



**ESTUDO DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA EM SISTEMAS DE AQUECEDORES
SOLARES E UMA SOLUÇÃO PARA O CASO**

**STUDY OF WATER WASTE IN SOLAR HEATING SYSTEMS AND A CASE
SOLUTION**

Marco Aurélio Casseiro dos Santos¹

João Luiz Bergamo Zamperin²

RESUMO: O presente trabalho baseia-se em uma proposta para o caso de desperdício de água do banho proveniente de aquecedores solares, a solução se constitui na instalação de um equipamento de recirculação nos circuitos de tubulações entre o boiler e a ducha, o qual tem por função evitar o esbanjamento errôneo da água estacionada no circuito, direcionando o líquido novamente para a caixa d'água, e ser utilizado de maneira adequada. Neste artigo os resultados são evidenciados e discutidos analiticamente.

Palavras-chave: Desperdício de água em aquecedores; Sistema de recirculação de água quente; Dispositivo de recirculação

ABSTRACT: The present work is based on a proposal for the case of wastage of water from the bath from solar heaters, the solution is the installation of a recirculation equipment in the pipes of pipes between the boiler and the shower, which has the function To avoid the erroneous waste of the water parked in the circuit, directing the liquid back into the water tank, and used properly. In this article the results are analyzed and discussed analytically.

Key words: Waste water in heaters; Hot water recirculation system; Recirculation device

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, UNITOLEDO, 2017.

² Doutor em Engenharia Elétrica, UNESP, 2015.

1. Introdução

Na vida do homem moderno, a água exerce um papel fundamental, o seu consumo se dá através de sistemas públicos de distribuição, em segmentos industriais, comerciais e residenciais (ALMEIDA, 2011). Uma questão que se destaca é a forma de utilização dessa água, principalmente em residências.

Segundo BARRETO, (2008) foi realizada uma pesquisa de monitoramento na zona oeste de São Paulo (figura 1), em residências típicas que se encaixavam na faixa de 15 a 20 m³/mês, foram utilizados equipamentos para o monitoramento do consumo de água nas residências, essas com perfil socioeconômico que variavam entre R\$500,00 a R\$2.500,00 obtendo o seguinte resultado.

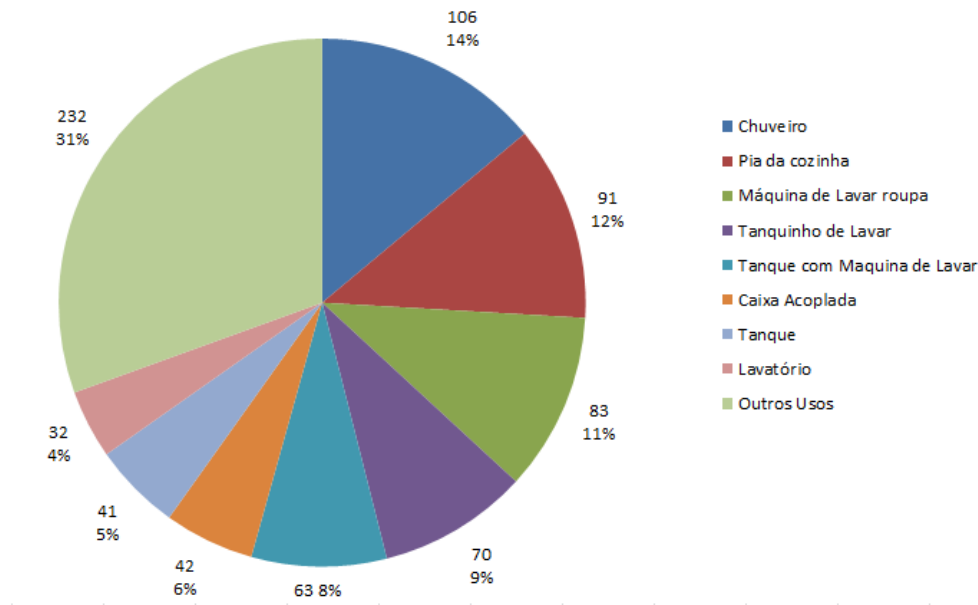


Figura 1. Média das Residências (Volume l/dia; Participação %) (BARRETO, 2008).

Em termos de participação percentual única, percebe-se que o ponto de maior utilização é o chuveiro com 14% (BARRETO, 2008).

