: Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados

Após as medições realizadas foram obtidos os resultados apresentados abaixo. Durante o estudo, o processo de abertura e fechamento dos pontos foram feitas diversas vezes, gerando resultados similares em cada medição. A Tabela 3 apresenta os valores críticos obtidos durante a abertura do ponto a montante, responsável pela geração da oscilação da pressão dinâmica.

TABELA 3 – Resultados dos testes durante a abertura do ponto a montante

Tempo (s)	**0**	**0,25**	**0,5**	**0,75**	**1,0**	**1,25**	**1,5**	**1,75**	**2,0**	**2,25**	**2,5**
Vazão de água quente (L/min)	2,57	2,57	2,72	2,57	2,67	2,57	2,62	2,57	2,57	2,57	2,57
Pressão dinâmica no ponto de uso (kPa)	75	75	90	75	80	75	80	75	75	70	75

Fonte: Autor

De maneira análoga ao descrito anteriormente, o resultado crítico obtido com o fechamento do ponto gerador de oscilações está disposto na Tabela 4.

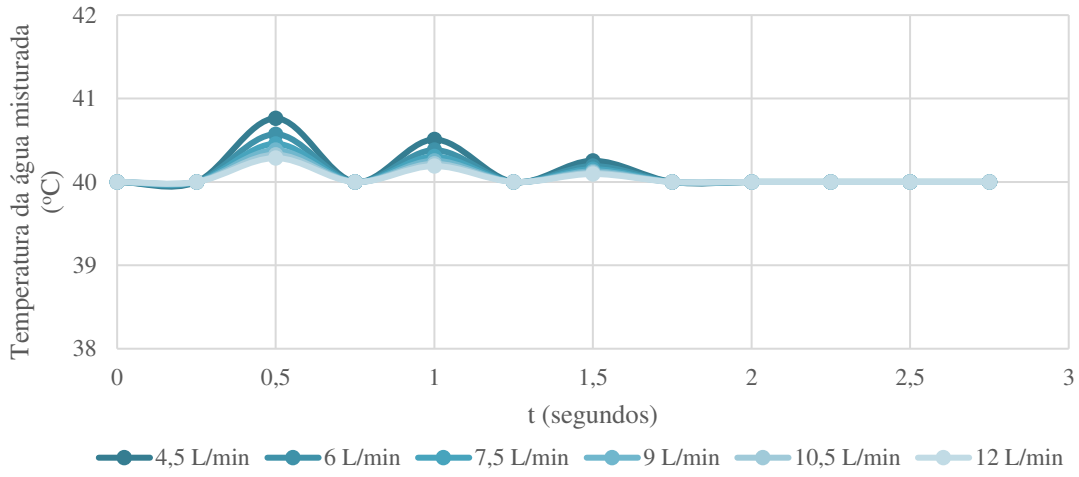
TABELA 4 – Resultados dos testes durante o fechamento do ponto a montante

Tempo (s)	**0**	**0,25**	**0,5**	**0,75**	**1,0**	**1,25**	**1,5**	**1,75**	**2,0**	**2,25**	**2,5**	**2,75**
Vazão de água quente (L/min)	2,57	2,57	2,77	2,32	2,72	2,37	2,67	2,47	2,57	2,52	2,57	2,57
Pressão dinâmica no ponto de uso (kPa)	75	75	95	45	90	55	85	65	75	70	75	75

Fonte: Autor

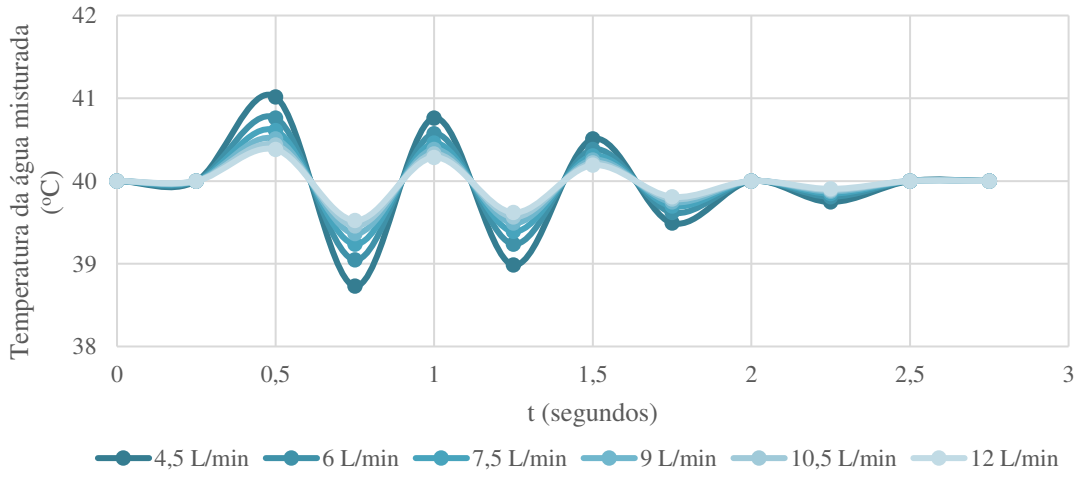
Aplicando os valores das oscilações presentes nas Tabelas 3 e 4 na Equação 2, é possível montar o gráfico ilustrado nas Figuras 5 e 6. Para verificar a influência da redução de vazão dos pontos, os mesmos valores de oscilação foram aplicados considerando vazões de chuveiros de 4, 5, 6, 7,5, 9,0 e 12 L/min.

