

## MANUTENÇÃO DOS MÓDULOS DIDÁTICOS NO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA QUÍMICA - LADEQ I

Fabiana Batista Sousa da Silva<sup>1</sup> - Unifesspa

Gabriel Morais Offman<sup>2</sup> - Unifesspa

Clóvis Sacardo da Silva<sup>3</sup> - Unifesspa

**Área de conhecimento de acordo com CNPq:** Engenharias.

**Agência Financiadora da Bolsa:** Pró-Reitoria de Ensino de Graduação-PROEG.

**Programa de Ensino:** PROLAB - Programa de Apoio a Laboratórios de Ensino.

**Resumo:** Visando garantir a eficiência e funcionalidade dos módulos de operações unitárias no Laboratório de Engenharia Química I, este trabalho focou na implementação de manutenções preventivas e corretivas nesses equipamentos. Foram introduzidos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para padronizar o uso e assegurar a operação correta dos equipamentos, além de reparos e substituição de peças danificadas dos módulos didáticos. Essas ações aumentaram a confiabilidade dos experimentos e asseguraram a continuidade de atividades acadêmicas e de pesquisa no laboratório de ensino.

**Palavras-chave:** Laboratório de ensino; Módulos didáticos; POPs; Manutenção.

### 1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Engenharia Química (LADEQ I) Vinculado à Faculdade de Engenharia Química, tem como finalidade fomentar a aplicação de conhecimentos teóricos em contextos práticos, mediante a utilização de módulos didáticos que simulam processos industriais e promovem estudos em pequena escala na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). No entanto, a ausência de um plano de manutenção estruturado comprometeu a funcionalidade dos equipamentos e a continuidade das atividades realizadas no laboratório.

A implementação de programas de manutenção preventiva e corretiva pode reduzir significativamente problemas operacionais e melhorar a segurança (SILVESTRE, 2021). Além disso, a adoção de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para cada módulo é fundamental para garantir a segurança dos usuários e a consistência nos resultados experimentais, promovendo a padronização das atividades laboratoriais, (SILVA, 1994).

O trabalho descrito se propõe a descrever as estratégias de manutenção adotadas nos módulos didáticos do LADEQ I, com ênfase na elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão, na implementação de um programa de monitoramento contínuo e na gestão de resíduos do ambiente de ensino. Considerando que o armazenamento, tratamento e descarte inadequados de resíduos

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Química (FEQ/Unifesspa), Bolsista do Programa de Apoio a Laboratórios de Ensino. E-mail: fabiana.sousa@unifesspa.edu.br

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Engenharia Química (FEQ/Unifesspa). Bolsista do Programa (de Ensino) Monitoria Geral. E-mail: gabrieloffman@unifesspa.edu.br.

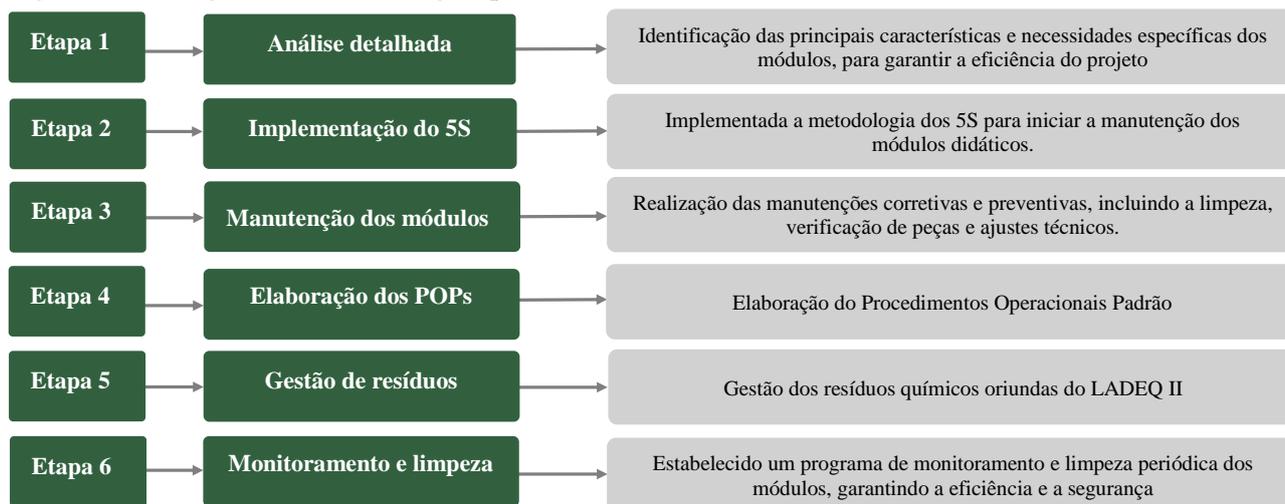
<sup>3</sup> *Doutor em Engenharia Química. Professor Titular Adjunto da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (FEQ/Unifesspa). Coordenador do Programa de Apoio a Laboratórios de Ensino. E-mail: clovis.silva@unifesspa.edu.br.*

suscitam preocupações significativas em termos socioambientais e de segurança no laboratório (ALBERGUINI *et al.*, 2003), as iniciativas propostas visam não apenas aprimorar a eficácia das operações laboratoriais nos módulos didáticos, mas também garantir a conformidade com as práticas de segurança e sustentabilidade do laboratório.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desenvolvida e implementada ao Laboratório de Engenharia Química LADEQ I avançou conforme as etapas delineadas no fluxograma como pode se observar na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia aplicada no LADEQ I.



