

IV - 907 - CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA EM PRÉDIOS UNIVERSITÁRIOS COM LABORATÓRIOS DE ENSINO NA ÁREA DE QUÍMICA

Alessandra Alves da Silva Melo⁽¹⁾

Química Industrial pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (PRODEMA/UFPE).

Maurício Alves da Motta Sobrinho

Engenheiro químico pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutor em Engenharia de processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL – França). Pós-Doutorado na UFPE e na UMINHO (Portugal). Professor Titular e coordenador do curso de Eng. Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco. Editor Adjunto da Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Ana Lúcia Bezerra Candeias

Engenheira Eletricista modalidade Eletrônica. Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Doutor em Computação Aplicada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Professor Associado III do Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço⁽¹⁾: Avenida dos Economistas, s/n - Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 50.740-590 - Brasil - Tel: (81) 2126-7293 - e-mail: alessandra.asmelo@gmail.com

RESUMO

A pesquisa em tela teve como objetivo analisar a demanda hídrica de prédios universitários com laboratórios de ensino na área de química. O estudo foi realizado através da estimativa do consumo per capita da água destas edificações, bem como da previsão de demanda hídrica dos destiladores de água dos laboratórios de ensino. A metodologia para estimativa do consumo per capita de água no departamento foi feita a partir do método proposto por Berenhauer & Pulici (1983) apud Tsutiya (2006) que leva em consideração a área construída, o número de funcionários e o número de bacias sanitárias do local estudado. Para o consumo hídrico dos laboratórios de ensino foi considerado o gasto de água com os destiladores, analisando a perda antes, durante e após o uso dos equipamentos. O resultado obtido permite inferir que o consumo per capita no DEQ foi semelhante ao observado em outra instituição pública de ensino superior e abaixo do que é estabelecido por Tsutiya (2006), visto que apresentou um consumo hídrico diário no valor de 31,89 L. hab⁻¹. Para o consumo de água com os processos de destilação foi obtida uma variação entre 6,7L e 128,5L de água descartada para 1L de água destilada. Observou-se que esta considerável variação se deve principalmente ao modo operacional adotado por cada pessoa que utiliza o equipamento. Esta pesquisa alerta ainda para o fato da inexistência de hidrômetros no local estudado e como essa situação dificulta na gestão sustentável dos recursos hídricos da instituição.

PALAVRAS-CHAVE: Instituições Públicas de Ensino Superior, Consumo de Água, Processos de Destilação Hídrica.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de extrema importância, sendo fundamental à vida e às ações humanas devido à sua característica de múltiplos usos (OLIVEIRA et al., 2015). A maioria da população mundial enfrenta a escassez de água, enquanto outros fatores tais como o aquecimento global e a industrialização, ainda continuam pressionando ostensivamente os recursos hídricos disponíveis (YERLI e SAHIN, 2022).

Nesse contexto, as universidades, como centros de pesquisa e ensino possuem a função elementar de apoiar a sociedade nos desafios para alcançar o desenvolvimento sustentável (CEREZINI et al., 2017). Por serem

instituições que tem a finalidade de disseminar o conhecimento, o tema da sustentabilidade deve se estender para além da pesquisa e contribuir para a construção de uma sociedade mais ética e atenta ao meio ambiente.

No Brasil, algumas instituições de ensino superior (IES) já estão implementando programas de conservação hídrica com o intuito de reduzir o consumo de água e por consequência os custos. Neste cenário algumas IES já vêm obtendo êxito, entre elas a Universidade de São Paulo (USP) com o Programa de Uso Racional de Água (PURA), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) com o PRÓ-ÁGUA, a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e a Universidade Federal da Bahia (UFBA) ambas com os Programas de Uso Racional (SOARES et al., 2017).

Nesse sentido, para o bom gerenciamento de um sistema de abastecimento de água, faz-se necessário a previsão da demanda hídrica. Geralmente o consumo de água de um determinado local é estabelecido através da leitura de hidrômetros, mas há ainda outras formas de estabelecer o consumo per capita de água quando não há a possibilidade de se realizar a leitura em hidrômetros. Entre as alternativas podemos elencar o método proposto por Berenhauer & Pulici (1983) apud Tsutiya (2005). O referido modelo leva em consideração a área construída, o número de consumidores e o número de bacias sanitárias para determinar o consumo hídrico do local.

No cenário de IES com laboratórios de química é imperativo levar em consideração o consumo de água desses espaços de ensino no gerenciamento hídrico. O gasto mais relevante nesses ambientes fica a cargo do uso em equipamentos que demandam água e das lavagens de vidrarias. Os efluentes líquidos decorrentes dessas atividades podem ser utilizados como água de reuso e/ou reciclagem, desde que não estejam contaminadas com substâncias tóxicas (ARAÚJO e SALVADOR, 2020).

