Aquecedores Elétricos de Água em vista das Cidades Sustentáveis e Internet das Coisas.

Francisco de Salles Cintra Gomes
Engenharia Elétrica
Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Campinas, Brazil
salles@puc-campinas.edu.br

Ludmila Cordeiro Lopes Vitoriano
Engenharia Elétrica
Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Campinas, Brazil
ludlops20@gmail.com

Leticia Stefani Da Silva
Engenharia de Produção
Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Campinas, Brazil
leticia.ss7@puc Campinas.edu.br

Augusto Marconato Girio
Engenharia Elétrica
Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Campinas, Brazil
girioaugusto@gmail.com

Resumo — Artigo desenvolvido por alunos do curso de engenharia juntamente com o público-alvo do projeto de extensão voltado à Eficiência Energética que, através do estudo de soluções, possa encontrar alternativas relacionadas a melhores condições de vida. Neste artigo foi feita uma análise a respeito do consumo de energia elétrica para o aquecimento de água. Em muitas residências e estabelecimentos o consumo de água aquecida é comum aos usuários. A utilização de aquecedores de água e de outros equipamentos para o aquecimento eleva de forma expressiva o consumo de energia elétrica. A proposta é analisar de forma simples do ponto de vista da eficiência energética alguns desempenhos de aquecedores em vista das cidades inteligentes e da sustentabilidade, e também considerar o emprego de tecnologias atuais como IoT, internet das coisas, que faz parte da inovação de possíveis soluções de melhoria. A internet das coisas poderá contribuir para melhor o desempenho dos sistemas de aquecimento elétrico de água com outras fontes de energia, como energia térmica solar. Estes estudos fazem parte do Trabalho de Extensão realizado em conjunto com a Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, com a participação da comunidade parceira.

Palavras-chave — *Eficiência energética, Aquecimento de Água, Cidades Sustentáveis, Internet das Coisas.*

I. INTRODUÇÃO

Este artigo contempla o consumo de energia elétrica em aquecedores de acumulação de água considerando o auxílio de energia térmica solar e a tecnologia utilizada em Internet das Coisas (IoT, Internet of Things). Estudos e análises poderão resultar em conscientização levando a melhores condições de vida para as pessoas e para as cidades sustentáveis.

O presente estudo faz parte do projeto de extensão que está sendo desenvolvido por alunos voluntários e um docente extensionista. A extensão universitária tem como objetivo a troca de conhecimento, a busca por autonomia e a intervenção

por meio de soluções que permitam o desenvolvimento de uma visão crítica para os problemas atuais e futuros.

O público-alvo da extensão são pessoas em situação de vulnerabilidade da cidade de Campinas, tendo em conta que outras pessoas poderão se beneficiar dos estudos e dos conhecimentos acadêmicos. Os aprendizados e as análises realizados aqui não têm uma ligação direta com o público-alvo da extensão, mas com a população em geral. A Região Metropolitana de Campinas se beneficia dos estudos e das alternativas encontradas por meio de socializações, de compartilhamento de experiências e de práticas que podem ser replicadas através das redes sociais e de materiais impressos.

II. SISTEMAS ELÉTRICOS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA E A UTILIZAÇÃO EM RESIDÊNCIAS

Para o aquecimento elétrico de água encontramos os aquecedores de passagem e os de acumulação.

Os aquecedores de passagem têm o controle de temperatura através da vazão ou da velocidade da água que passa por um resistor elétrico e os de acumulação têm um reservatório no qual a água é aquecida por um resistor controlado por um termostato. Eles são os mais comuns, apresentam baixo custo e facilidade de instalação, têm menor eficácia e são instalados diretamente no ponto de uso e dispensam tubulação de água quente.

Os aquecedores de acumulação, conhecidos por boilers, têm formato similar aos aquecedores a gás de acumulação, com reservatório metálico de forma cilíndrica. As vantagens desse sistema são eficácia na produção de água quente e o fato da água chegar rapidamente ao seu destino de consumo, com possibilidade de atender diversos pontos. Eles têm um sistema de regulagem de temperatura, que promove aquecimento rápido, são eficientes e possuem isolamento de poliuretano. A queda de temperatura da água no reservatório ocorre após um tempo e a resistência elétrica é acionada por um termostato,

que liga e desliga com a variação da temperatura, fato que produz um consumo significativo de energia.

Aquecedores elétricos de água por acumulação são utilizados em diversos locais e estabelecimentos nos quais a demanda pelo uso de água aquecida em volume é necessária, como hospitais, restaurantes, clubes, indústrias, fábricas e outros.