De acordo com ALMEIDA, (2011) em relação a residências, o maior consumo está diretamente ligado à higiene pessoal, principalmente ao banho. O ato de tomar banho é considerado como necessidade básica, e o fornecimento de água quente é algo crucial para obtenção do conforto exigido, a temperatura da água e sua vazão são fatores determinantes a isso.

O aquecimento de água por meio de aquecedores solares tem sido uma das aplicações mais viáveis, de maneira direta ao aproveitamento da radiação solar nas regiões do país. O

Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 32-44, jan./ago. 2017.

mercado brasileiro de aquecedor solar tem tido uma considerável evolução nos últimos anos, confirmando um crescimento de cerca de 20% ao ano (ELETROBRÁS PROCEL, 2012).

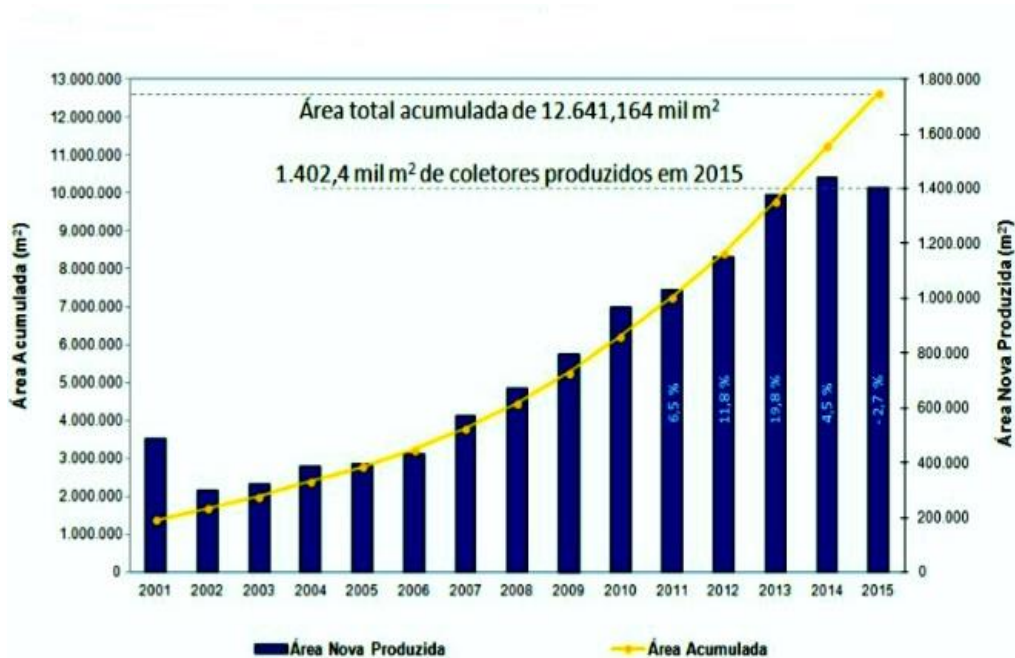


Figura 2. Evolução do Mercado de Aquecimento Solar Brasileiro (ABRAVA, 2015).

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é abordar uma solução para o desperdício de água proveniente dos aquecedores solares residenciais, uma vez que a água não aquecida na tubulação é desperdiçada, sendo assim foi proposto um sistema de recirculação da água no circuito das tubulações, direcionando o fluido o qual seria desperdiçado, para a caixa d'água.

3. Análise do Problema

A análise tem por finalidade evidenciar a importância do uso de aquecedores solares no ponto de economia de energia elétrica, mas por outro lado evidenciar também o desperdício de água proveniente dos mesmos.

O desperdício é apontado por meio da equação (1). Considerando através do manual de instalação de aquecedores solares (Cumulos: Soluções em água quente) tem-se que o diâmetro das tubulações é de uma polegada (1") é dado por:

$$V_{DA} = 0,6158.(Ai) \quad (1)$$

Onde:

V_{DA} = Volume de água;

A_i = Distância entre o boiler e a ducha (metros);

Através de observações e pesquisas se constatou que em casas populares as metragens das tubulações entre o boiler e o chuveiro são de aproximadamente 8,5 metros, o estudo baseia-se em aplicar o caso em uma residência do CDHU.