Fonte: Autores.

A etapa inicial envolveu uma análise detalhada das condições dos módulos, identificando suas características e necessidades específicas. Na etapa subsequente, foi implementado um programa de 5S para iniciar as manutenções corretivas, a qual envolveu a verificação de peças, ajustes técnicos, substituição de componentes e reparo de defeitos identificados na inspeção da etapa 1. Mediante isso, foram elaborados Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para padronizar o uso dos equipamentos e orientar os usuários sobre funcionamento e segurança dos módulos didáticos.

Com parte fundamental do projeto, a etapa 5 dedicou-se à gestão de resíduos do laboratório, assegurando a destinação adequada dos materiais gerados. Por fim, a etapa final consolidou-se no monitoramento contínuo, aplicação de manutenções preventivas e limpeza periódica dos módulos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto de manutenção dos módulos didáticos do Laboratório de Engenharia Química I (LADEQ I) foi implementado com o propósito de assegurar a eficiência e a segurança nas operações realizadas nos experimentos. Os módulos, essenciais para a reprodução de operações em Engenharia Química no ambiente acadêmico, passaram por intervenções mecânicas e ajustes operacionais, além da implementação de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs).

Inicialmente, uma inspeção detalhada foi conduzida para identificar as principais falhas e áreas de melhoria nos módulos. Determinados estes fatores, a primeira ação foi implementar um programa de limpeza geral para garantir a segurança e a eficiência das operações.

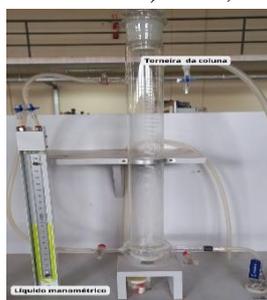
Na inspeção do módulo de ETA, foram identificados vazamentos em pontos críticos do módulo, danos no motor do tanque de mistura e ressecamento nas mangueiras conectadas às bombas. Como medida de intervenção, os vazamentos foram corrigidos utilizando cola de silicone nas conexões de acrílico afetadas, o motor danificado foi reparado e as mangueiras ressecadas foram substituídas, como pode se observar na Figura 2.

No módulo de multipropósitos, a bomba principal do sistema encontrava-se fora de operação, comprometendo o fluxo adequado de água aos demais componentes, o líquido do manômetro estava contaminado, demandando substituição para garantir a precisão das medições e uma torneira na coluna principal estava obstruída, impedindo a circulação de fluido no sistema. Esses problemas foram abordados com a substituição da bomba principal, do líquido do manômetro e da torneira danificada, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Medidas corretivas aplicadas aos módulos: a) ETA; b e c) Multipropósitos.



a. ETA: Mangueiras trocadas nas bombas B-2, B-3 e B-4



b. Multipropósitos: líquido e torneira da coluna novos



c. Multipropósitos: Bomba centrífuga nova

Fonte: Acervo dos autores.

Na bancada de reatores, foram constatados vazamentos em diversos pontos do módulo e mangueiras ressecadas, sem condição alguma de uso, como mostrado na Figura 3. Para solução dos problemas supracitados, realizou-se como medida corretiva a troca de todas as mangueiras da bancada de reatores, como também se aplicou selante em todos os pontos de vazamento presentes.

Figura 3 – Bancada de reatores antes das medidas corretivas.



a. Mangueiras dos reatores CSTR ressecadas



b. Mangueiras das bombas peristálticas ressecadas



c. Mangueiras de fluxo ressecadas

Fonte: Acervo dos autores.

Após a implementação das medidas corretivas, foi estabelecido um programa de monitoramento e limpeza periódica dos módulos para garantir a eficiência contínua e a segurança operacional dos equipamentos. Essas ações visaram prevenir recorrências de problemas, além de manter os módulos em condições adequadas de uso, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Módulos didáticos após as medidas corretivas: a) ETA b) Multipropósitos c) Reatores.



a. Estação de tratamento de água (ETA)      b. Coluna de Multipropósitos      c. Bancada de reatores

Fonte: Acervo de Autores.

Após a implementação das medidas corretivas, foram elaborados Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), específicos para cada módulo didático, como pode se observar na Figura 5. Esses POPs visam garantir a segurança e a padronização das operações, orientando os usuários na execução segura e eficiente dos experimentos, de acordo com as características de cada módulo.

Figura 5 – Procedimento Operacional Padrão dos módulos didáticos: a) ETA b) Multipropósitos c) Reatores.

