



## CONSUMO ENERGÉTICO EM SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E BOMBEAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA RESIDÊNCIAS DE APENA UM PAVIMENTO.

*Autor: Hamilton de Araújo Silva Neto<sup>1</sup>; Eduardo Henrique Borges Cohim<sup>2</sup>.*

**RESUMO** – A degradação das águas no mundo está cada vez mais intensa e indo na direção de estresse hídrico, por esse motivo, é necessário buscar fontes alternativas que minimizem os impactos nos mananciais, a água de chuva é uma dessas fontes. Entretanto, é necessário avaliar o consumo energético do sistema, para definir se essa alternativa é ambientalmente mais eficiente que a solução tradicional. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência ambiental tomando por base o consumo energético em sistemas de aproveitamento de água de chuva para residências de apenas um pavimento. Os tipos de aproveitamento de Água de Chuva estudados foram: sistema direto, sistema direto com tanque de pressão, sistema indireto e sistema com tanque a meia altura. Para o cálculo do consumo energético da bomba foi considerado a soma do consumo de startup da bomba, seu funcionamento normal e o consumo no fim da operação. Os resultados finais obtidos foram: sistema direto, 0,298 KWh/m<sup>3</sup>; sistema direto com tanque de pressão, 0,272 KWh/m<sup>3</sup>; sistema indireto 0,088 KWh/m<sup>3</sup>; sistema com tanque a meia altura 0,0 KWh/m<sup>3</sup>. Estes resultados apontam para uma superioridade energética e, portanto, ambiental quando comparado ao sistema centralizado tradicional, cujo consumo energético específico está acima de 0,75 kWh/m<sup>3</sup>.

**ABSTRACT**– Degradation of water in the world is becoming more intense and going in the direction of water stress, therefore, it is necessary to seek alternative sources to minimize the impacts on water sources, rainwater is one of those sources. However, it is necessary to evaluate the energy consumption of the system, to determine if this alternative is more environmentally efficient than the traditional solution. This study aimed to evaluate the environmental efficiency building on energy consumption by rainwater utilization systems for residences only one floor. The types of studied rainwater utilization were: direct system, direct system with pressure tank, indirect system and system with tank halfway up. To calculate the energy consumption of the pump was considered the sum of the pump startup consumption, normal operation and consumption at the end of the operation. The obtained results were: direct system, 0.298 KWh / m<sup>3</sup>; direct system with pressure tank, 0.272 KWh / m<sup>3</sup>; indirect system 0.088 KWh / m<sup>3</sup>; system with tank halfway up 0.0 kWh / m<sup>3</sup>. These results point to an energy superiority and therefore environmental when compared to traditional centralized system, the specific energy consumption is above 0.75 kWh / m<sup>3</sup>.

**Palavras-Chave** – Água de Chuva, Energia, Sustentabilidade.

<sup>1</sup> Endereço: Rua Jandaia S/N, Parque Ipê, Feira de Santana/BA, Fone: (75) 3226-6980, email: [enghamiltoneto@gmail.com](mailto:enghamiltoneto@gmail.com), Mestrando na Universidade Estadual de Feira de Santana, Graduado em Engenharia Civil pela UEFS

<sup>2</sup> Professor Titular da UEFS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental. Email: [edcohim@gmail.com](mailto:edcohim@gmail.com). Telefone: (75) 9 9227-0770. Endereço: Rua São Cosme e Damião, 421. Feira de Santana- Ba

## **INTRODUÇÃO**

A vida na Terra só é possível graças a existência de água em nosso planeta pois todos os seres vivos possuem água como um dos componentes básicos do organismo e necessitam consumi-la para sobreviver, no entanto a degradação das águas do nosso planeta está cada vez mais intenso e indo na direção do esgotamento total de água de qualidade existente na terra, por este motivo a uma necessidade de buscar novas fontes de água para minimizar os impactos nos mananciais. O uso da água de chuva (AC) como fonte alternativa de água para abastecimento domiciliar é uma das formas para diminuir o impacto nos mananciais de água. O aproveitamento da água da chuva em meio urbano deverá ser encarado de forma a poder constituir-se como um meio de contribuição para o desenvolvimento de uma política de promoção do uso sustentável da água (CARDOSO, 2010).

