

## Capítulo V – Implementação do Sistema Lean em Laboratório Químico: Um estudo de caso no Centro Universitário UniSenaiPR Londrina

João Vitor Chendynski<sup>16</sup>

Camila Fogaca de Oliveira<sup>17</sup>

Adriana Giseli Leite Carvalho<sup>18</sup>

Rodolfo Alexandre Hildebrandt<sup>19</sup>

### RESUMO

O estudo aborda a implementação do sistema Lean em um laboratório químico universitário, visando melhorar a eficiência das operações e o ambiente de aprendizado. Com a organização dos armários no laboratório, percebeu-se mudanças significativas, como o aproveitamento vertical, a ordenação de vidrarias e a reorganização do espaço.

**Palavras-chave:** Lean. Laboratório Químico. Eficiência. Otimização

### Implementation of the Lean System in a Chemical Laboratory: A Case Study at UniSenaiPR Londrina University Center

### ABSTRACT

The study addresses the implementation of the Lean system in a university chemical laboratory, aiming to improve the efficiency of operations and the learning environment. With the organization of the cabinets in the laboratory, significant changes were noticed, such as vertical utilization, glassware arrangement, and space reorganization.

**Key words:** Lean. Chemical Laboratory. Efficiency. Optimization.

### 1 INTRODUÇÃO

A filosofia *Lean* teve sua origem na década de 50, quando Eiji Toyoda enfrentava uma crise na fábrica de sua família no Japão, produzindo apenas 2685 automóveis em 13 anos, enquanto com a maior fábrica da Ford na América do Norte, produzia 7000 carros por dia. De acordo com Dennis (2008), Eiji

<sup>16</sup> Estudante. UniSenaiPR - Campus Londrina.

<sup>17</sup> Doutora em Matemática. UniSenaiPR - Campus Londrina, [camila.oliveira@sistemafiep.org.br](mailto:camila.oliveira@sistemafiep.org.br)

<sup>18</sup> Especialista. UniSenaiPR - Campus Londrina, [adriana.carvalho@sistemafiep.org.br](mailto:adriana.carvalho@sistemafiep.org.br)

<sup>19</sup> Doutor em Eng. Mecânica. UniSenaiPR - Campus Londrina. [rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br](mailto:rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br)

Toyota, com o apoio de Taiichi Ohno e seus colaboradores na Toyota, identificaram que a economia de custos estava associada à produção de lotes menores com trocas rápidas de ferramentas, especialmente na prensagem, o que facilitava o controle de qualidade e a detecção de falhas.

O *Lean Manufacturing*, que significa "manufatura enxuta" em inglês, tem como objetivo promover uma mudança na cultura de produção de uma empresa. Em um ambiente de aprendizagem entre professor e alunos seria o maior aproveitamento de aprendizagem com a eliminação de desperdícios, tais como movimentação, retrabalho e espera (SENAI, 2018).

Os laboratórios didáticos contribuem para a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade, permitindo o desenvolvimento em diversos campos, testando e comprovando conceitos e estimulando a capacidade de abstração dos alunos. Além disso, auxiliam a resolução de situações-problema do cotidiano, a construção de conhecimentos, por meio de associação entre teorias e experimentação.

Neste estudo, apresenta-se uma proposta de melhoria para um laboratório químico, com foco na organização de estoque, inventário e espaço, visando otimizar a eficiência e a eficácia das operações laboratoriais, reduzir desperdícios e melhorar a qualidade do ambiente de aprendizado para os estudantes.

Nesse sentido, tem-se como finalidade conectar a teoria com a prática, permitindo a observação direta de fenômenos ou organismos. Para alcançar esse objetivo, o espaço do laboratório deve estar adequadamente equipado para a realização de experimentos. A organização do estoque e o controle de inventário desempenham um papel crucial no gerenciamento do fluxo de produtos, onde vidrarias, reagentes e outros produtos controlados, além de serem dispendiosos, podem representar riscos para a saúde humana e o meio ambiente, bem como gerar prejuízos substanciais.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Em um contexto em que o mercado interno japonês enfrentava uma série de desafios devido à diversidade de demanda por veículos e à escassez econômica causada pelos efeitos da guerra, limitando os investimentos em tecnologias ocidentais, a Toyota iniciou seu desenvolvimento e entrou na competição com várias marcas já estabelecidas no mercado (DENNIS, 2008).