UNIFESSPA		Universidade Federal Do Sul E Sudeste Do Pará	
Procedimento Operacional Padrão (POP)			
<b>Operação da Estação de Tratamento de Água (ETA)</b>			
<b>Objetivo Estratégico:</b>	Adquirir conhecimento sobre os procedimentos operacionais sequenciais do módulo educacional denominado 'Estação de Tratamento de Água (ETA)';		
<b>Unidade Responsável:</b>	<b>Unidade Subresponsável:</b>	<b>Data de Emissão:</b>	<b>Nº de Revisões:</b>
LADÉQ I	PROCLAB	08/08/2023	2
<b>Coordenador (a) da Unidade:</b>		Prof. Dr. Clóvis Sacardo da Silva	

UNIFESSPA		Universidade Federal Do Sul E Sudeste Do Pará	
Procedimento Operacional Padrão (POP)			
<b>Coluna de Multipropósitos: Adsorção, Fluidização e Extração</b>			
<b>Objetivo Estratégico:</b>	Adquirir conhecimento sobre os procedimentos operacionais sequenciais do módulo educacional denominado 'Coluna de multipropósitos';		
<b>Unidade Responsável:</b>	<b>Unidade Subresponsável:</b>	<b>Data de Emissão:</b>	<b>Nº de Revisões:</b>
LADÉQ I	PROCLAB	08/08/2023	1
<b>Coordenador (a) da Unidade:</b>		Prof. Dr. Clóvis Sacardo da Silva	

UNIFESSPA		Universidade Federal Do Sul E Sudeste Do Pará	
Procedimento Operacional Padrão (POP)			
<b>Bancada de Reatores (Batelada – CSTR – Tubular)</b>			
<b>Objetivo Estratégico:</b>	Adquirir conhecimento sobre os procedimentos operacionais sequenciais do módulo educacional denominado 'Bancada de Reatores (Batelada – CSTR – Tubular)';		
<b>Unidade Responsável:</b>	<b>Unidade Subresponsável:</b>	<b>Data de Emissão:</b>	<b>Nº de Revisões:</b>
LADÉQ I	PROCLAB	08/08/2023	1
<b>Coordenador (a) da Unidade:</b>		Prof. Dr. Clóvis Sacardo da Silva	

a. POP módulo de ETA      b. POP módulo de multipropósitos      c. Módulo de reatores

Fonte: Acervo dos autores.

Adicionalmente, foram produzidas etiquetas com QR codes que concedem acesso aos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e aos manuais dos módulos didáticos, conforme a Figura 6, permitindo que os usuários acessem essas informações durante a execução de atividades nos módulos.

Figura 6 – Etiqueta dos módulos didáticos com QR Codes: a) ETA b) Multipropósitos c) Reatores.



a. Etiqueta do módulo de ETA      b. Etiqueta do módulo de multipropósitos      c. Etiqueta do módulo de reatores

Fonte: Acervo dos autores.

Além das intervenções de manutenção nos módulos de ensino, uma parte fundamental do projeto foi dedicada à gestão de resíduos químicos gerados pelo Laboratório de Engenharia Química II (LADÉQ II), como mostra a Figura 7. Os resíduos químicos resultantes das atividades de pesquisa foram devidamente segregados, armazenados e, quando necessário, neutralizados antes do descarte, conforme as diretrizes de segurança e regulamentações ambientais aplicáveis.

Figura 7 – Gestão de resíduos químicos.



a. Armário de resíduos químicos



b. Segregação dos resíduos químicos



c. Recipientes de resíduos químicos descartados

Fonte: Acervo dos autores.

Para assegurar a gestão eficiente dos resíduos gerados pelo LADEQ II, foi desenvolvida uma planilha de mapeamento, oferecendo uma forma organizada de registrar e gerenciar esses materiais. A planilha online está disponível para facilitar o acesso dos discentes, sendo acessada por meio do QR code presente nas etiquetas, que também incluem uma advertência sobre a utilização das identificações de resíduos químicos, como pode se observar na Figura 8.

Figura 8 – Etiqueta para acesso da planilha de resíduos químicos.



Fonte: Acervo dos autores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades executadas no Laboratório de Engenharia Química (LADEQ I) foram bem-sucedidas, garantindo eficiência, segurança e padronização do ambiente de ensino. A manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos foi uma determinante na funcionalidade dos módulos didáticos, garantindo a continuidade de aulas práticas e projetos de pesquisa. A criação dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) trouxe uniformidade e segurança ao uso dos equipamentos. O sistema de gestão de resíduos químicos do LADEQ II assegurou descarte seguro, elevando a organização e produtividade do laboratório, atendendo às diretrizes ambientais e as boas práticas laboratoriais.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ALBERGUINI, Leny; SILVA, Luis Carlos; REZENDE, Maria. Laboratório de resíduos químicos do campus USP- São Carlos – resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. **Química Nova**. Vol. 26, Nº 2, p. 291-295, fev. de 2003.
- SILVA, S. H. **Controle da qualidade assistencial de enfermagem: implementação de um modelo**. Tese de doutorado da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, 1994.
- SILVESTRE, Edriana Andreóli. **Segurança para laboratórios em Química: um manual com orientações** / Edriana Andreóli Silvestre – Cuiaba – MT, 2021.