

Área: Sustentabilidade | Tema: Temas Emergentes em Sustentabilidade

ECONOMIA DE ÁGUA POR SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO EM PROCESSOS LABORATORIAIS

WATER ECONOMY BY LABORATORY PROCESS RECIRCULATION SYSTEM

Pedro Jorge Goes Lopes, Rodrigo Coldebella, André Luiz Missio, Cristiane Pedrazzi e Marina Gentil

RESUMO

As Universidades necessitam realizar em seus laboratórios pesquisas científicas com viés tecnológico inovador, porém necessita promover o uso eficiente dos seus recursos disponíveis, como por exemplo a água, sob uma ótica ecologicamente amigável (eco-freindly). O presente estudo objetivou avaliar a eficiência do sistema de recirculação de água, durante extração em aparelho Soxhlet, para redução do consumo desse recurso natural em escala laboratorial. Com base nisso, realizou-se a montagem de equipamento extrator Soxhlet completo em bateria de extração (com 6 extratores acoplados de 250 mL cada), por meio do emprego de dois sistemas de trabalho: o convencional (em dois ritmos de extração) e de recirculação. Para a quantificação do consumo de água encanada realizou-se a mensuração do tempo dispendido, por meio de cronômetro digital, ao atingir a volumetria sequencial de 1, 2 e 4 L, assim, extrapolou-se para o consumo total durante um período completo de extração. O menor tempo necessário para utilizar certo volume de água e, conseqüentemente, maior consumo de água é realizado com emprego do SCPmáx. Diferentemente dos sistemas convencionais, o SR inicia o processo extrativo com o volume de água necessária para seu adequado funcionamento (~ 6,0 L). Ao final do processo extrativo, o consumo total de água pelo SCPméd., SCPmáx. e SR foi de aproximadamente 644, 1.129 e apenas 8 L, respectivamente. O SR promoveu uma redução no consumo de água na taxa de 99,29%. O presente sistema de recirculação da água, para o processo de extração em laboratório, é uma solução tecnológica viável para todos os laboratórios das IES. Trata-se de tecnologia acessível e ecologicamente amigável, com baixo custo de aquisição e uso, pouca manutenção, além de possibilitar o desenvolvimento de pesquisas científicas com uso dos recursos de forma sustentável.

Palavras-Chave: Redução do consumo de água; Sistema eficiente; Tecnologia viável; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Universities need to carry out in their laboratories scientific research with innovative technological bias, but need to promote the efficient use of their available resources, such as water, from an eco-freindly perspective. The present study aimed to evaluate the efficiency of the water recirculation system during extraction in a Soxhlet apparatus to reduce the consumption of this natural resource on a laboratory scale. Based on this, the complete Soxhlet extractor equipment was assembled in an extraction battery (with 6 coupled extractors of 250 mL each), using two working systems: the conventional one (at two extraction rates) and recirculation. In order to quantify the consumption of tap water, the time spent by digital chronometer was measured, reaching the sequential volume of 1, 2 and 4 L, thus extrapolated to the total consumption during a complete period of time. extraction. The shortest time required to use a certain volume of water and, consequently, higher water consumption is performed with the use of SCPmax. Unlike conventional systems, SR starts the extractive process with the volume of water required for its proper operation (~ 6.0 L). At the end of the extractive process, the total water consumption by SCPméd., SCPmax. and SR was approximately 644; 1,129 and only 8 L, respectively. The SR promoted a reduction in water consumption of 99.29%. The present water recirculation system for the laboratory extraction process is a viable technological solution. It is affordable and environmentally friendly technology, with low cost of purchase and use, low maintenance, and enables the development of scientific research with sustainable use of resources.

Keywords: Water consumption reduction; Efficient system; Viable technology; Sustainability.

ECONOMIA DE ÁGUA POR SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO EM PROCESSOS LABORATORIAIS

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida e atua em diversos mecanismos no Planeta Terra, sendo classificada como um recurso natural potencialmente renovável. O Artigo 1º da Lei 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos) dispõe que a água é um bem de domínio público, recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que se deve propiciar o seu uso múltiplo (BRASIL, 1997), portanto deve ser gerenciada de forma sustentável para o interesse comum e uso coletivo pela sociedade.