A Toyota rapidamente se destacou devido à sua habilidade em minimizar perdas, uma vez que muitos desperdícios eram frequentemente ignorados devido à sua presença comum no ambiente de trabalho. Algumas operações foram capazes de agregar valor ao processo, resultando em melhorias no trabalho e, por conseguinte, na qualidade do produto final (SHINGO, 1996).

À medida que o valor agregado ao produto aumenta, a eficiência operacional também cresce. No entanto, a eficiência pode ser prejudicada pela falta de manutenção de equipamentos, necessidade de reparos e repetição de tarefas. Para atingir uma taxa líquida de operação mais elevada, é crucial reduzir o número de horas-homem, sendo o objetivo na Toyota se aproximar de uma taxa operacional de 100%. O Sistema Toyota de Produção visa capacitar as organizações a atender de maneira ágil às principais demandas do mercado, com foco nas principais dimensões de competitividade: custo, qualidade, flexibilidade, atendimento e inovação (SHINGO, 1996).

A fim de sustentar essas melhorias contínuas e manter a excelência operacional, a Toyota implementou o Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) como uma abordagem fundamental. Este ciclo fornece uma estrutura para planejar, executar, verificar e agir com base nos resultados obtidos. Inicialmente, a Toyota realiza o planejamento das atividades, estabelecendo metas de melhoria e identificando áreas problemáticas. Em seguida, eles executam as ações planejadas, implementando mudanças e ajustes nos processos de produção.

Segundo Senai (2018), o ciclo PDCA tem como objetivos:

- Plan (Planejar): Nesta fase, é feito o planejamento detalhado do projeto ou processo. Isso inclui definir os objetivos, o que precisa ser organizado, o que se quer alcançar e como fazer isso. É o momento de estabelecer metas claras e estratégias para atingi-las.
- Do (Fazer): Após o planejamento, entra-se na fase de execução e as atividades planejadas são colocadas em prática. É importante seguir o plano cuidadosamente para garantir que as ações estejam alinhadas com os objetivos definidos na etapa de planejamento.
- Check (Verificar): Durante esta etapa, são coletados dados e informações sobre a execução do projeto ou processo. Esses dados são analisados para avaliar se as metas foram alcançadas e se as atividades foram realizadas conforme o planejado. Essa

verificação é crucial para identificar desvios e áreas que precisam de melhorias.

- Act (Agir): Com base nos resultados da fase de verificação, são implementadas as mudanças necessárias para corrigir desvios e melhorar o processo ou projeto. Essa etapa envolve a aplicação de soluções e ajustes com o objetivo de aprimorar a eficiência e a eficácia do sistema.

O ciclo PDCA é interativo, o que significa que, após a fase de Agir, o processo recomeça com uma nova fase de planejamento. Isso garante que a gestão seja contínua e adaptativa, permitindo a melhoria constante ao longo do tempo. Essa abordagem é amplamente utilizada em diversas áreas e setores, pois proporciona um método estruturado e eficaz para a gestão e melhoria de processos e projetos.

Ao seguir esse ciclo, as organizações têm a oportunidade de otimizar continuamente suas operações e alcançar melhores resultados. A aplicação do PDCA pode ser aprimorada com a utilização de um conjunto de técnicas que facilitam o processo de tomada de decisões. Essas técnicas são importantes para (i) Identificar Prioridades; (ii) Identificar e Analisar Causas Fundamentais; (iii) Planejar Ações de Melhoria.

Neste contexto, a análise das operações e processos em um laboratório químico se torna fundamental para garantir um ambiente propício ao aprendizado e ao desenvolvimento de pesquisas de qualidade. A proposta de melhoria que será apresentada neste trabalho visa não apenas otimizar a organização do estoque, o inventário e o espaço, mas também, de forma mais ampla, elevar a eficiência e a eficácia das atividades laboratoriais.

Por meio dessa abordagem, busca-se reduzir desperdícios de recursos e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do ambiente de aprendizado oferecido aos estudantes. Esta pesquisa não apenas identificará os desafios existentes no laboratório, mas também fornecerá estratégias e soluções para otimizar as operações, contribuindo assim para o alcance dos objetivos de ensino e pesquisa da instituição.