Considerando a família típica brasileira de 4 indivíduos, e que cada um tome um banho diário, através do comprimento das tubulações e da equação (1) obtém-se o desperdício proveniente da água em espera não aquecida nas tubulações por banho, e conseqüentemente pode-se encontrar o desperdício por residência. A Tabela 1 aponta o desperdício de água detalhadamente.

Tabela 1 - Desperdício de água proveniente dos aquecedores solares em uma residência no conjunto de casas populares.

Desperdício por banho (litros)	Desperdício por residência diário (litros)	Desperdício mensal por residência (m ³)	Desperdício anual por residência (m ³)
5,234	20,936	0,62808	7,53696

Fonte: Elaborado pelo autor.

Este valor pode ser exponencial agravante quando se leva estes apontamentos de desperdício para centenas de residências.

4. Materiais e Métodos

Tomando como base os métodos de instalação de uma empresa do estado de São Paulo (Cumulos: Soluções em água quente), com condições fundamentais e utilização da NBR 7198/93 – PROJETO E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE, assim como também a NBR 15569 – SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM CIRCUITO DIRETO (Residências). Define-se um sistema de recirculação de água.

O aquecedor solar convencional é composto por coletores solares (Placas),
Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 32-44, jan./ago. 2017.

reservatório térmico (Boiler), aquecimento auxiliar, acessórios e suas interligações.

A placa coletora é responsável pela absorção da radiação solar, a energia adquirida através do sol é transferida para a água, circulando no interior de suas tubulações de cobre, ocorrendo o aquecimento, sendo possível atingir temperaturas superiores a 80°C. O reservatório térmico (boiler) tem como objetivo armazenar toda a água e mantê-la aquecida. O armazenamento é realizado para momentos que não tiver exposição da luz do sol manter a água aquecida (REVISTA MAKENZIE, 2013).

O princípio de funcionamento é por termossifão, por meio da gravidade, a água no boiler desce para as placas coletoras, essas absorvendo a energia da radiação solar, transmite para a água que se encontra nelas, ao ser aquecida e ficando menos densa a água retorna para o reservatório, ficando acima, e assim a água mais fria que se encontra ao fundo desce para as placas, acontecendo de maneira contínua esse processo enquanto houver radiação solar (REVISTA MAKENZIE, 2013).

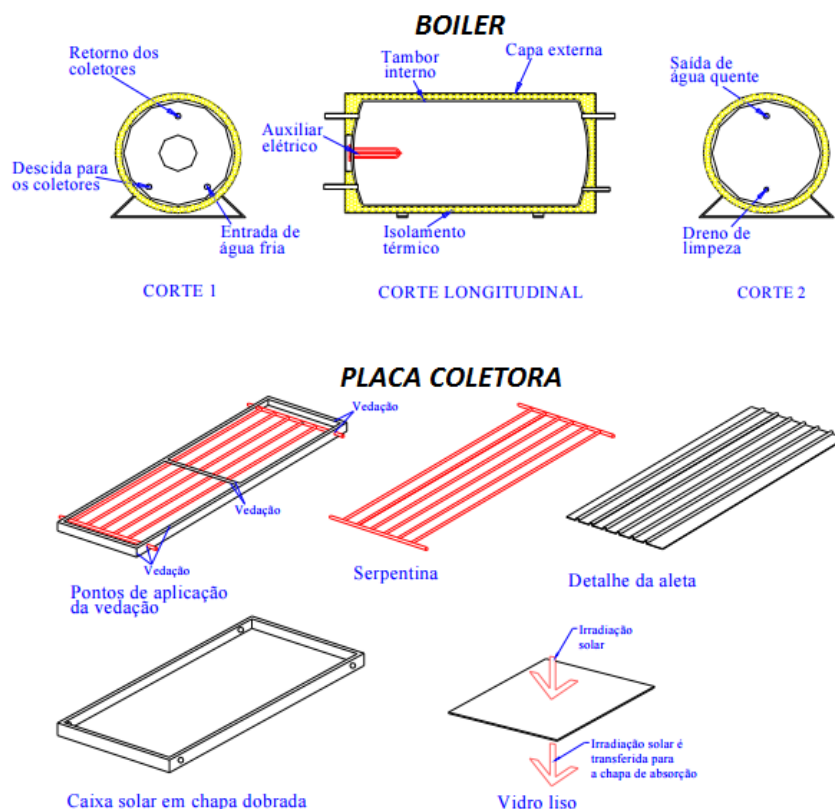


Figura 3. Componentes do Aquecedor Solar Residencial (Manual instalação Cumulus, 2016).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a quantidade ideal de água potável para o bem-estar e a higiene pessoal de uma pessoa, é de 110 litros por dia. Sendo que no Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 32-44, jan./ago. 2017.

banho, uma pessoa gasta entorno de 24 litros de água. Considerando a família típica brasileira de 4 indivíduos temos.