FIGURA 5 - Oscilações de temperatura em função das oscilações de vazão devido a abertura de ponto de uso



Fonte: Autor

FIGURA 6 - Oscilações de temperatura em função das oscilações de vazão devido ao fechamento de ponto de uso a montante



Fonte: Autor

É possível verificar, por meio das Figuras 4 e 5, que as oscilações da pressão dinâmica do sistema, causadas pela abertura e pelo fechamento de outros pontos de uso, influenciam diretamente na vazão dos pontos em uso. Observa-se também que a influência destas oscilações na temperatura da água misturada tende a ser maior nos pontos com vazão baixa.

5.2 Discussões

Ressalta-se que durante o teste apenas um ponto de uso foi acionado e, no caso da abertura ou fechamento de mais pontos de uso, as oscilações tendem a apresentar maior intensidade, alterando a temperatura da água misturada de maneira mais significativa. Durante os testes verificou-se que tanto as pressões estáticas quanto as dinâmicas dos ramais de água fria e quente oscilavam consideravelmente e em intensidades diferentes devido a demanda de água em outros pontos de uso. Essas oscilações tinham magnitudes superiores aquelas verificadas e não ocorreram propositalmente, logo foram desconsideradas

Além disso, a edificação em questão possui misturadores compostos por registros de pressão convencionais. É provável que a utilização de misturadores do tipo autocompensadores, cuja perda de carga para regular a vazão de água varia em função da pressão ou da temperatura, atenuem as oscilações de temperatura e pressão.

A troca de um misturador em um edifício em operação é difícil e custos devido a necessidade de reformas no local. Além disso, misturadores autocompensadores, em geral necessitam de pressões dinâmicas maiores para o seu funcionamento.

Observa-se que a *American Society of Sanitary Engineers* (ASSE) recomenda que chuveiros de baixa vazão nunca sejam utilizados com misturadores não compensadores, devido a maior probabilidade de escaldamento dos usuários (ASSE, 2019).

Atualmente, as normas técnicas para sistemas prediais de água fria e quente estão em fase de revisão na ABNT. No projeto de norma, os assuntos redução de riscos de *Legionella* e redução das vazões dos pontos de uso estão em discussão e de acordo com as recomendações pode haver uma condição de alta temperatura e baixa vazão, o que propicia as condições expostas neste artigo. Assim, recomenda-se que a norma possua requisitos de segurança de modo a proteger o usuário.

6 CONCLUSÕES

Devido aos resultados das medições *in loco*, verifica-se que a utilização de chuveiros de vazão restrita com misturadores convencionais pode implicar em oscilações de temperatura mais sensíveis nos pontos de consumo. No caso de sistemas de água quente com altas temperaturas, o emprego de misturadores com aparelhos sanitários com vazão restrita, cria-se o risco de escaldamento do usuário.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF SANITARY ENGINEERS (ASSE). Scald Hazards Associated with Low-Flow Showerheads – A White Paper. Ohio. Acesso online. Disponível em: https://www.map-testing.com/assets/files/ASSE%20Scald%20Hazard%20White%20Paper.pdf. Acesso em 27 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **PN 02.146.03-003 29-05-13** Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente. Comissão de Estudo de Sistemas Predial Hidráulico-Sanitário para Água Fria e Quente. 2019.

ELETROBRAS. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso da classe residencial.** Ano base 2005, Rio de Janeiro 2007.

FREIJE, M. **Legionella Control in Healthcare Facilities – A Guide to Minimize Risk**. Indianapolis, In – 1996.

MARTIN, R. L.; RICHARDSON, J. **The Anti-Scald Issue**, 1993 ASSE Zimmer Refresher Course, p. 36-38 & others.

TOMÉ, M. C. **Análise do impacto do chuveiro elétrico em redes de distribuição no contexto da tarifa horossazonal**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas. 2014.