Na Tabela I são apresentados alguns aquecedores elétricos comerciais e suas características de consumo de energia elétrica. Na coluna da direita está relacionada em porcentagem a relação entre a energia retirada (água quente) e a energia elétrica consumida em um dia para aquecer a água [1]. A elevação é em torno de 40°C e a variação de temperatura é em torno de 4°C controlada pelo termostato.

TABELA I – AQUECEDORES ELÉTRICOS E CONSUMO DE ENERGIA

Aquecedor	Litros (nominal)	Potência (W)	Temp. média (°C)	Wh em 1 dia	Wh retirada (água quente)	%
A	200	2000	55	8729	7080	81%
B	200	2500	59	11467	8917	78%
C	200	3000	59	13981	9637	69%
D	200	2000	57	10638	8058	76%
E	200	2000	60	11389	9126	80%
F	200	2000	62	9867	8537	87%
G	200	2500	58	10811	8546	79%

Fonte – Tese De Mestrado: Avaliação de Aquecedores de Água Residenciais [1]

Na Tabela I notamos que o consumo mensal é acentuado. Para o aquecedor D, o consumo de energia elétrica em um dia é de 10638 Wh, e em um mês será de 319,14 kWh (30 dias). O aquecimento da água com as equações de calorimetria ($Q=m \cdot c \cdot \Delta t$) para 200 litros, considerando elevação de 40°C (1 cal = 4,18 joules e 3600 joules = 1 kWh) resulta em 9289 Wh, isso desprezando o calor consumido pelo reservatório e outros. É comum num banho a mistura de água fria com água quente para ajustar a temperatura, fato que nos faz considerar que 200 litros poderia proporcionar 6 banhos (7,5 minutos de banho com 67 litros de água, sendo meio a meio a mistura com a água do aquecedor). Os aquecedores apresentados na Tabela I, de 200 litros, são comuns nas residências.

Nas residências o uso de água quente tem predominância para o banho. O chuveiro elétrico, que é um aquecedor de passagem, tem forte presença na região sul e sudeste do Brasil, e se destaca por ser o aparelho ou equipamento de maior potência numa residência, com consumo de energia elétrica acentuada. Geralmente, o uso de chuveiros se dá no horário de maior utilização do sistema elétrico, normalmente das 18 horas às 21 horas, horário de ponta, onde o custo da energia elétrica para as concessionárias é bem superior devido ao funcionamento das termoeletricas que normamente queimam combustíveis fósseis e poluem.

III. ENERGIA TÉRMICA SOLAR E CIDADES SUSTENTÁVEIS

Segundo o Ministério de Minas e Energia, “com maior uso da energia térmica solar, em 2050 deixarão de ser consumidos

da rede elétrica perto de 8.604 Gigawatts/hora (GWh), o que significa evitar a instalação de cerca de 2 GW do Sistema Interligado Nacional (SIN)” [2].

Os sistemas de aquecedores solares têm ganhado espaço nos últimos anos, exigem espaço e exposição ao sol, sendo quase sempre instalado no telhado ou na laje das casas. São compostos por uma série de placas que são aquecidas pela radiação solar que transferem o calor para a água e estão ligadas a um reservatório de acumulação, comumente chamado de “boiler”.

O aquecedor solar tem custo mais alto do que o aquecedor a gás e elétrico, mas a economia é significativa e após determinado tempo de uso o sistema se paga. Sua utilização gera redução no consumo de energia elétrica no horário de ponta, evita investimentos nos sistemas elétricos, favorece o consumidor e a sociedade como um todo.

Numa residência, o sistema de aquecimento solar convencional é composto por coletores solares planos cujas temperaturas médias da água variam entre 45°C e 70°C conforme as estações do ano. O fato de só aquecer a água durante o dia, com a radiação solar, torna necessário o auxílio da energia elétrica para ajustar a temperatura da água principalmente nos dias com menos radiação solar.

A principal característica dos aquecedores térmicos solares é utilizar energia renovável, inesgotável e limpa que não agride o meio ambiente e nem emite poluentes. A geração de energia ou de calor com a queima de combustíveis fósseis, que emitem gases poluentes, leva ao aquecimento global e compromete o acesso das gerações futuras às fontes de energia.