Sendo:

V_{TG} = Volume total gasto em Banho [l]

Qp = Quantidade de pessoas na Residência

$$V_{TG} = 24 \times (Qp)$$

$$V_{TG} = 24 \times 4$$

$$V_{TG} = 96l$$

Tendo um total de 96 litros gastos com banhos diários (sendo que dos 96 litros, um total de 20,936 litros são desperdiçados), de acordo com manual Cumulus (2016), o boiler mais compatível e suficiente para suprir esse valor seria o de 200 Litros.

4.1 Dimensionamento

Com base nas informações técnicas acima, e tomando em vista trabalhar com sistemas de baixa pressão (BPS), e tendo como pressão máxima de trabalho 5 m.c.a (metros por coluna de água) define-se o sistema (figura 6).

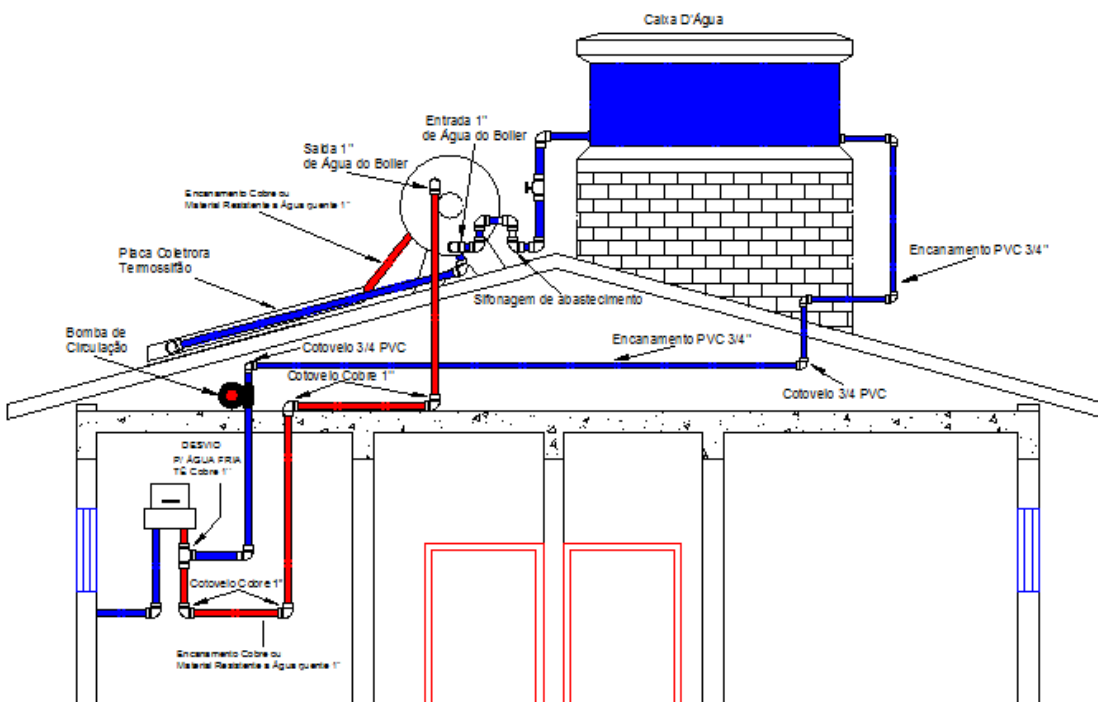


Figura 6. Detalhes do sistema de recirculação no aquecedor (Elaborado pelo Autor).

O projeto consiste em direcionar a água acumulada no encanamento para um desvio, Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 32-44, jan./ago. 2017.

essa por ficar estacionada perde temperatura em um determinado tempo, ficando fria e desconfortável para o banho (Figura 7), auxiliado por uma bomba de recirculação, faz-se o líquido retornar para a caixa d'água ao invés de ser desperdiçado.