De acordo com Angrill (2011) a água de chuva é um recurso competitivo, especialmente em áreas urbanas com escassos recursos hídricos, mas, mais estudos são necessários a fim de considerar a AC energeticamente eficiente, a fim de fazer uma comparação consistente.

O consumo de energia no sistema de água de chuva está relacionado ao bombeamento desta água para os pontos de consumo, é necessário avaliar a eficiência energética deste sistema, pois a emissão de gases do efeito estufa está ligado ao consumo de energia no mundo.

## **OBJETIVOS**

Este trabalho teve como objetivo principal estimar o consumo energético em sistemas de captação e bombeamento de água de chuva para residências de apenas um pavimento.

E como objetivos secundários, fazer comparações entre o consumo energético dos diferentes sistemas de captação de água de chuva estudados e compará-los com o consumo da rede de abastecimento de água de Feira de Santana-BA.

## **METODOLOGIA**

Os tipos de captação e bombeamento de Água de Chuva (AC) estudados foram quatro: a Figura 1 demonstra o sistema direto sem tanque de pressão (SD), que bombeia diretamente para os aparelhos sanitários. A Figura 2 mostra o sistema direto com tanque de pressão (SDP), este foi usado para minimizar a quantidade de vezes que a bomba foi ligada, utilizando o tanque de pressão para o uso em que a quantidade de água utilizada seja inferior a 2L, como por exemplo lavar as mãos.

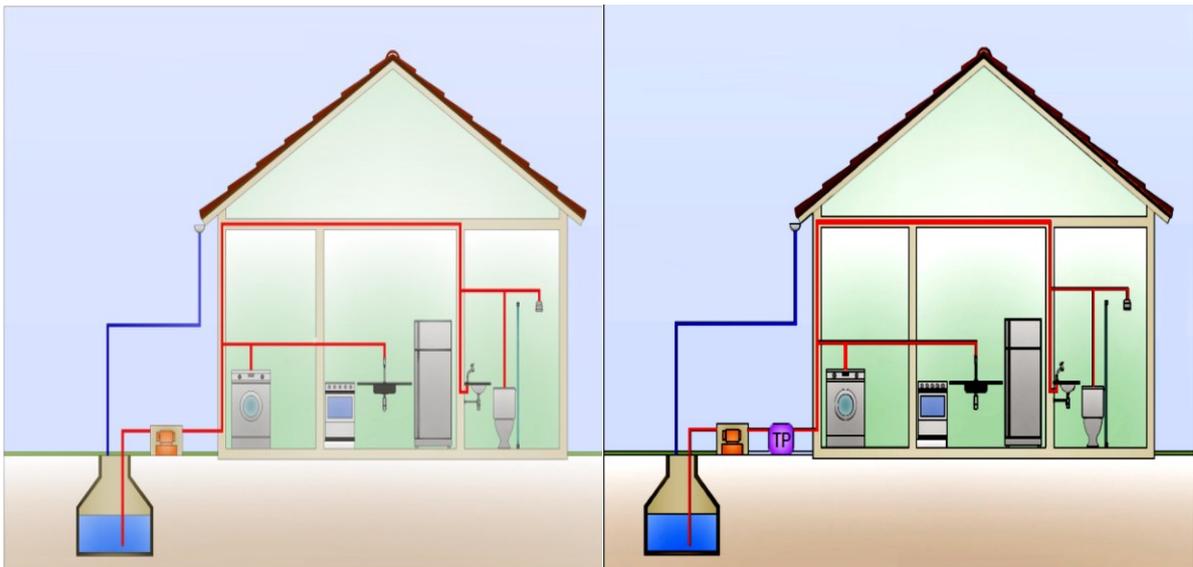


Figura 1 e Figura 02 – Sistema direto sem tanque de pressão e sistema direto com tanque de pressão respectivamente.