O objetivo desta pesquisa foi promover a análise da demanda hídrica de prédios universitários com laboratórios de ensino na área de química. O estudo foi realizado através da estimativa do consumo per capita da água destas edificações, bem como da previsão de demanda hídrica dos destiladores de água dos laboratórios de ensino.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho possui como área de estudo o Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) que fica localizado na cidade de Recife-PE e é composto por 3 prédios. O departamento não possui hidrômetros e por esta razão não há como determinar com exatidão o consumo mensal de água. A estimativa de consumo per capita de água no DEQ foi feita através do método proposto por Berenhauer & Pulici (1983) apud Tsutiya (2006) que leva em consideração a área construída, o número de funcionários e o número de bacias sanitárias do local estudado, conforme equação 1.

Equação 01: Consumo médio água

$$C_m = 0,03*AC + 0,7*Nf + 0,8*NBS + 50$$

Onde, AC é a área construída na área de estudo, NF é o número de pessoas que possivelmente consomem água e NBS é o número de bacias sanitárias da instituição.

Para o levantamento do quantitativo de pessoas no local foram-se considerados o total de alunos de graduação, pós-graduação, servidores públicos, docentes e funcionários terceirizados. O valor da área construída foi obtido através de consulta às plantas do departamento e para o total de bacias sanitárias foi-se feito um inventário nos prédios que compõe o DEQ.

O departamento possui 23 laboratórios de ensino e pesquisa na área de química e para calcular a estimativa do consumo de água nesses locais, será utilizado, como parâmetro, os estudos realizados por Araújo e Salvador (2020), Nascimento, Lucena e Freire (2019) e Medeiros, Storck e Volpato (2017). Esses trabalhos tratam do consumo de água em laboratórios de química, levando em consideração o gasto com água em equipamentos tais como destiladores de água.

No momento da pesquisa, apenas 7 destiladores de água estavam em funcionamento nos laboratórios de ensino do DEQ, estando os demais inoperantes. Para estimar a quantidade de água desperdiçada nas operações de destilação hídrica foi feita a medição do consumo de água antes, durante e após finalizar o processo. Para tanto, foram obtidas as vazões de desperdício através da medição de tempo e volume em cada etapa da destilação.

Vale salientar que em apenas um dos destiladores havia um sistema instalado de reutilização da água desperdiçada, o destilador central (1) do Laboratório de Processos Catalíticos - LPC, que pode ser observado

na Figura 1, juntamente da imagem de outro tipo de destilador (2) utilizado no departamento e que possui um porte menor do que o observado no LPC. Todos os destiladores pesquisados possuem o mesmo porte, exceto o equipamento do LPC. No sistema de reuso da água observado no LPC, o efluente gerado pelo destilador central é recolhido numa cisterna que reabastece o próprio equipamento.



Figura 1: Tipos de destiladores utilizados no DEQ

RESULTADOS OBTIDOS

O DEQ possui uma capacidade total de armazenamento hídrico no valor de 300,593m³, é abastecido pela Estação de Tratamento de Água (ETA) da própria UFPE e também pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). O levantamento de dados, necessários ao cálculo de consumo per capita de água, resultou em 10.927,15m² de área construída, 787 pessoas consumidoras e 35 vasos sanitários no departamento. Nesse sentido, para a estimativa de demanda hídrica mensal, utilizando o método proposto por Berenhauer & Pulici (1983) apud Tsubiy (2006), tem-se 956,71 L. hab⁻¹ e por dia tem-se 31,89 L. hab⁻¹.

As vazões de descarte hídrico durante o processo de destilação que foram obtidas na pesquisa em tela podem ser observadas na Tabela 1 e apresentam resultados que variam consideravelmente entre si. As razões de descarte durante o processo de destilação oscilaram entre 6,7L e 128,5L de água descartada para 1L de água destilada. Além disso, observou-se que entre os laboratórios há uma diferença considerável, tendo em vista aqueles que possuem modelos semelhantes de destiladores. Infere-se aqui o pressuposto de discrepâncias no modo operacional empregado no processo de destilação em cada laboratório ou ainda o estado de conservação dos equipamentos envolvidos, visto que isso acarreta numa perda de desempenho do equipamento.