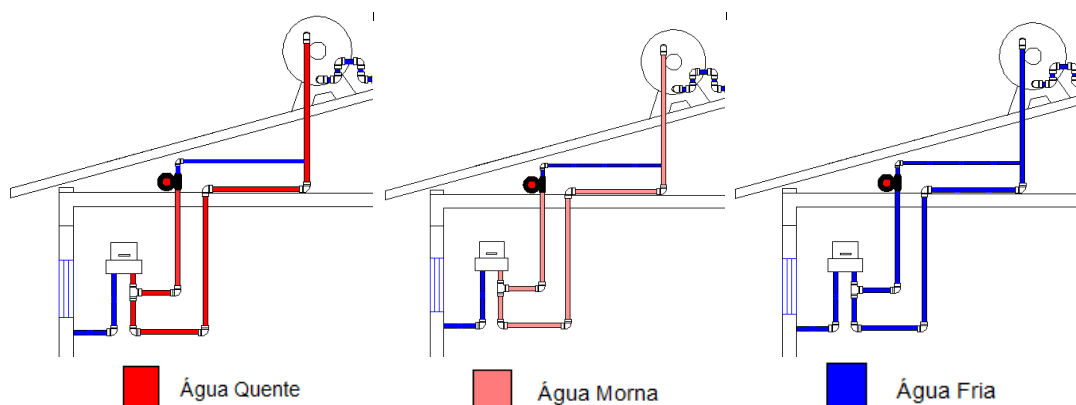


Figura 7. Detalhe água parada na tubulação e perda de temperatura com o tempo (Elaborado pelo Autor).

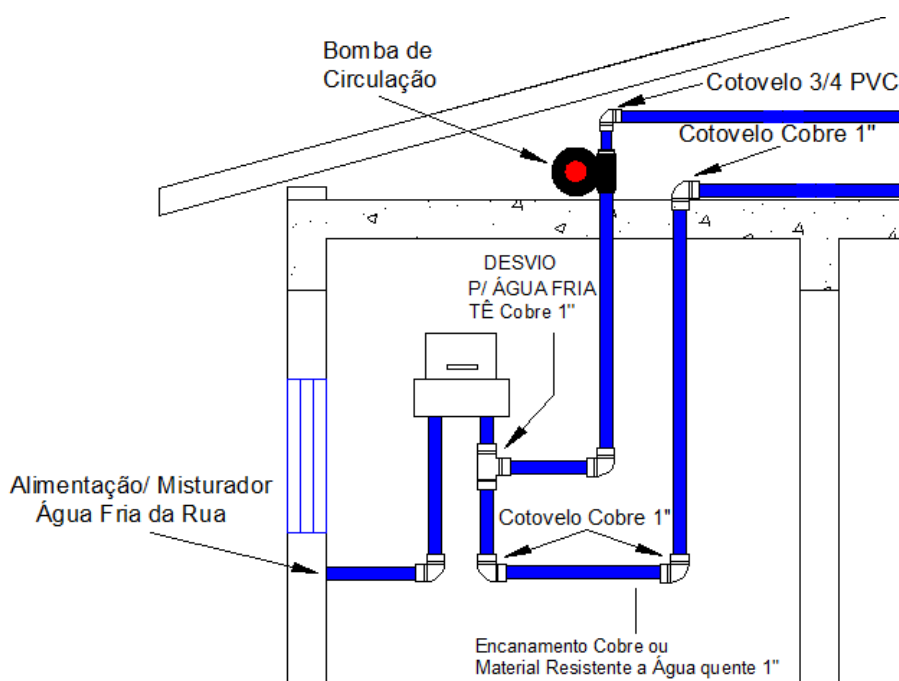


Figura 8. Vista e Detalhe do desvio (Elaborado pelo Autor).

4.2 Dimensionamento da Bomba de Recirculação

A bomba de recirculação deve ser definida com base na pressão máxima de trabalho, com o cálculo da altura manométrica total, podendo ser instalada em um ponto determinado.

Para seu dimensionamento, segue os dados da Tabela 2.

Tabela 2 – Valores Básicos para Dimensionamento

Especificação	Valor
Compr. Total tubulação Boiler/Ducha	8.5m
Compr. Total tubulação Ducha/Caixa D'água	9.6m
Altura de Sucção	1m
Altura de Recalque	4m
Diâmetro da tubulação utilizada Boiler/Ducha	1''
Diâmetro da tubulação utilizada Ducha/Caixa D'água	¾''
Fatores de Perda de Carga (%)	Tabelado

Fonte: Elaborado pelo Autor.