A Figura 3 indica um sistema indireto (SI), onde, foi bombeado do tanque inferior que capta a chuva para o tanque superior que por gravidade fez a distribuição de água para os aparelhos sanitários, e por fim, a Figura 4 é um sistema com tanque a meia altura (STMA) que capta a água de chuva e distribuir para as peças sanitárias que estão numa altura inferior e que consiga manter a pressão necessária, o chuveiro não foi alimentado pelo sistema de água de chuva.

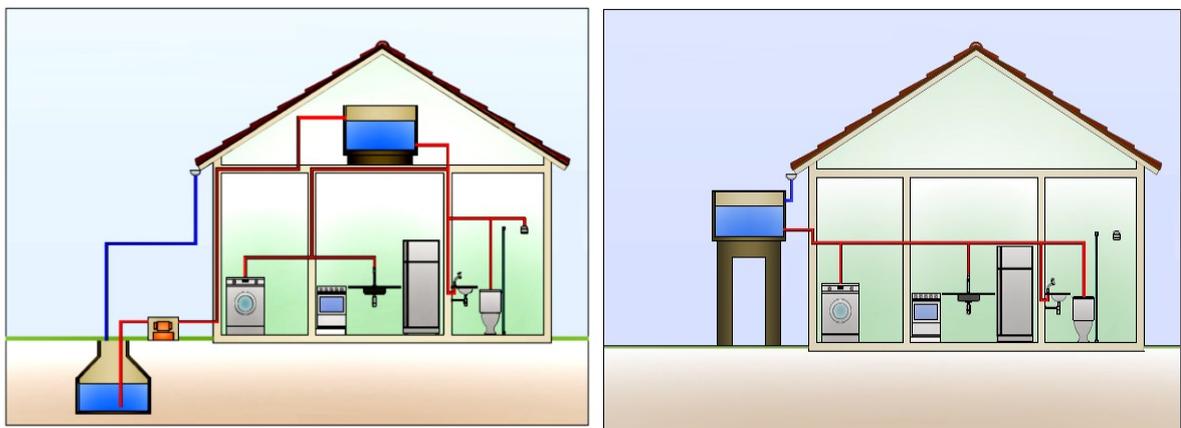


Figura 3 e Figura 4 – Sistema indireto com tanque inferior e tanque superior, sistema direto com tanque a meia altura respectivamente.

Para a escolha da bomba foi levado em consideração um dimensionamento feito, onde se calculou a potência necessária para uma altura manométrica encontrada já considerando as perdas de cargas de todos os elementos das tubulações. Para os sistemas SD e SDP foi realizado o cálculo para o chuveiro por ser a peça mais distante exigindo uma grande pressão e possuindo a maior altura manométrica que foi de 9m, para o SI foi realizado o cálculo para uma altura manométrica em que encontrou 6m com essa informação optou-se por usar a altura manométrica de 9m por ser a maior e

exigir uma bomba mais potente. No mercado foi encontrado uma bomba de 75 watts de potência capaz de cumprir com as necessidades exigidas, as curvas da bomba escolhida estão na Figura 5 abaixo, com ela foi possível verificar se a bomba era capaz de cumprir com a necessidade e a vazão que ela iria lançar a uma altura de 9 m.

