

ESTUDO DE PERDA DE CARGA EM UM AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO

Ana Carolina Querino de Faria¹

Andressa Maria Guilherme Ferreira²

João Vicente Zampieron³

Energias Renováveis

RESUMO

O presente trabalho pretendeu propor um sistema de aquecimento solar de baixo custo com geometria em espiral e medir a perda de carga levando em considerações as perdas localizadas e distribuídas. Através da obtenção de parâmetros de engenharia como: tempo, volume, diâmetro de canalização, vazão, regime de escoamento, número de Reynolds e fatores de atrito, que são fatores determinantes para o cálculo da perda de carga, visou-se à otimização do sistema para garantir a menor perda de carga no aquecedor solar de baixo custo. Foi obtida uma vazão de $2,25 \times 10^{-5}$ m³/s, o que permitiu determinar um número de Reynolds de 1950, o que implicou em um comportamento laminar do fluido, e um fator de atrito de 0,03, resultando em uma perda de carga 0,06 m.c.a., o que mostra um sistema compatível para ser aplicado em projetos residenciais de baixo custo.

Palavras-chaves: energia renovável; energia solar; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O sistema de aquecedor solar de baixo custo tem como finalidade a redução no consumo de energia elétrica o que é viável para famílias de baixa renda (GONÇALVES et al., 2013; ALTOÉ; OLIVEIRA FILHO; CARLO, 2012).

O transporte de um fluido no interior das tubulações sofre a interferência das paredes e de obstáculos no seu interior, fazendo com que ocorra perdas de carga. O cálculo destas perdas de carga é essencial, pois, permite a otimização destes projetos gerando economia na produção e eficiência do sistema, logo colabora de forma assídua nas aplicações que envolvem fluidos e tubulações (AMARAL; AMARAL, 2016).

¹Ana Carolina Querino de Faria – Aluna do curso de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais – Campus Passos, e-mail: a.carolina.faria94@gmail.com

²Andressa Maria Ferreira Guilherme – Aluna do curso de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais – Campus Passos, e-mail: andressam622@gmail.com

³Prof. Dr. João Vicente Zampieron, Universidade do Estado de Minas Gerais – Campus Passos – Departamento de Engenharia, e-mail: jovizam@hotmail.com

Segundo Rettore Neto et al., 2013, a perda de carga depende do número de Reynolds, das propriedades do fluido, do diâmetro e da velocidade do escoamento. Para cálculo da perda de carga pode-se utilizar a equação de Darcy-Weisbach. Ainda, o fator de atrito, essencial para o cálculo da perda de carga é expressa pela equação de Hagen-Poiseuille, para regime de escoamento laminar, ou seja, número de Reynolds menor que 2000, já para regime de escoamento turbulento, ou seja, número de Reynolds maior que 4000, o fator de atrito é em função da rugosidade relativa das paredes do tubo e do número de Reynolds.

As perdas de energia podem ser classificadas em perdas de cargas distribuídas, que ocorrem nos trechos retilíneos da tubulação, ou perdas de cargas localizadas, que são ocasionadas por junções, conexões, válvulas, saídas ou entradas presentes no sistema (FOX, 2010, apud, AMARAL; AMARAL, 2016).

De acordo com o exposto acima, o presente projeto pretende dar sua contribuição estudando parâmetros de engenharia como velocidade, vazão, Reynolds e perda de carga, fazendo vistas a otimização desses sistemas de aquecedores solares de baixo custo.

METODOLOGIA

Pretendeu-se a partir de materiais disponíveis comercialmente construir um protótipo de aquecedor solar de baixo custo obedecendo a uma configuração espiral (figura 1A), observando uma maior eficiência, na perda de carga, na redução de custos, manutenção do sistema e simplificação da montagem.

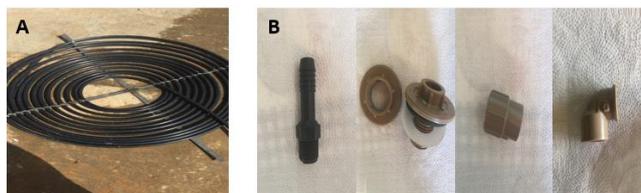


Figura 1: A-Coletor solar (mangueira preta de PVC), B-Conexões.

Fonte: Próprio autor.

Também foram utilizadas conexões (figura 1B), ou seja, adaptadores, flanges, luvas e joelhos de 90°. O coletor solar ficou disposto a princípio em posições de ângulos 0°, 10° e 20° paralelos à superfície e posicionados em direção ao norte geográfico. Para a montagem do reservatório superior de água fria, utilizou-se um recipiente de 30L. No boiler foram utilizados um recipiente de 30L e outro de 14L, colocados de forma concêntrica, para armazenagem da água aquecida pelo coletor solar, ficando um espaçamento de 3 cm tanto no fundo como nas laterais, para permitir a colocação dos elementos isolantes.

Assim, com um Becker de 250 mL e um cronômetro obteve-se a vazão pela fórmula:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Q = vazão do fluido; V = volume; t = tempo.

Após, conhecendo-se o diâmetro interno da tubulação com um paquímetro, e a vazão, calculou-se a velocidade do fluido pela fórmula:

$$Q = v \times A \quad (2)$$

Q = vazão do fluido; v = velocidade; A = área da tubulação.