Contribui para as cidades sustentáveis o Programa Brasileiro de Etiquetagem do Procel [3] em parceria com o Inmetro. A execução de ensaios de desempenho nos aquecedores residenciais de água dos diversos tipos (elétrico, solar e a gás) leva a busca da eficiência energética e a segurança nos aquecedores. Fazem parte da etiquetagem os chuveiros elétricos, torneiras elétricas, aquecedores instantâneos de água, aquecedores de acumulação de água, reservatórios térmicos e sistemas de aquecimento solar [7]. Informações aos consumidores sobre produtos em melhores padrões de eficiência energética, como o Selo Procel, oferecido pela Eletrobrás, favorecem as Cidades Sustentáveis.

Colabora para as cidades sustentáveis a LEED, Leadership in Energy and Environmental Design, que é uma certificação de orientação ambiental para edificações, com o intuito de incentivar projetos com foco na sustentabilidade [4]. No Brasil, o Selo Procel Edificações também tem por objetivo similar ao identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética motivando a busca por imóveis mais eficientes [3].

IV. SUSTENTABILIDADE, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E IOT

Muitos dos equipamentos atuais têm melhor eficiência energética decorrente dos avanços tecnológicos. Por exemplo, as geladeiras e os motores elétricos têm atualmente melhor eficiência energética do que há vinte anos [5].

Na Tabela II foi feita uma simulação de uma residência na qual se pode evidenciar que o consumo do chuveiro elétrico no inverno tem predominância no consumo de energia elétrica (37%) [5][8].

TABELA II. – ANÁLISE SIMPLIFICADA DE UMA RESIDÊNCIA COM CONSUMO DE 220 KWh/MÊS

Equipamentos	Características	kWh/mês	%
Geladeira	200 litros – duas portas	45	20
Chuveiro Elétrico	5,4 kW – residência com 4 pessoas e banho médio de 7,5 minutos	81	37
Outros	Televisão, Lâmpadas, Máquina de lavar, Microondas, etc.	94	43
Total		220	100

Fonte – Os Autores. Os dados estão em conformidade com as referências do Procel [6] e com os Livros de Instalações Elétrica [8], [9] e [10].

A redução significativa do valor na conta de energia elétrica em uma residência é decorrente, principalmente, da substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor térmico solar, fato que também substitui em alguns casos o uso das torneiras elétricas. A economia acontece, pois os equipamentos para o aquecimento elétrico de água estão entre os maiores consumidores de energia. A redução dos custos de energia elétrica, com aquecedor solar, pode gerar uma economia da ordem de 35% do valor da fatura, como fica evidenciado na Tabela II.

Nos equipamentos residenciais relacionados à produção de calor e ao aquecimento da água, a resistência elétrica tem relação direta com o aquecimento, e a evolução para a sustentabilidade se deu a partir da integração com a energia térmica solar, minimizando a participação da energia elétrica. A instalação de um sistema de aquecimento solar em uma residência faz com que o chuveiro elétrico, que antes consumia grande parte de energia, possa ser desligado ou desativado uma vez que a água está aquecida ou preaquecida.

Os aquecedores elétricos de água por acumulação têm alto gasto de energia e para diminuir esse gasto é comum à utilização de um timer para evitar o uso contínuo, principalmente no horário de ponta e no decorrer da madrugada.

As melhorias de desempenho poderão vir a partir da Internet das Coisas (IoT, Internet of Things), com processamento de informações, sensores e conexão de dados com a internet. O monitoramento e o acesso para ligar, desligar e ajustar a temperatura podem ser feitos remotamente. A IoT, dá condições de automatizar, permitindo otimizar o ciclo de utilização e a temperatura poderá ser ajustada dinamicamente com consumo mínimo de energia elétrica pelo resistor.

A energia limpa é própria das cidades sustentáveis ou das cidades inteligentes que aproveita melhor os recursos energéticos, minimizando ou anulando a necessidade de queima de combustíveis fósseis. A IoT possibilita que a resistência elétrica, além do consumo mínimo, atue nos momentos em que a produção de energia elétrica é sustentável.

O monitoramento permite ter informações sobre os níveis de temperatura dos reservatórios de água e se estão sendo alimentados. Esse monitoramento via IoT dá condições de outras informações, alertas e de controle, tais como:

- Aquecimento customizado com utilização minimizada de energia elétrica.
- Integrar energia elétrica e solar com informações sobre previsão do tempo dos próximos dias (considerando a radiação solar).
- Controle da vazão de água para ajustar a temperatura.

No sistema de aquecedor com energia térmica solar e energia elétrica, o termostato ajusta a temperatura de acordo com o padrão prévio, por exemplo, em 70°C, acionando o resistor elétrico até atingir a temperatura. Um sistema desse tipo ajustará em 70°C mesmo não sendo necessário.