1º - Definir o comprimento total de tubulação entre o boiler e a ducha, e calcular o volume de água existente nesse percurso.

A água que se mantém estacionada na tubulação, será sempre esse volume do líquido que é desperdiçado constantemente, sendo $V = Volume [m^3]$.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = \pi \cdot (0,014)^2 \cdot 8,5$$

$$V = 0,00523m^3$$

$$V = 0,00523 \times 1000$$

$$V = 5,23l$$

O volume utilizado na recirculação será 5,23 litros.

2º - Definição da vazão desejada.

O volume é de 5,23 litros, desejando-se que este valor seja recirculado, toma-se como base uma vazão dos mesmos 5,23 l/min, sendo $Q = Vazão [l/min]$.

$$Q = 5,23l / \text{min}$$

$$Q = 5,23 \cdot 60s$$

$$Q = 319,2l / \text{hora}$$

3º- Calcular a perda de carga para o sistema.

Para o cálculo de perda de carga, se utiliza o Fator de Perda de Carga o qual está na Tabela 3.

Tabela 3 - Perdas de cargas em tubos (Para cada 100m)

Vazão			Diâmetro Nominal da Tubulação												
L/s	L/min	m ³ /h	3/4"	1"	1.1/4"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
				25mm	32mm	40mm	50mm		75mm	100mm	125mm	150mm	200mm	250mm	300mm
0,14	8,3	0,50	2	0,7	0,2	0									
0,28	16,7	1,00	7,5	2,7	0,75	0,22	0,08								
0,42	25,0	1,50	16	6	1,6	0,5	0,17								
0,56	33,3	2,00	27	10	2,7	0,8	0,28	0,07							
0,83	50,0	3,00	58	21,5	6	1,8	0,6	0,16	0,05						
1,11	66,7	4,00	100	27	10	3	1,05	0,27	0,1						
1,39	83,3	5,00		55	15,5	4,7	1,6	0,42	0,15	0,05					
1,67	100,0	6,00		60	22	6,6	2,2	0,6	0,2	0,07					
2,22	133,3	8,00			37	11,5	3,9	1	0,35	0,13					
2,78	166,7	10,00			56	17	5,7	1,5	0,5	0,2	0,06				
3,47	208,3	12,50			85	26	8,5	2,3	0,8	0,28	0,09				
4,17	250,0	15,00				37	12,5	3,3	1,1	0,4	0,13	0,05			
4,86	291,7	17,50				47	16	4,2	1,4	0,5	0,17	0,06			
5,56	333,3	20,00				63	21,5	5,7	2	0,7	0,23	0,09			
6,94	416,7	25,00				95	33	8,5	3	1,1	0,35	0,13			
8,33	500,0	30,00					45	12	4,2	1,5	0,5	0,2	0,05		
9,72	583,3	35,00					61	16	5,7	2	0,65	0,24	0,06		
11,11	666,7	40,00					78	20,5	7	2,5	0,8	0,3	0,08		
12,50	750,0	45,00					100	26	9	3,1	1	0,4	0,1		
13,89	833,3	50,00						32	11	3,8	1,25	0,5	0,12		
16,67	1.000,0	60,00						45	16	5,5	1,8	0,7	0,16	0,05	
19,44	1.166,7	70,00						60	21	7,2	2,4	0,9	0,21	0,07	

Fonte: Skbombas, 2017.

Verificando a Tabela 3, o valor mínimo de vazão é de 8,3 l/min ou 500 l/hora, portanto calculam-se os fatores mínimos (2% e 0,7%).

Sendo:

$PC = \text{Perda de Carga [m.c.a]}$

$(bl - dch) = \text{Valor referente do boiler a ducha}$

$(dch - cx) = \text{Valor referente da ducha a caixa d'água}$

$FPC = \text{Fator de perda de Carga [%]}$

$l = \text{Comprimento [m]}$

$$PC = l_{total} \cdot FPC(\%) \cdot (bl - dch)$$

$$PC = 8,5 \cdot 0,007$$

$$PC = 0,0595 \text{ m.c.a}$$

$$PC = l_{total} \cdot FPC(\%) \cdot (dch - cx)$$

$$PC = 9,6 \cdot 0,02$$

$$PC = 0,192 \text{ m.c.a}$$

$$PC_{total} = 0,192 + 0,0595$$

$$PC_{total} = 0,2515 m.c.a$$

4º - Calcular a altura manométrica total.