Depois verificou-se o regime de escoamento pelo número de Reynolds:

$$Rey = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (3)$$

Rey = número de Reynolds; v = velocidade do fluido; d = diâmetro; ν = viscosidade cinemática.

Conhecendo o número de Reynolds foi possível encontrar o fator de atrito para fluidos que se enquadram no regime laminar através da fórmula de Hagen-Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Rey} \quad (4)$$

f = fator de atrito; Rey = número de Reynolds.

Ou utilizando-se o Diagrama de Moody-Rouse para fluidos com regime turbulento. Sendo assim possível encontrar a perda de carga do sistema pela fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_p = f \times \frac{L_{\text{tubo}} + \sum L_{\text{eq}}}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

h_p = perda de carga; f = fator de atrito; L_{tubo} = comprimento da tubulação; L_{eq} = comprimento equivalente das conexões; v = velocidade do fluido; g = velocidade da gravidade.

Para cálculo das perdas de cargas localizadas utilizou-se a tabela de comprimentos equivalentes; determinando o comprimento equivalente de cada conexão; prevista na NBR 5626/82.

RESULTADOS DE DISCUSSÃO

Verificou-se que o coletor solar do tipo espiral não foi eficiente quando inclinado à 10° e 20°, então os estudos foram realizados com o coletor posicionado em um ângulo de 0°, ou seja, paralelo a superfície.

Cada conexão utilizada representa um comprimento extra no sistema (tabela 1), tais itens influenciam diretamente na perda de carga localizada (FOX, 2010, apud, AMARAL; AMARAL, 2016).

Tabela 1: Conexões utilizadas e seus comprimentos equivalentes

Conexões	Quantidade (unidades)	Comprimento equivalente (m)
Flange	4	0,30
Luva	1	0,10
Adaptador	4	0,10
Cotovelo 90°	1	0,50

Fonte: Próprio autor.

Essas quantidades foram utilizadas visando à máxima eficiência do sistema e o menor custo possível, o que implica na baixa manutenção. Foram determinados o tempo, vazões e velocidades, conforme mostrado na tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros para cálculo

Medições	Tempo(s)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)
1	11,67	2,14x10 ⁻⁵	0,12
2	11,70	2,14x10 ⁻⁵	0,12
3	10,36	2,41x10 ⁻⁵	0,14
4	10,91	2,29x10 ⁻⁵	0,13
5	10,45	2,40x10 ⁻⁵	0,14
6	10,22	2,45x10 ⁻⁵	0,14
7	13,25	1,89x10 ⁻⁵	0,11
Média final	11,22	2,25x10 ⁻⁵	0,13

Fonte: Próprio autor.

Assim, com o diâmetro e a viscosidade da água, foi possível calcular o número de Reynolds que foi utilizado para determinação do fator de atrito através da fórmula de Hagen-Poiseuille, e posterior cálculo da perda de carga pela fórmula de Darcy-Weisbach. Os resultados com o estudo e cálculo dos parâmetros de engenharia estão mostrados na tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de engenharia

D (Diâmetro interno)	0,015m
V (Volume)	0,00025m ³
t (tempo)	11,22s
Q (vazão)	2,25x10 ⁻⁵ m ³ /s
v (velocidade)	0,13m/s
v (viscosidade cinemática)	10 ⁻⁶ m ² /s
Rey (número de Reynolds)	1950
f (fator de atrito)	0,03
Ltubos (comprimento da tubulação)	31,80m
Leq (comprimento equivalente das conexões)	2,20m
g (gravidade)	9,81m/s ²
hp (perda de carga)	0,06m.c.a.

Fonte: Próprio autor.

Foi observado um número de Reynolds de 1950 o que caracteriza um regime de escoamento laminar, que está de acordo com o tipo de escoamento caracterizado por Rettore Neto et al., 2013, o que é desejável para o sistema proposto.

Com os parâmetros mostrados na tabela 1, pôde-se determinar a perda de carga igual a 0,06 m.c.a., onde se verificou que tal valor foi bem próximo a um sistema de aquecimento solar comercial cuja perda de carga se apresenta em torno de 0,05 m.c.a. para um fluxo recomendado de $1,39 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$.

CONCLUSÕES

Foi obtido um número de Reynolds de 1950 que caracteriza um regime laminar, o que é desejável, pois garante o aquecimento homogêneo da água.

O resultado da perda de carga foi de 0,06 m.c.a. o que está próximo do comercial, portanto, sendo viável o sistema proposto.

A pouca quantidade de junções utilizadas, resultou na otimização da perda de carga do protótipo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D.; CARLO, J. C. Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 75-87, jul./set. 2012.

AMARAL, E. R.; AMARAL, T. R. Análise dos fatores que influenciam nas perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos. SEMINÁRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA. Montes Claros. EVENTOS DO IFNMG, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626/82: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, p. 41. 1998.

GONÇALVES, F. F.; BRENDA, G. R.; ICO, J. P.; PEREIRA, M. C.; CAROLA FILHO, M. R.; MELLO JÚNIOR, A. G. Estudo comparativo da eficiência de métodos alternativos de aquecimento da água por energia solar. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 101-116, out., 2013.

RETTORRE NETO, O.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A.; PINTO, M. F.; CAMARGO, A. P. Quantificação do erro na determinação da perda contínua de carga em tubos elásticos. **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v.33, n.6, p. 1312-1321, nov./dez. 2013.