### 3 METODOLOGIA

Neste trabalho, aplicamos a abordagem *Lean Educacional* em um laboratório químico, com foco na otimização de estoque, inventário e espaço. O processo seguiu uma metodologia cuidadosa, que descrevemos a seguir:

- **Análise Inicial e Estabelecimento de Metas:** Iniciamos com uma análise detalhada do estado atual do laboratório, identificando suas principais deficiências e necessidades. Com base nessa análise, estabelecemos metas claras para orientar nosso trabalho.
- **Introdução de Práticas *Lean*:** Com base no mapeamento dos fluxos de trabalho, introduzimos práticas *Lean* específicas para eliminar desperdícios e melhorar a eficiência. Isso incluiu a revisão de processos, a simplificação de tarefas e a otimização de procedimentos.
- **Organização Vertical do Estoque:** Uma das principais intervenções foi a reorganização vertical do estoque. Posicionamos os materiais de forma estratégica, com os itens mais frequentemente utilizados ao alcance dos alunos, reduzindo o tempo gasto procurando por materiais e minimizando deslocamentos desnecessários.
- **Classificação e Rotulagem dos Materiais:** Implementamos um sistema de classificação e rotulagem dos materiais, tornando mais fácil a identificação e localização dos itens. Isso contribuiu para a redução de erros e o aumento da eficiência.
- **Inventário Preciso:** Implementamos um controle do inventário, reduzindo erros e perdas de materiais.
- **Melhoria do Layout:** Realizamos a reorganização do layout do laboratório com o objetivo de otimizar o fluxo de trabalho e minimizar deslocamentos desnecessários. Posicionamos os materiais mais utilizados próximos aos pontos de uso, facilitando a movimentação dos alunos e garantindo uma disposição lógica dos equipamentos.

A análise dos resultados será apresentada na próxima seção, evidenciando as melhorias alcançadas no laboratório químico após a implementação das estratégias *Lean*.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nessa seção exploraremos as mudanças significativas promovidas em relação à organização dos armários no laboratório. As ações empreendidas nas áreas de Aproveitamento Vertical, Ordenação de Vidrarias, Reorganização, Agrupamento, Verificação de Condições e Descarte tiveram como objetivo primordial aprimorar a eficiência das operações, reduzir desperdícios e melhorar o ambiente de aprendizado.

### Armário 116919

- **Aproveitamento Vertical:** Instalamos uma base, transformando a altura do armário em prateleira, permitindo o empilhamento de materiais.
- **Ordenação de Vidrarias:** As vidrarias foram organizadas para fácil acesso e identificação.
- **Reorganização:** Realizamos uma reorganização para obter mais espaço, incluindo pranchamento externo de béqueres. As grades destinadas a tubos de ensaio e funis também foram reorganizadas, resultando em um ganho de 2228 cm<sup>2</sup>.
- **Agrupamento:** Classificamos funis por tamanho e tipo, e béqueres pela capacidade.
- **Verificação de Condições:** Realizamos inspeção em todas as vidrarias, assegurando limpeza e segurança.
- **Descarte:** Descartamos vidrarias danificadas em local apropriado para evitar riscos aos alunos.

ANTES

DEPOIS



### Armário 116920

- **Aproveitamento Vertical:** Instalamos uma base, transformando a altura do armário em prateleira, permitindo o empilhamento de materiais.
- **Ordenação de Vidrarias:** Organizamos as vidrarias para facilitar a localização e acesso.
- **Reorganização:** Realizamos uma reorganização para obter mais espaço, incluindo pranchamento externo de béqueres e organização de funis, resultando em um ganho de 2660cm<sup>2</sup>.
- **Agrupamento:** Classificamos funis por tamanho e tipo, e béqueres pela capacidade.
- **Verificação de Condições:** Realizamos inspeção em todas as vidrarias, assegurando limpeza e segurança.

- **Descarte:** Descartamos vidrarias danificadas em local apropriado para evitar riscos aos alunos.

ANTES

DEPOIS



### Armário 116932

- **Aproveitamento Vertical:** Instalamos uma base, transformando a altura do armário em prateleira, permitindo o empilhamento de materiais.
- **Ordenação de Materiais e Equipamentos:** Organizamos os materiais e equipamentos para facilitar a localização e acesso.
- **Ordenação de Micropipetas:** Ordenamos as micropipetas de acordo com suas faixas de volume.
- **Reorganização:** Realizamos uma reorganização para obter mais espaço, resultando em um ganho de 748cm<sup>2</sup>.

- **Agrupamento:** Classificamos as chapas de aquecimento e agitadores por tipo, visando prevenir acidentes.
- **Verificação de Condições:** Realizamos inspeção em todas as vidrarias, assegurando limpeza e segurança
- **Descarte:** Descartamos vidrarias danificadas em local apropriado para evitar riscos aos alunos.