Com controle IoT, a energia elétrica pode ser minimizada, pois, normalmente o usuário ajusta a temperatura do banho com uma combinação da vazão de água quente com água fria, isto é, a temperatura não precisa chegar aos 70°C no reservatório, mas num valor que atenda ao usuário. Mesmo que não haja sol suficiente para o aquecimento, o sistema IoT adequada a temperatura, com o mínimo de energia elétrica, de forma adaptativa, para atender a residência. Como o cilindro ou o reservatório tem boa capacidade térmica, conservando o calor e mantendo a temperatura, os padrões aceitáveis para o usuário poderão ser combinados levando em consideração informações do clima do momento e dos próximos dias.

O controle da vazão de água com a devida proporção, quente e fria, também poderá ser ajustada pelo sistema IoT, lembrando que as temperaturas da água no reservatório são da ordem de 60°C muito além da temperatura de um banho quente, que a partir dos 37°C é considerado um banho morno.

Os sistemas de IoT dão condições de melhor eficiência energética ao analisar o desempenho do conjunto. Além de aperfeiçoar o funcionamento básico, para atuar fora do horário de ponta e em momentos nos quais o custo é baixo e não poluente, conceitos de Inteligência Artificial, Machine Learning ou de otimização poderão evitar desperdícios de energia ao considerar as estações do ano, o clima do local e a rotina da residência possibilitando maior utilização da energia térmica solar.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo contempla uma análise de consumo de energia de aquecedores de água na perspectiva das cidades inteligentes. O aquecedor elétrico de água de acumulação tem consumo alto de energia, sendo recomendado o aquecedor térmico solar na residência.

Os aquecedores de água de energia térmica solar diminuem de maneira acentuada o gasto com energia elétrica. Sistemas com termostato são bons, mas os sistemas com IoT podem minimizar o consumo de energia elétrica atendendo as necessidades do usuário, melhorando o desempenho do conjunto ao considerar o clima local, os usuários e o sistema de aquecimento. A aplicação da IoT torna o aquecimento

sustentável com o mínimo de energia elétrica e consequentemente com a mínima queima de combustíveis fósseis das termoeletrônica ao priorizar horários de energias renováveis dos sistemas elétricos.

A eficiência energética apoiada por tecnologias de Internet das Coisas (IoT) quando combinada com a utilização de fontes de energia térmica solar dão melhor desempenho aos acumuladores de água possibilitando melhores condições de vida para as pessoas e para as cidades.

De maneira geral, o aquecimento de água com tecnologias IoT, que têm custos baixos, podem modernizar sistemas, favorecendo à sustentabilidade, com funcionalidades integrem e considerem o conjunto.

Para os participantes do projeto de extensão, o trabalho realizado é gratificante, permitindo a autonomia de muitas pessoas, e a oportunidade de colocar em prática teorias vistas em sala de aula. Os Projetos de Extensão, com ações além da sala de aula, possibilitam aos alunos vivenciar outras realidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sowmy, Daniel Setrak. Eficiência Energética: Metodologia para Avaliação de Aquecedores de Água Residenciais de acumulação Elétricos. Tese de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Ano: 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-15022008-101457/publico/DanielSowmy_EFICIENCIA_DE_AQUECEDORES_DE_AGUA_RESIDENCIAIS_DE_ACUMULACAO_ELETRICOS.pdf>. Acesso em 20/05/2021.
- [2] Ministério de Minas e Energia, Publicado em 05/01/2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/uso-de-energia-por-chuveiros-caira-com-mais-aquecimento-solar>>. Acesso em 17/06/2021.
- [3] Programa Brasileiro de Etiquetagem do Procel Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>>. Acesso em 03/06/2021.
- [4] Green Building Council Brasil. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/>>. Acesso em 03/06/2021.
- [5] INMETRO. MOTORES ELÉTRICOS. Informação ao Consumidor. <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/pbetab11.asp>
- [6] CONSUMO DE ENERGIA em kWh/mês, ELECTROLUX ELECTROLUX FE 26. Litros: 30 +173, Total: 203litros. Consumo: 43,7 kWh/mês. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/congeladores.pdf>>. Acesso em 10/06/2021.
- [7] Procel. Sist. e equip. para aquecimento solar de água Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em 03/06/2021.
- [8] CREDER, H. Instalações Elétricas. 15 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- [9] COTRIM, A. M. B. Instalações Elétricas. 5 ed. (rev. e atual.). São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- [10] NISKIER, J. ; MACINTYRE, A. J. Instalações Elétricas. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.