Tabela 1: Vazão de descarte hídrico nos processos de destilação

Laboratório	Marca	Modelo	Vazão destilada (L/h)	Vazão descartada (L/h)	Frequência de uso	Volume descartado por 1 litro de Água destilada
Processos Catalíticos - L1 Microbiologia Controle de Qualidade Cromatografia Microreatores	Quimis	Q-341-22	2,5	90	3 vezes/ sem	36L
	Quimis	Q-341-25	4	138	4 vezes/ sem	34,5L
	Quimis	-	2,4	16	Mensal	6,7L
	Quimis	Q-341-22	2,4	35	1 vez/ sem	14,6L
	Quimis	Q-341-22	2	257	1 vez/ sem	128,5L
Processos Catalíticos Central	-	-	5,4	360	Diária	66,7L
Química Geral Analítica - Prédio de Alimentos	Marte	335024	4,2	200	1 vez/ sem	47,6L

O processo de obtenção de água destilada através de destiladores envolve perda hídrica antes, durante e após a finalização do processo de destilação em si. Portanto, os valores apresentados na Tabela 1 indicam apenas os resultados obtidos durante o processo de destilação em si. As vazões de descarte antes e após a destilação são exibidas na Tabela 2, bem como o valor total de descarte hídrico considerando a obtenção de 20L de água destilada, que é a quantidade usualmente armazenada nos laboratórios do DEQ.

Tabela 2: Descarte hídrico total nos processos de destilação

Laboratório	Volume de descarte antes da destilação (L)	Volume de descarte durante a destilação (L)	Volume de descarte depois da destilação (L)	Volume de descarte para 20L de água destilada (L)	Volume de descarte total (m³/mês)
Processos Catalíticos - L1	6	36L	5	720	8,77
Microbiologia	6	34,5L	7	690	11,25
Controle de Qualidade	2	6,7L	-	134	0,14
Cromatografia	4	14,6L	7,5	292	1,21
Microreatores	28	128,5L	23	2570	10,48
Processos Catalíticos Central	119	66,7L	64	1334	30,34
Química Geral Analítica - Prédio de Alimentos	20	47,6L	33	952	4,02

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em seu estudo, Tsutiya (2006) descreve o consumo de 50L/unidade/dia para edifícios públicos, mas relata a dificuldade de mensuração hídrica em prédios públicos devido a inexistência ou não publicidade das informações. Isso também foi observado nesta pesquisa, ratificado pela inexistência de hidrômetros no local. O valor obtido para o consumo per capita diário no DEQ se distancia um pouco da estimativa estabelecida por Tsutiya (2006), entretanto aproxima-se bastante de 30 L·hab⁻¹·dia⁻¹, consumo per capita descrito por Nakagawa (2009) em seu estudo na Universidade Federal da Bahia.

Araújo e Salvador (2020) afirmam que a demanda hídrica nos laboratórios acadêmicos pode sofrer influência de variáveis, como: manipulação e pressão da torneira, tipo de aula prática ministrada, quantidade de alunos, época do ano, condições de manutenção e operacionalização de equipamentos (destiladores), etc. Portanto, o volume de água determinado nessa situação é considerado uma estimativa. A pesquisa em tela confirma essa indicação, visto que o consumo médio de água com processos de destilação nos laboratórios de ensino variou consideravelmente. Essa variação se deve à vários fatores, sendo os mais destacados o manuseio dos equipamentos por parte do operador e o estado de conservação do equipamento.

Com exceção do destilador do LPC - Central, que é o que possui um porte maior que os outros, os demais destiladores são semelhantes e mesmo assim apresentaram variações de consumo consideráveis e isso se deve principalmente a forma de operação do equipamento. Cada operador que participou da pesquisa apresentou seu procedimento próprio para manusear o equipamento. Uns aumentam a vazão de alimentação do destilador porque acreditam que desta forma estarão protegendo a resistência do instrumento, outros diminuem a alimentação porque acreditam aumentar a eficiência do equipamento uma vez que diminuem o fluxo de saída. Além disso, pode-se inferir na variabilidade dos resultados de consumo a questão do estado de conservação do destilador. Quanto mais velho estiver o equipamento menor será sua eficiência, visto que irá demandar de mais tempo para iniciar a destilação.

Em sua pesquisa Medeiros, Storck e Volpato (2017) descrevem o consumo médio de destiladores por hora, num valor entre 127,4 a 192,3 litros de água, sendo produzidos 5 litros de água destilada, estabelecendo assim uma relação de consumo entre 25,5 a 38,5 litros para cada litro de água destilada produzido. Nascimento; Lucena; Freire (2019), em estudo análogo, relatam que a relação fica entre 28,3 a 33,1L consumidos para 1L produzido. Araújo e Salvador (2020) relataram uma situação diferente daqui foi encontrada nos outros estudos supracitados. Os autores relataram um consumo médio que variou de 20 a 60L de água descartada para obter 1L de água destilada. A pesquisa em tela apresentou valores consideravelmente discrepantes dos que foram relatados nos trabalhos citados, uma vez que foram obtidas variações de 6,7L a 128,5L de água descartada para 1L de água destilada.