**ANTES**
**DEPOIS**


Armário 116933:

- **Aproveitamento Vertical:** Instalamos uma base, transformando a altura do armário em prateleira, permitindo o empilhamento de materiais.
- **Ordenação de Materiais:** Organizamos os materiais para facilitar o acesso e a organização.

- **Ordenação de Condensadores e Proveta Grande:** Organizamos condensadores para evitar acidentes. Acondicionamos a proveta grande em uma caixa, também visando segurança.
- **Reorganização:** Realizamos uma reorganização de provetas e pissetas e outros materiais, resultando em um ganho de 375cm<sup>2</sup>.
- **Agrupamento:** Classificamos provetas de plástico e pissetas por capacidade em volume.
- **Verificação de Condições:** Realizamos inspeção em todas as vidrarias, assegurando limpeza e segurança
- **Descarte:** Descartamos vidrarias danificadas em local apropriado para evitar riscos aos alunos.

ANTES



DEPOIS



Armário 116939:

- **Aproveitamento Vertical:** Instalamos uma base, transformando a altura do armário em prateleira, permitindo o empilhamento de materiais.
- **Ordenação de Vidrarias:** Organizamos as vidrarias para facilitar a localização e acesso.
- **Reorganização:** Realizamos uma reorganização para obter mais espaço, incluindo pranchamento externo de erlenmeyers e organização de funis, resultando em um ganho de 360cm<sup>2</sup>.
- **Agrupamento:** Classificamos funis por tamanho e tipo, e erlenmeyers pela capacidade.
- **Verificação de Condições:** Realizamos inspeção em todas as vidrarias, assegurando limpeza e segurança.

- **Descarte:** Descartamos vidrarias danificadas em local apropriado para evitar riscos aos alunos.



Com a organização dos armários no laboratório, percebeu-se mudanças significativas, como o aproveitamento vertical, a ordenação de vidrarias, a reorganização do espaço, entre outras ações. Essas intervenções foram realizadas com o objetivo de aprimorar a eficiência das operações e melhorar o ambiente de aprendizado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da implementação do Lean Educacional, foi demonstrado que uma melhor organização pode resultar em um maior espaço de armazenamento sem a necessidade de altos investimentos. A utilização de prateleiras de pranchas suspensas pode proporcionar uma otimização ainda maior com resistência e baixo custo.

## REFERÊNCIAS

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2008.

Ministério da Educação (BRASIL). Secretaria de Educação Básica. **Proposta pedagógica para a educação profissional: laboratórios**. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/13\\_laboratorios.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/13_laboratorios.pdf). Acesso em: 14/09/2023.

SENAI. **Guia para implantação da metodologia Lean Educacional nas Escolas SENAI**. Departamento Nacional, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Brasília: SENAI/DN, 2018.

## ANEXOS

Tabela 1: Inventário Armário Baixo 116933

Descrição	Quantidade
Pissetas 500ml	15
Provetas de vidro 500ml	3
Provetas de plástico 500ml	5
Provetas de plástico 100ml	11
Proveta de vidro 100ml	1
Provetas de vidro com marcadores plásticos 50ml	3
Pinças de inox de tamanhos diversos	9
Caixa com termômetros, bastões de vidro e prendedores de madeira, vidro relógio e materiais diversos	1
Caixas de pipetas plásticas de transfêrencia de 30mls com 500 unidades cada	3
Caixa com calorímetro, rolhas de erlenmeyer e micromêtros sem uso e 2 pacotes com 100 discos de papel filtro de 18,5 cm sendo 1 pacote aberto	1
Potes de tinta guache azul de 250ml	7
Cubetas em poliestireno para amostra de água	92
Isopor com 3 almofadas para congelamento	1
Pêra pipetadora	2
Colunas vigorux de 2 saídas	2
Vidros de Liebig de 500ml	3
Tubos de papelão escrito F.L.R	2
Kit didático para formação de moléculas	1
Vidros de Liebig de 300ml	3
Adaptadores 3 vias 105°	2
Caixa com diversos microfiltros circulares de diversos tamanhos com todos os pacotes abertos e 5 caixas lacradas	1
Bicos de Bunsen	8
Tubos dobrados 1/4 em 90° de vidro para Erlenmeyer	2
Tubo 1/4 reto com rolha para Erlenmeyer	1
Tubo para condensação de destilação de 250ml	1
Compensadores para destilação de 300ml	5
Tomada para adaptador à vácuo em 90°	1
Tubo de conexão à curvatura de vidro ajustada à terra	1
Condensador de Liebig de 300ml	1
Viscosímetro	1