Tendo os valores de perda de carga, calcula-se a pressão necessária para a bomba, encontrando-se a altura manométrica (Para perda de carga em conexões, se utiliza o valor de 5%).

Sendo:

H_s = Altura de sucção (Altura do tubo abaixo da bomba) [m]

H_r = Altura de recalque (Altura do tubo acima da bomba) [m]

AMT = Altura manométrica total [m.c.a]

PC_{cnx} = Perda de Carga nas conexões [%]

$$AMT = (H_s + H_r + PC_{total}) + PC_{cnx}$$

$$AMT = (1 + 4 + 0,2515) + 5\%$$

$$AMT = 5,3 m.c.a$$

Feito isso, basta procurar uma bomba de recirculação para água quente, com as características calculadas, tendo os mesmos valores ou mais próximos possíveis encontrados no mercado.

$$AMT \text{ (Pressão de Trabalho)} = 5 m.c.a$$

$$Q \text{ (Vazão)} = 5,23 \text{ l/min ou } 319,2 \text{ l/hora}$$



Características Técnicas

Potência (W) 100/70/55

Voltagem (V) 220

Frequência (Hz) 60

Rotação (rpm) 2600

Altura manométrica de saída (mca) 6/5/3

Vazão (litro/min) 70/50/30

Temperatura máxima de tolerância(°C) 110

Bitola de entrada/saída (mm) 1 x3/4"

Figura 9. Modelo de Bomba (Inova, 2017).

O sistema proposto funciona por meio de um temporizador, o modelo de bomba encontrado, tem sua vazão mínima em 5 m.c.a, de 50 l/min. Calculando o tempo necessário para a circulação dos 5,23 l/min, temos:

50L – 60s

5,23L – t

t = 6,3s

5. Comando Elétrico de Acionamento Temporizado e Manual da Bomba de Recirculação

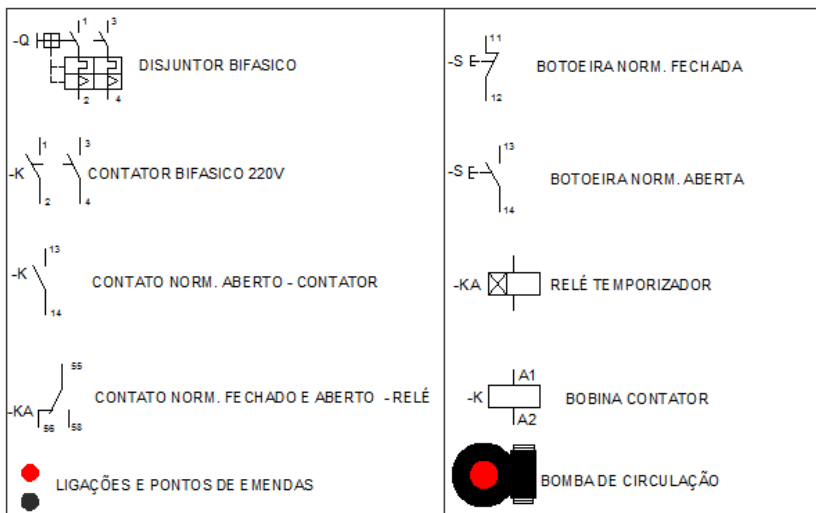
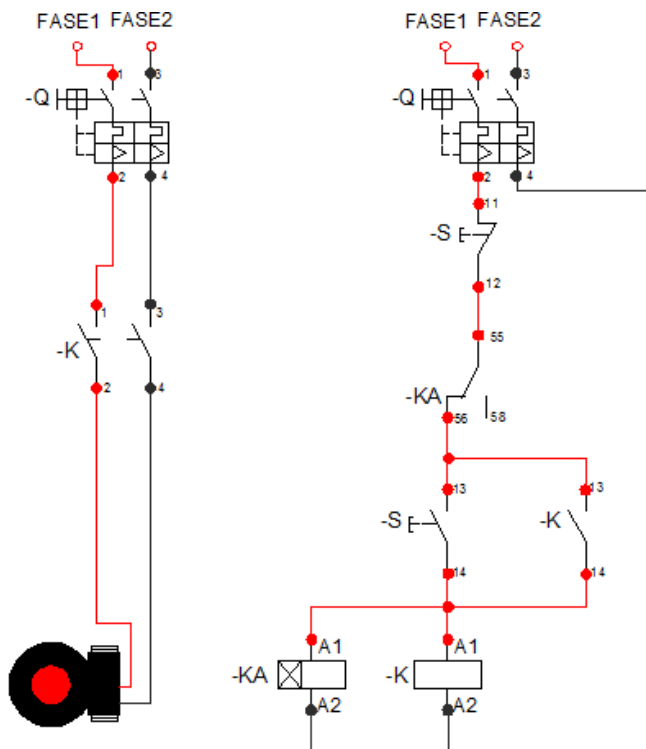