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs 17 objetivos para um desenvolvimento sustentável aos seus 193 países membros, em vista de suprir as necessidades atuais das populações, porém sem comprometer de forma significativa a existência das gerações futuras. Dentre as propostas, o objetivo 6 aborda sobre a questão da água potável e o saneamento, no que tange aspectos a serem implementados sobre a gestão e sua disponibilidade para todos (ONU, 2015).

Tal política, a nível global, foi proposta devido a dados atuais alarmantes, pois no mundo mais de 2 bilhões de pessoas não possuem os serviços básicos de acesso à água potável (ONU, 2019a). Já no Brasil, essa taxa corresponde em torno de 35 milhões de cidadãos com falta de acesso a esse bem natural indispensável para a vida (ONU, 2019b).

O Brasil detém aproximadamente 12% da água doce do mundo, cerca de 46,2% de toda água retirada para uso é destinada a irrigação para práticas agrícolas, 23,3% para o abastecimento urbano da população, 9,2% para a indústria de forma geral. Vale ressaltar que destina-se, aproximadamente, $161,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no abastecimento animal para pecuária, principalmente, na criação de bovinos (ANA, 2018). Para Instituição de Ensino Superior (IES), com base em estudo de caso, Silva Júnior; Ferreira; Barboza (2018) estabeleceram um consumo de água *per capita* de $33,14 \text{ L} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ (população consumidora de 33.504 usuários), para o *Campus* de A. C. Simões, pertencente a Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Normalmente, as pesquisas científicas nas IES apresentam metodologias e equipamentos que promovem o desperdício da água (canalizada e tratada), como por exemplo o processo de extração de tecidos vegetais, sendo a água rapidamente direcionada para o sistema de esgoto predial, com perdas de milhares de metros cúbicos anuais, fato que desencadeia a insustentabilidade econômica e ambiental dos estudos e processos (*economic and environmental unsustainability*).

Diante de todo o exposto, o “universo” acadêmico (Universidades, Institutos, pesquisadores, docentes e discentes) não pode mais se distanciar desses aspectos sociais coletivos sobre recursos naturais, e sim além de proporcionar inovações tecnológicas para a sociedade, necessita-se aliar medidas mitigadoras da gestão inadequada dos recursos hídricos durante o desenvolvimento dos seus eixos de ensino, pesquisa e extensão.

Nas universidades se faz necessário a eficiência no uso da água, a redução do consumo desse recurso natural, a minimização das perdas econômicas com a maximização nas atividades, além da realização de pesquisas mais sustentáveis. Pelo emprego de tecnologias apropriadas e inovações para melhorar os seus espaços de ocupação, como os *campi* (visão macro) ou laboratórios e ambientes de ensino (visão micro), sob uma ótica ecologicamente amigável (*eco-friendly*).

Com base nisso, o presente estudo de caso objetivou avaliar a eficiência do sistema de recirculação de água, empregado no processo de extração com aparelho Soxhlet, o qual pode ser utilizado também em destilador de solventes e rotaevaporador, para redução do consumo desse recurso natural por período de trabalho em escala laboratorial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

No Laboratório de Química da Madeira (LAQUIM), pertencente a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – *Campus* Sede, desenvolveu-se um estudo de caso sobre o consumo de água canalizada pelo processo extrativo com equipamento laboratorial do tipo Soxhlet completo.

Inicialmente realizou-se a montagem do equipamento extrator Soxhlet completo em bateria de extração (com 6 extractores acoplados de 250 mL cada), por meio do emprego de dois sistemas de trabalho: o convencional e de recirculação (Figura 1A).