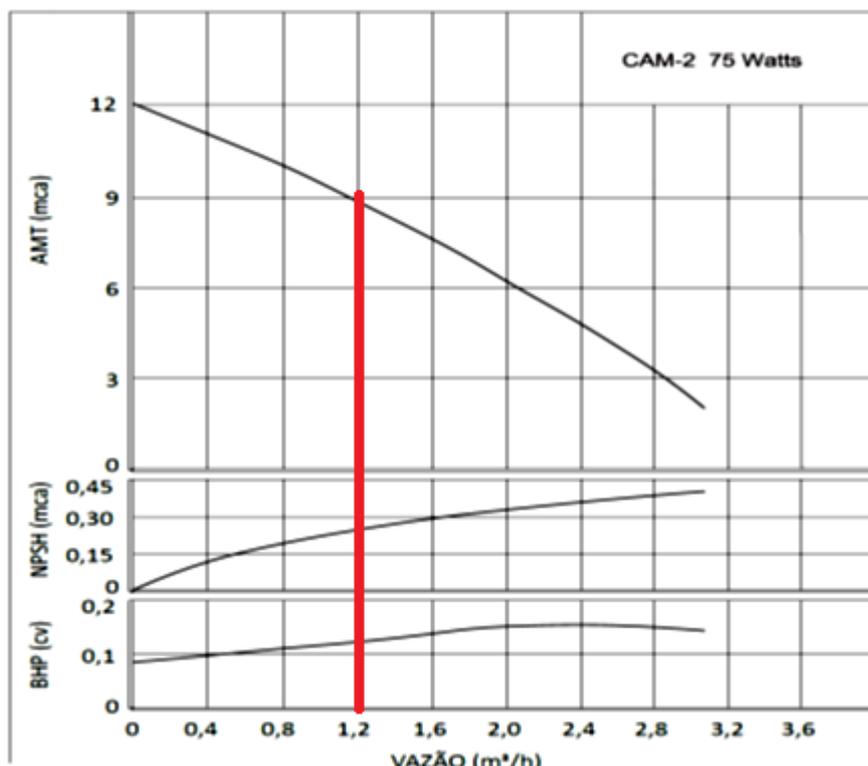


Figura 5: Curvas da bomba escolhida

Para o primeiro e o segundo sistema analisados foi necessário verificar o tempo e a quantidade de uso de cada aparelho sanitário separadamente, para o terceiro sistema foi calculado o uso da bomba para encher o tanque superior, não há necessidade do uso da bomba para o quarto sistema.

As peças analisadas foram: a torneira da pia da cozinha, o lavatório do banheiro, a bacia sanitária, o chuveiro e a máquina de lavar. Para a quantidade de uso individual de cada peça utilizou-se a média de alguns estudos realizados, por Cardoso 2010, pela PROSAB (Aparelhos Sanitários Economizadores) por Makropoulos 2008, Barreto e Medeiros 2008.

Para o cálculo do consumo energético dos sistemas diretos é necessário avaliar a quantidade de vezes que as peças são utilizadas o tempo em que elas ficam ligadas, pois cada tempo de uso necessitará do acionamento e funcionamento da bomba. A tabela 1 abaixo mostra, o tempo gasto e a quantidade de uso diário. A média de consumo de AC diário por habitante é de 120 litros.

Tabela 1: Consumo individual diário de água

Uso	Quantidade de água consumida por dia	Frequência de uso diário	Duração por uso (s)	Duração total (s)
Banho	40	1	240	240
Lavatório	8	10	13	130
Pia de Cozinha	12	3	50	150
Máquina de lavar	24	1	54	54
Vaso sanitário	36	6	18	108
<b>Total</b>	<b>120</b>			

O tempo do vaso sanitário é referente ao tempo gasto para encher a caixa acoplada do vaso.

Para o cálculo do consumo energético da bomba será considerado a soma do consumo de startup da bomba e seu funcionamento normal e o consumo no fim da operação utilizando as seguintes equações:

Consumo Total de Energia:

$$C_t = C_{su} + C_n + C_o \quad (1)$$

Consumo na operação constante ( $C_n$ )

$$C_n = t_o \cdot C \quad (2)$$

Onde:

$t_o$  = Tempo de operação (h);  $C$  = Consumo por hora utilizada (kW/h).

O fabricante da bomba fornece em seu manual o consumo de energia por hora utilizada que é 0,19kW/h.

De acordo com Tjandraatmadja, 2012 o Start-Up de uma bomba d'água possui uma duração de 0,5 segundos que é aproximadamente 0,0014 horas, o consumo de energia é quatro vezes maior que o consumo no funcionamento normal, levando isso em consideração temos e o valor de consumo encontrado pelo Wattímetro temos:

Consumo no Start-Up ( $C_{su}$ ):

$$C_{su} = 4 \cdot C \cdot 0,0014 \quad (3)$$

Para o fim de operação (Start-Off), quando o fluxo cessa, a bomba continua funcionando para ré-pressurizar a linha de stand-by (definido pelo fabricante da bomba). (Tjandraatmadja, 2012). O

tempo não é definido pelo fabricante, então será adotado 0,5 segundos como ilustrado no trabalho de Tjandraatmadja, 2012.