Figura 10. Comando elétrico (Elaborado pelo Autor).

Tabela 4 – Material Básico Necessário para construção do Sistema de Recirculação

Produto	Quantidade	Preço em Média	Total
Mini contator 9 A 220V	1	R\$60.00	R\$60.00
Disjuntor Bifásico 6 A	2	R\$25.00	R\$50.00
Botoeira NA/NF	2	R\$10.00	R\$20.00
Relé Temporizador 220V 60s	1	R\$50.00	R\$50.00
Fio Flexível / Cores	100m	R\$80.00	R\$80.00
Bomba Circul. (5 m.c.a) 220V	1	R\$400.00	R\$400.00
Tubo soldável PVC ¾” (3m)	4	R\$8.00 unidade	R\$32.00
Joelho soldável PVC ¾” 90°	5	R\$0.79 unidade	R\$3.95
Tubo Cobre 1” (2.5m)	1	R\$120.00 unidade	R\$120.00
Joelho soldável Cobre 1” 90°	2	R\$6.00 unidade	R\$12.00
Conexão TÊ Cobre 1”	1	R\$10.00	R\$10.00
TOTAL			R\$837.95

Fonte: Elaborado pelo Autor.

6. Conclusão

Nota-se que os aquecedores proporcionam um determinado desperdício proveniente da água não aquecida que fica em espera nas tubulações, sendo este diretamente proporcional à diferença de altura entre o reservatório térmico e a saída de água para o banho, esse desperdício pode ser quantificado através de modelagens matemáticas como foi realizado no estudo. Ressaltasse grande preocupação com o desperdício de água limpa, um recurso que está se tornando cada vez mais escasso, sendo esta a importância de estudos para melhor aproveitamento desse bem de relevância e muita preciosidade. O investimento com a instalação do equipamento se torna justificável em comparação com a quantidade de água que é desperdiçada, tornando-se uma solução benéfica, tanto para o proprietário como para o meio ambiente, sendo esse um tema que há tempos é discutido, com o equipamento, tem-se uma maneira para acabar com o problema e atrair com bons olhos o mercado de aquecedores solares.

7. Referências Bibliográficas

ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração Ar condicionado Ventilação e Aquecimento. **Apresentação: O sistema de Aquecimento Solar e a Realidade Energética (Fatos e Oportunidades)**. Marcelo Mesquita, 2015.

ALMEIDA, N. N.; FERNANDES, J.L.; SOUZA, C.G.; ARAUJO, R.R. **Estudo Experimental e Modelagem do Desperdício de Água em um Sistema que Utiliza Aquecedor Instantâneo a Gás**. 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

BARRETO Douglas, **Ambiente Construído: Perfil do consumo residencial e uso final da água, 2008** Programa de Mestrado em Habitação - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

ELETROBRÁS PROCEL. **Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da Eletrobrás Procel e Parceiros / Luiz Eduardo Menandro de Vasconcellos; Marcos Alexandre Couto Limberger (Organizadores)**. – Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012. Disponível em: https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/60553/mod_resource/content/1/Livro%20Solar.pdf **Acesso em: 29 de Dezembro de 2016.**

MANUAL INSTALAÇÃO CUMULUS, **Soluções em água quente**, Disponível em > www.cumulus.com.br/imagens/produtos/solar_manual.pdf< acesso dia 14 de março de 2017.

REVISTA MAKENZIE DE ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO. São Paulo, vol. 13, n. 1, p. 101-116, outubro 2013.

SAMAR, 2017. Disponível em < <http://samar.eco.br/compromisso/tarifas-justas>> acesso dia 16 de fevereiro de 2017.