



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA



**HENRIQUE HORÁCIO RODRIGUES**

**OTIMIZAÇÃO DE ATIVIDADES LABORATORIAIS PELA APLICAÇÃO  
DE FERRAMENTAS DE PENSAMENTO ENXUTO (*LEAN THINKING*)**

**VITÓRIA-ES**

**2021**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA



**HENRIQUE HORÁCIO RODRIGUES**

## **OTIMIZAÇÃO DE ATIVIDADES LABORATORIAIS PELA APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PENSAMENTO ENXUTO (*LEAN THINKING*)**

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão Pública.

Orientador: Prof. Dr. Roquemar de Lima Baldam

**VITÓRIA-ES**

**2021**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

R696o Rodrigues, Henrique Horácio, 1986-  
Otimização de atividades laboratoriais pela aplicação de ferramentas de pensamento enxuto (lean thinking) / Henrique Horácio Rodrigues. - 2021.  
91 f. : il.

Orientador: Roquemar de Lima Baldam.

Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública)  
- Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas.

1. Administração pública. 2. Contribuição de melhoria. 3. Laboratórios. I. Baldam, Roquemar de Lima. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 35

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA



**HENRIQUE HORÁCIO RODRIGUES**

**OTIMIZAÇÃO DE ATIVIDADES LABORATORIAIS PELA  
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PENSAMENTO ENXUTO  
(LEAN THINKING)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Gestão Pública do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão Pública.

Aprovado em 27 de maio de 2021.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Roquemar de Lima Baldam**

**Orientador - PPGGP/UFES**

---

**Prof. Dr. Lourenço Costa**

**Membro Interno - PPGGP/UFES**

---

**Prof. Dr. Luan Carlos Santos Silva**

**Membro Externo – PROFIAP/UFES**

Dedico este trabalho aos meus pais Antônio César (*in memoriam*) e Ana Francisca, e especialmente ao meu filho Miguel. Amo vocês!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ser bom o tempo todo. O tempo todo Deus é bom!

Ao meu filho Miguel, que foi compreensivo todas as vezes em que perdeu dias de futebol, praia e passeios com o pai que estava sentado na frente de um notebook.

À minha mãe, que sempre foi exemplo de amor e dedicação. E que terminou uma graduação e uma pós-graduação aos 60 anos.

Ao meu pai, que se faz presente em lembrança e por ter me deixado tantos bons exemplos e tantos momentos de alegrias e celebrações.

Ao meu orientador, Professor Dr. Roquemar de Lima Baldam, que se mostrou exemplo e não me deixou desanimar.

Aos amigos que sempre estiveram presentes, nos melhores e piores momentos de minha vida. A companhia de vocês fez tudo ficar mais leve e prazeroso. Ciça e Renata, vocês moram no meu coração. William, você acabou de perder um notebook.

A toda equipe do Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção, em especial à Coordenadora, Profa. Dra. Geilma Lima Vieira, por sempre confiar, incentivar e manter uma relação de amizade. Aos atuais técnicos: Luana Seidel, Breno Breda e Márcio Loss, pela parceria, comprometimento e presteza de sempre. Sem esquecer de todos aqueles que já passaram e contribuíram com o meu crescimento profissional: Prof. Fernando Avancini, Antônio Mário Loriato, Carlos Maria Izoton e Sebastião Queiroz.

Aos membros da banca pela disponibilidade e conselhos finais.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao Programa de Mestrado em Gestão Pública e aos colegas de turma, pela oportunidade de aprendizagem e crescimento, principalmente ao colega Leandro Amaral Klein, por todo apoio e incentivo.

“Não ter problemas é o maior problema de todos”

Taichi Ohno



## RESUMO

RODRIGUES, Henrique Horácio. **Otimização de atividades laboratoriais pela aplicação de ferramentas de pensamento enxuto (*lean thinking*)**. 2021. 91 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública) – Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.