O primeiro sistema é composto basicamente de torneira comum de parede, tubulação de mangueira, mantas aquecedoras (extração realizada em potência média ou máxima), balões de fundo chato, condensadores e extractores Soxhlet, o qual após resfriamento do sistema para condensação do solvente, ocorre a descarga da água do sistema diretamente no encanamento predial. Já o segundo sistema, apresenta os mesmos componentes, além de uma caixa armazenadora (isopor) e uma bomba para fonte e aquário submersa, marca Sarlobetter, modelo S300 (vazão de 280 L.h⁻¹ e consumo de 7 W), com uso de recirculação da água para obtenção do resfriamento no sistema (Figura 1B). O resfriamento da água que circula o sistema é realizado pela adição de gelo na caixa e, a mesma água do sistema é coletada para o congelamento e posterior utilização, para manutenção constante do nível de água.

Figura 1 – Montagem do sistema de recirculação de água em processo laboratorial: (A) bateria de extração com 6 extractores Soxhlet completos e (B) visão superior do interior da caixa de armazenamento de água para resfriamento e condensação durante processo extrativo.



Fonte: autores.

Durante a montagem dos distintos sistemas (convencional e de recirculação), desenvolveu-se avaliação econômica dos custos para aquisição do material e sua implantação. Para a quantificação do consumo de água encanada pelos distintos sistemas (convencional em dois ritmos de extração e de recirculação), realizou-se a mensuração do tempo dispendido, por meio de cronômetro digital, ao atingir a volumetria sequencial de 1, 2 e 4 L.

Por fim, calculou-se a vazão média de água (L.h⁻¹) e, assim, extrapolou-se para o consumo total durante um período completo de extração (primeira etapa de 7 h e a segunda etapa de 5 h, o qual totaliza cerca de 12 h).

3 RESULTADOS

O valor de aquisição do material e manutenção do sistema convencional, para operar em potência média (SCPméd.) ou máxima (SCPmáx.) é cerca de R\$ 20,00. O custo inicial para aquisição do sistema de recirculação (SR) é aproximadamente 4 vezes superior (R\$ 82,00) ao complexo tradicional, fato devido principalmente pelo valor da bomba submersa. Entretanto, o SR ainda assim apresenta baixo custo, com materiais acessíveis a todas as localidades, além de ser uma tecnologia de fácil utilização e adaptável a diversos equipamentos de laboratórios.

Desde o ano de 2015 opera-se o sistema SR no LAQUIM/UFSM, o qual necessita apenas de limpeza da tubulação e da bomba de recirculação, operações estas que não demandam nenhum tipo de custo/despesa adicional.

O menor tempo necessário para utilizar certo volume de água e, conseqüentemente, maior consumo de água é realizado com emprego do SCPmáx. (Tabela 1), nessa etapa de extração ocorre o emprego de alta potência nas mantas aquecedoras (100 °C), portanto necessita maior volume de água em circulação para resfriamento do sistema e a condensação do solvente em uso (geralmente etanol à 95%).

Tabela 1 – Análise do tempo gasto (s) para consumo de 1, 2 e 4 L de água canalizada, durante processo extrativo em equipamento Soxhlet completo.

Sistema de Trabalho	Volume de Água (L)		
	1	2	4
SCPméd.	60	140	290
SCPmáx.	31	84	179
SR	-	-	-

Em que: SCPméd., o sistema convencional na potência média; SCPmáx., o sistema convencional na potência máxima; e SR, o sistema de recirculação. Fonte: autores.