Consumo no fim de operação (Co):

$$C_o = C \cdot 0,0014 \quad (4)$$

Para o sistema SD foi calculado encontrado um consumo total para cada uso dos aparelhos e somados entre se, depois multiplicado por 3 por ser o número de habitantes para encontrar o valor do consumo total da residência. O sistema SDTP possui o mesmo modo de cálculo que o SD, no entanto o tanque de pressão serviu para abastecer pequenos usos, ou seja, para o cálculo será desconsiderado o startup da bomba para quatro usos do lavatório e um uso da pia da cozinha.

O sistema SI terá um acionamento de bomba por dia, abastecendo o tanque superior em 360 Litros por dia que é o consumo diário total da residência.

## RESULTADOS E DISCURSÕES

De acordo com os resultados obtidos e com o auxílio da Figura 06 é possível perceber a influência do consumo no momento de Start-Up da bomba com uma influência entre 5,7% e 4,8% nos sistemas SD e SDTP respectivamente, pois foi nesses sistemas que a bomba foi ligada mais vezes. O Consumo de energia no fim da operação é muito baixo com pouca influência no valor total. Essa diferença nos valores do Start-Up se dá ao fato da existência do tanque de pressão no SDTP.

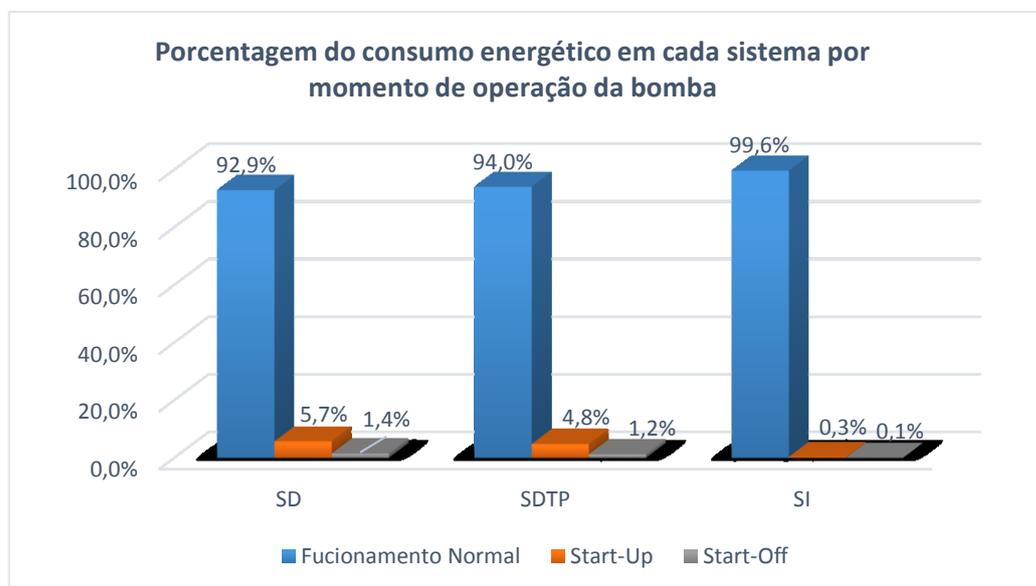


Figura 6 -Porcentagem de consumo energético em cada sistema por momento da operação

A Figura 07 mostra a diferença de consumo entre os sistemas. Esse gráfico mostra como se deve levar em consideração o tipo de sistema de uso de água de chuva em uma residência, para que haja um consumo menor de energia por m<sup>3</sup> de água consumida.