CONCLUSÕES

Essa pesquisa inicialmente alerta para o fato da inexistência de hidrômetros em algumas edificações de ensino superior público, levando, inclusive, os autores a se questionar quanto a repetição desta situação em outros prédios públicos. Esse é um ponto que deve ser analisado urgentemente pelas autoridades da UFPE, visto que hidrômetros são equipamentos utilizados para medir com maior segurança o consumo hídrico de um local.

Estabelecer o consumo real e não a estimativa é uma necessidade quando se leva em consideração aspectos sustentáveis dos recursos hídricos. A partir dessa informação é que será possível estipular as tratativas visando a gestão da água em prédios públicos de ensino universitário. De acordo com Soares et al. (2017) a supressão de cobrança no uso de água subterrânea no estado de Pernambuco pode desmotivar a criação e o desenvolvimento de medidas de redução do consumo de água em edificações abastecidas por poços. Esse é um fator que pode explicar a falta de hidrômetros na UFPE, pois sem o pagamento de taxas na utilização de águas de poços a instituição não se sente obrigada pelo aspecto financeiro a cobrar da sua comunidade o consumo responsável da água.

O valor da estimativa do consumo per capita obtido nesta pesquisa nos permite inferir que a demanda hídrica do DEQ não difere substancialmente das encontradas em outras instituições públicas universitárias. Em relação ao gasto hídrico nos laboratórios de ensino superior na área de química, observou-se variações consideráveis de gasto hídrico para obtenção de água destilada. E isso se deve ao fato de que cada operador realiza o processo de destilação de forma diferente. Por ser um instrumento que consome muita água, Araújo e Salvador (2020) recomendam a substituição dos destiladores por equipamentos que fazem a mesma função e gastam bem menos água, como é o caso dos deionizadores e osmose reversa. Essa é uma proposta que deve ser levada em consideração, visto que se trata de um recurso finito essencial à sobrevivência humana.

Segundo Araújo e Salvador (2020) as águas que são descartadas nos processos de destilação podem ser reutilizadas sem restrição, visto que elas normalmente não entram em contato com substâncias químicas ou produtos tóxicos e sua qualidade é considerada adequada aos fins pretendidos. Essa proposta deve ser considerada pelas autoridades da instituição, uma vez que se torna uma alternativa de reuso de um volume considerável de água que atualmente é desprezada. O método de reutilização da água descartada pelos destiladores que está em operação no LPC-Central deve ser implementado em todo o departamento, tanto pelo aspecto sustentável da ideia quanto pelo cenário financeiro caso a proposta de substituição dos destiladores por outros equipamentos menos consumidores não seja viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, M. M. A.; SALVADOR, N. N. B. Potencial de reuso de águas residuárias de laboratórios de análises químicas. Estudo de caso da Universidade Federal de Uberlândia. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, vol. 23, n.3, 2020.
2. CEREZINI, M. T.; FERREIRA, E. M. A. N.; GARCIA, E. S. L.; MALHEIROS, T. F. Indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos no contexto de campus universitário. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 202 - 215, jul./set. 2017.
3. MEDEIROS, R. C.; STORCK, W. R.; VOLPATTO, F. Gestão da água de descarte
4. de destiladores de água em Laboratórios de uma IES. *In*: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 8, Campo Grande - MS, 2017. **Anais[...]** Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/I-015.pdf> Acesso em: 23 Dez. 2022.
5. NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA**. Dissertação (Mestrado profissional em gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo) - Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.
6. NASCIMENTO, F. G. R.; LUCENA C. M. L.; FREIRE, L. L. Reuso em laboratórios de análises ambientais: desperdícios e custos da água residual de destiladores. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 578-594, 2019.
7. OLIVEIRA, H. R.; FREITAS, A. H.; FERREIRA, J. O.; ANDRADE, G. R. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços artesianos no município de Coxim-MS. *In*: 55º Congresso Brasileiro de Química - Recursos Renováveis: Inovação e Tecnologia. Goiânia, 2015. **Anais[...]** Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2015/trabalhos/5/7969-20525.html> Acesso em: 20 Ago. 2022.

8. SOARES, A. E. P.; SILVA, T. L.; SILVA, S. R.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, J. K. Caracterização do consumo de água em uma universidade pública do Recife-PE. *In: 29º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. São Paulo - SP, 2017. **Anais** [...] Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletoPDF/IV-070.pdf> Acesso em: 21 Dez. 2022.
9. TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 643p. 4a. Edição, 2006.
10. YERLI, C; SAHIN, U. An assessment of the urban water footprint and blue water scarcity: A case study for Van (Turkey). **Brazilian Journal of Biology**, vol. 82, 2022.