Tabela 2: Inventário Armário Baixo 116932

Descrição	Quantidade
Cálice medidor 15ml	20
Cálice medidor 60ml	21
Cálice medidor 125ml	24
Cálice medidor 250ml	21
Frascos para reagentes de 250ml	8
Frascos para reagentes de 500ml	16
Contagotas	22
Estantes para tubos de ensaio	9
Pampers de 500ml	24
Garrafas contagotas de plástico de 30ml transparente	63
Garrafa plástica conta-gotas de 60ml transparente	1
Garrafas plásticas conta-gotas de 100ml transparentes	2
Garrafas plásticas conta-gotas brancas de 60 ml	18
Garrafas plásticas conta-gotas de plástico brancas de 100ml	11
Garrafas plásticas conta-gotas brancas de 30ml	8

Tabela 3: Inventário Armário Baixo 116938

Descrição	Quantidade
Erlenmeyer de 2000mls	16
Erlenmeyer de 500mls boca estreita	16
Seladora de embalagens	1
Saco material PLA	1
Bequer de 600mls	5
Bequer de 1000mls	4
Bequer de 3000mls	1
Bequer de 2000mls	1
Bequer de 400mls	1
Erlenmeyer de 300mls	2
Vidrinho pequeno de tampão vitreo	1
Kitassato de 300mls	2

Tabela 4: Inventário Armário Baixo 116939

Descrição	Quantidade
Erlenmeyer de 500mls	30
Erlenmeyer de 1000mls	13
Erlenmeyer de 300mls	9
Erlenmeyer de 125mls	2
Funil buchner de 130cm de diâmetro	5
Funil buchner 5,5cm de diâmetro	3
Funil buchner 7cm de diâmetro	6
Funil buchner de 8cm de diâmetro	4
Kitassato de 500mls	1
Estante para escovas de tubos de ensaio	1
Cápsula de porcelana com esmagador	1
Peneira de plástico média	9
Peneira de plástico grande	3
Funil plásticos de 4,5cm de diâmetro	2
Funil plástico de 8cm de diâmetro	7
Funil plástico de 7 cm de diâmetro	1
Funil plástico com 9,5cm de diâmetro	3
Recipiente vítreo de alto volume	1

Tabela 5: Inventário Armário Baixo 116920

Descrição	Quantidade
Funil de vidro 100mm	10
Funil de vidro 80mm	4
Funil de vidro 50mm	3
Funil de vidro 4,5mm	5
Funil buchner de vidro 125mls	1
Funil de separação pera 500mls	2
Funil de separação 100mls	1
Funil de separação pêra 125mls	3
Caixa com tubos de ensaio	1
Caixa com placas de Petri de acrilico	2
Béquers de 1000mls	7
Béquers de 600mls	2
Béquers de 400mls	4
Béquer de 250mls	1
Erlenmeyer de 250mls	1
Béquer de 100mls	7
Béquer de 50mls	2

Tabela 6: Inventário Armário Baixo 116919

Descrição	Quantidade
Balão de fundo chato 1000mls	9
Caixa com tubos de ensaio pequenos	1
Estante para tubos de ensaio pequenos	5
Balão de fundo chato de 500mls	9
Balão de fundo chato de 2000mls	1
Balão de fundo redondo de 500 mls	7
Balão de fundo chato de 250mls	2
Balão de fundo chato de 125 mls	4
Lamparina de vidro com pavio	5
Grade para tubos de ensaio	54
Grade para descanso de tubos de ensaio horizontais	4

Tabela 7: Inventário Armário baixo 116934

Descrição	Quantidade
Balão fundo chato 100mls	12
Balão fundo chato 500mls	16
Balão de fundo chato 250mls	16
Estante com 122 tubos de ensaio sem tampa	1
Estante com 57 tubos de ensaio sem tampa	1
Estante com 25 tubos de ensaio sem tampa e 59 tubos de ensaio com tampa	1
Balão de fundo chato 1000mls	6
Mantas aquecedoras	3
Transluminador	1
Suporte de pipetas	1
Potinho com tampa plasticos	6
Suporte circular para pipetas	1
Suporte para escovas de vidrarias	1
Béquer de 2000 mls poliuretano	10
Béquer de 1000 mls poliuretano	11
Béquer de 600mls poliuretano	23
Béquer de 400mls poliuretano	12
Béquer de 250mls poliuretano	22
Béquer de 100mls poliuretano	11
Béquer de 50 mls de poliuretano	1
Béquer de 150mls poliuretano	3