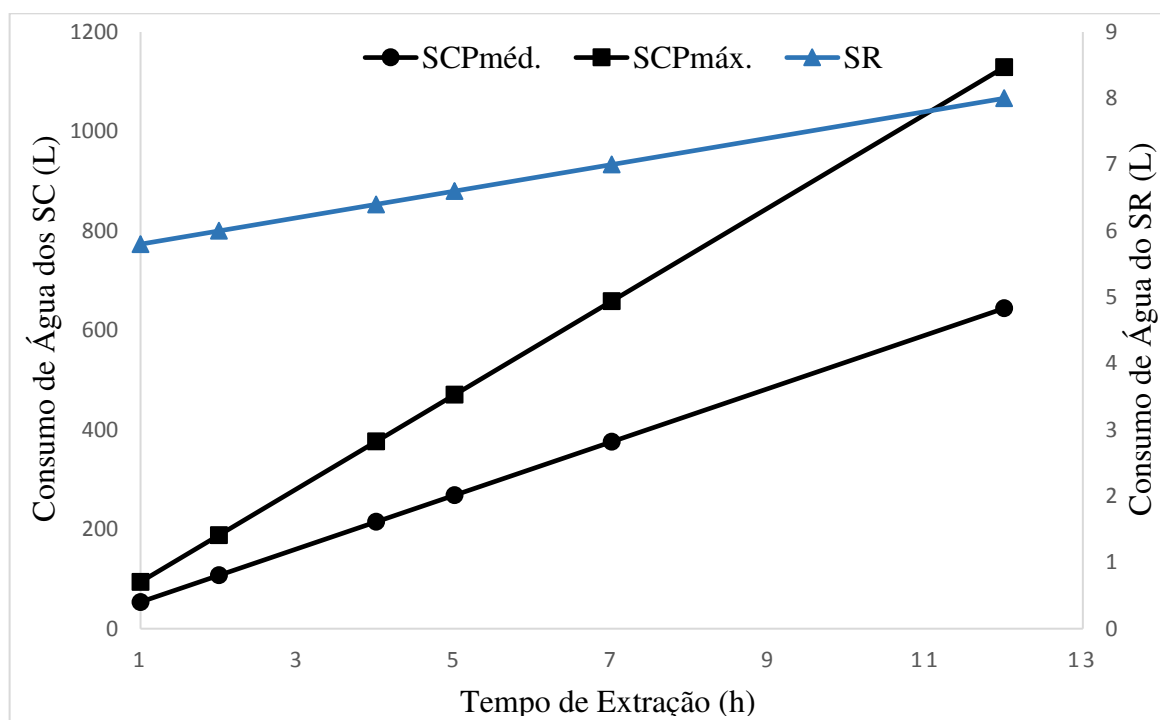
Diferentemente dos sistemas convencionais, o SR inicia o processo extrativo com o volume de água necessária para seu adequado funcionamento (~ 6,0 L), sendo necessário periodicamente apenas a inclusão de gelo na água presente na caixa de armazenamento. Vale ressaltar que o mesmo apresenta uma vazão média de água de 280 L.h⁻¹, o SCPméd. e SCPmáx. possuem em torno de 53,7 e 94,1 L.h⁻¹, respectivamente. Torneiras convencionais abertas apresentam vazão entre 828 a 1.512 L.h⁻¹ (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP, 2019), podendo aumentar consideravelmente o desperdício de água.

Portanto, o SR promove maior circulação de água na tubulação (3.360 L de recirculação da água em 12 h) em relação aos sistemas convencionais, adicionalmente o mesmo consome menor taxa de água (fixa) para realização do processo, sem ocasionar problemáticas de emprego durante a extração em laboratório.

Ao final do processo extrativo, o consumo total de água pelo SCPméd., SCPmáx. e SR foi de aproximadamente 644, 1.129 e apenas 8 L, respectivamente, conforme demonstrado na Figura 2. Numa perspectiva de consumo mensal (com média de 15 processos de extração), os respectivos sistemas gastariam aproximadamente 9.660, 16.935 e 120 L de água. Com a redução desse volume de água, a mesma pode ser empregada em locais de maior necessidade dentro das IES, como por exemplo no setor de alimentação e consumo humano.

Sistemas maiores que visam a redução e o controle do consumo de água, além de seu desperdício, já estão sendo aplicados em IES, como por exemplo a Universidade Federal de Campina Grande reduziu cerca de R\$ 1 milhão em 4 anos (GERMANO, 2018).

Figura 2 – Comportamento do consumo de água pelos distintos sistemas de trabalho durante o processo extrativo em equipamento Soxhlet completo.



Em que: SCPméd., o sistema convencional na potência média; SCPmáx., o sistema convencional na potência máxima; e SR, o sistema de recirculação. Fonte: autores.