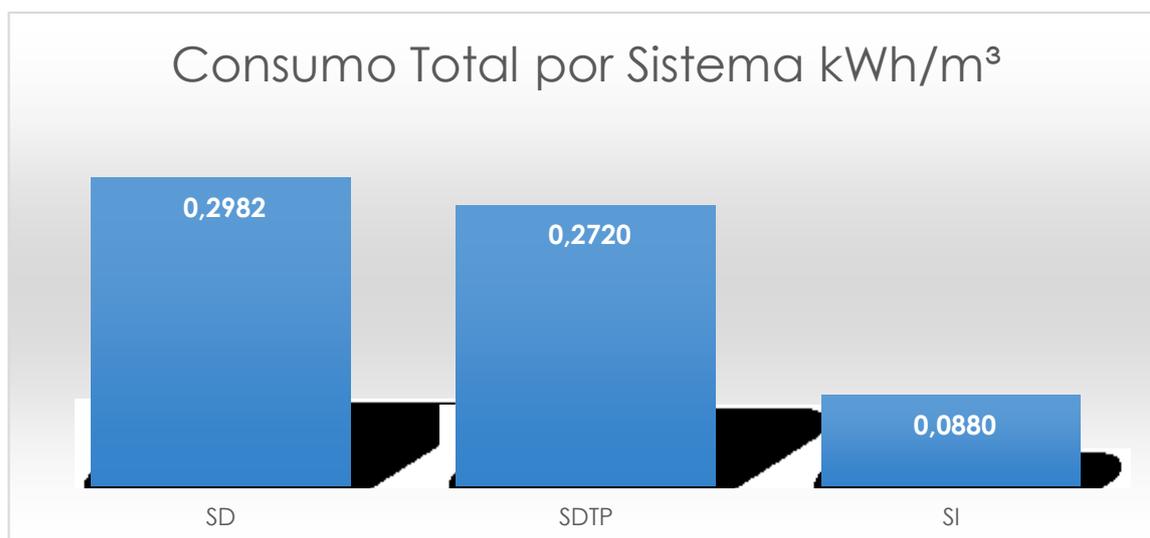


Figura 7 – Consumo energético total de cada sistema de bombeamento de água de chuva.

Através deste é possível visualizar que o sistema de distribuição da água de chuva indireto é energeticamente mais eficiente que todos os outros sistemas os sistemas diretos não são tão eficientes a ponto de ser considerados energeticamente inviáveis como fonte alternativa de água, exceto o STMA que não possui um sistema de bombeamento, mas também não é capaz de suprir a necessidade de água para banho.

De acordo com Portela 2013 a produção de água potável é relativamente intensiva no uso de eletricidade, demandando, no Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Feira de Santana, 1,91 kWh/m<sup>3</sup>, equivalente a mais de 20% do consumo de energia de uma residência.

## CONCLUSÕES

Para que o uso da água de chuva seja energeticamente eficiente em relação ao sistema convencional deve-se optar pelo sistema de bombeamento indireto já que este foi o único abaixo dos sistemas das concessionárias de diversos países, no entanto alguns países utilizam na maioria dos casos o Sistema Direto de Bombeamento tornando ineficaz do ponto de vista energético se comparados como o sistema convencional de abastecimento, já no Brasil o Sistema mais comumente usados é o SI.

Na região de Feira de Santana-BA a concessionária gasta 1,91kwh/m<sup>3</sup> isso mostra que independente da forma de bombeamento que será utilizada haverá uma economia energética, tornando dessa forma o uso da água de chuva nessa região uma fonte alternativa eficiente tanto para diminuir o consumo de energia quanto para minimizar o impacto nos mananciais de coleta de água.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGRILL, S., FARRENY, R., GASOL, C. M., GABARRELL, X., VIÑOLAS, B., JOSA, A., & RIERADEVALL, J. (2012). *Environmental analysis of rainwater harvesting infrastructures in diffuse and compact urban models of Mediterranean climate*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 17(1), 25-42.
- CARDOSO, T. O. (2010). *O uso eficiente da água nos edifícios de habitação*. Doctoral dissertation, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- MAKROPOULOS, C. K. NATSIS, K., LIU, S., MITTAS, K., & BUTLER, D. et al (2008). *Decision support for sustainable option selection in integrated urban water management*. Environmental Modelling & Software, v. 23, n. 12, p. 1448-1460.
- PORTELA, L (2013). *Avaliação da intensidade energética em sistemas de abastecimento de água: o caso de Feira de Santana/BA*. Monografia de final de curso de graduação na Universidade Estadual de Feira de Santana.
- TJANDRAATMADJA, G., POLLARD, C., SHARMA, A. K., & GARDNER, T. (2012). *Optimisation of Energy Use in Household Rainwater Supply Systems*. Urban Water Security Research Alliance.