O SR promoveu uma redução no consumo de água na taxa de 99,29%, sendo que os outros tipos atingiram desperdício máximo de quase 1 m³ de água canalizada e tratada, volume esse que custa o preço base de R\$ 6,38 para empresas públicas no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO - CORSAN, 2019). Vale ressaltar que aliado a esse fato de redução do consumo de água, certas empresas de abastecimento de água podem disponibilizar descontos nas tarifas para consumidores que conseguem reduzir cerca de 20% no consumo mensal. A bomba utilizada no SR tem um consumo energético de 7 W, por isso, o sistema promove o gasto de R\$ 0,07 de energia elétrica durante 12 horas de extração. Com base no balanço energético entre os custos da água tratada e energia elétrica, mostra-se a eficiência e viabilidade do SR em relação aos sistemas convencionais.

Em suma, o presente sistema de recirculação da água, para o processo de extração em laboratório, é uma solução tecnológica viável para todos os laboratórios das IES. A mesma deve ser encorajada e aplicada visando diminuir o consumo e posterior desperdício desse bem natural, economia de custos advindos das questões anteriores, maximização das atividades laboratoriais com menor e adequado uso dos recursos, ou seja, satisfaz os pilares que formam atualmente a base para ideias e soluções tecnológicas sustentáveis.

4 CONCLUSÃO

O uso do sistema de recirculação de água, com emprego da bomba para fonte, é altamente eficiente para redução do consumo de água encanada em escala laboratorial.

Trata-se de tecnologia acessível e ecologicamente amigável, com baixo custo de aquisição e uso, pouca manutenção, além de possibilitar o desenvolvimento de pesquisas científicas com uso dos recursos de forma sustentável.

5 LIMITAÇÃO

O sistema de recirculação de água é abastecido com gelo de forma manual, sendo necessária a supervisão constante do processo.

6 RECOMENDAÇÃO DE ESTUDO

O presente sistema de bombeamento deve ser aplicado para equipamentos laboratoriais de maior dimensão e maior consumo de água canalizada, como por exemplo, o Destilador Vertical e Rotoevaporador.

Criação de um sistema automático de resfriamento, com controle de temperatura (termostato e serpentina).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA - Brasil). **Consumo de água:** saiba quais são as atividades que mais utilizam o recurso no País. [S.I.], mar. 2018. Disponível em: <<http://legado.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2018/03/consumo-de-agua-saiba-quais-sao-as-atividades-que-mais-utilizam-o-recurso-no-pais>>. Acesso em: 27 ago. 2019.
- BRASIL. Decreto-lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política nacional de recursos hídricos.** Brasília, DF, jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Equipamentos economizadores.** [S.I.], 2019. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>>. Acesso em: 28 ago. 2019.
- COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAN). **Estrutura tarifária sintética.** Porto Alegre: CORSAN, jul. 2019. 9 p.
- GERMANO, E. Universidade economiza R\$ 1 milhão com projeto de redução do consumo de água em quatro anos. **Jornal da Paraíba**, João Pessoa, 27 abr. 2018.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo:** a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Última ed. Tradução pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). [S.I.]: UNIC Rio, out. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 28 ago. 2019.
- _____. Mais de 2 bilhões de pessoas no mundo são privadas do direito à água. **Desenvolvimento Sustentável**, [S.I.]: UNIC Rio, mar. 2019a. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/mais-de-2-bilhoes-de-pessoas-no-mundo-sao-privadas-do-direito-a-agua/>>. Acesso em: 28 ago. 2019.
- _____. Dia mundial da água 2019: ‘não deixar ninguém para trás’. **Desenvolvimento Sustentável**, [S.I.]: UNIC Rio, mar. 2019b. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/artigo-dia-mundial-da-agua-2019-nao-deixar-ninguem-para-tras/>>. Acesso em: 28 ago. 2019.
- SILVA JÚNIOR, J. C.; FERREIRA, I. V. L.; BARBOZA, M. G. Consumo *per capita* de água em Instituição de Ensino Superior: estudo de caso. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DE ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2018, Maceió. **Anais...** Maceió, AL: CONTECC, 2018. 5 p. Disponível em: <http://www.confex.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/88_cpdc%C3%A1eide s.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2019.