É apresentado como algumas ferramentas do pensamento enxuto podem auxiliar na melhoria da rotina das atividades laboratoriais. Alguns problemas, como a falta de organização de tempo, registros, materiais, atividades, entre outros, afetam diretamente a qualidade do serviço executado, visto a complexidade das tarefas laboratoriais. O objetivo desta pesquisa é propor ações de otimização de atividades laboratoriais através da aplicação de ferramentas de pensamento enxuto em laboratório de materiais. Para isto, foi feito um levantamento das atividades mais significativas e executadas em um laboratório de ensaios em materiais de construção, via pesquisa documental. Logo após, por meio da observação, levantaram-se os pontos problemáticos nos processos, para que fossem propostas adequações de otimização, utilizando ferramentas do pensamento enxuto. Posteriormente, as adequações foram validadas por um grupo de foco entre os técnicos do laboratório. Melhorias alcançadas, como o aumento do número de salas de ensaios, organização dos ambientes, redução do deslocamento e esforço e criação de sistema de agendamento de atividades, contribuiram com um melhor ambiente de trabalho e com uma melhor gestão do setor público – além de colaborarem também com a produção científica sobre pensamento enxuto em área diferente do setor manufatureiro. Esta pesquisa aplicou diferentes técnicas do pensamento enxuto, ao contrário da maioria das pesquisas observadas até aqui, que se dedicam a aplicar somente uma técnica enxuta em laboratórios. Como produto técnico/tecnológico, a pesquisa gerou um relatório de intervenção para otimização de atividades em laboratórios experimentais.

**Palavras-chave:** Laboratório de Materiais. Gestão Pública. Pensamento Enxuto. Otimização.

## **ABSTRACT**

RODRIGUES, Henrique Horácio. **Optimization of laboratory activities by applying lean thinking tools**. 2021. 91 p. Dissertation (Professional Master in Public Management) – Post Graduate Program in Public Management, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.

It is presented how some lean thinking tools can help to improve the routine of laboratory activities. Some problems such as lack of organization of time, records, materials, activities, among others, directly affect the quality of the service performed, given the complexity of laboratory tasks. The objective of this research is to propose actions to optimize laboratory activities through the application of lean thinking tools in a materials laboratory. For this, a survey of the most significant activities carried out in a testing laboratory on construction materials was carried out, via documentary research. Soon after, through observation, the problematic points in the processes were raised, so that optimization adjustments could be proposed, using lean thinking tools. Subsequently, the adjustments were validated by a focus group among laboratory technicians. Improvements achieved, such as the increase in the number of rehearsal rooms, organization of environments, reduction of displacement and effort and creation of a system for scheduling activities, contributed to a better work environment and better management of the public sector, it also collaborated with scientific production on lean thinking in a different area of the manufacturing sector. This research applied different lean thinking techniques, unlike most of the researches observed so far, which are dedicated to applying only one lean technique in laboratories. As a technical/technological product, the research generated an intervention report to optimize activities in experimental laboratories.

**Keyword:** Materials Laboratory. Public Management. Lean Thinking. Optimization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Programar e realizar ensaios laboratoriais no LEMAC (as is).....	43
Figura 2 - Programar e realizar ensaios laboratoriais no LEMAC (to be) .....	44
Figura 3 - Sala 6 antes das alterações.....	46
Figura 4 - Sala 13 antes das alterações.....	47
Figura 5 - Sala 14 antes das alterações.....	47
Figura 6 - Sala 6 após alterações.....	49
Figura 7 - Sala 13 após alterações.....	50
Figura 8 - Sala 14 após alterações.....	50
Figura 9 - <i>Kaizen</i> – Criar e expandir salas de ensaios .....	51
Figura 10 - Armário de peneiras organizado .....	52
Figura 11 - Área da oficina antes das alterações .....	53
Figura 12 – Área da oficina após alterações .....	55
Figura 13 - <i>Kaizen</i> – Organizar oficina de manutenção do LEMAC .....	55
Figura 14 - Câmara seca antiga - antes das alterações.....	56
Figura 15 - Nova câmara seca - após alterações.....	58
Figura 16 – Esquema das alterações na câmara seca e sala de cortes .....	58
Figura 17 - Câmara úmida antes das alterações.....	60
Figura 18 - Câmara úmida após alterações .....	61
Figura 19 - Quadro de identificação dos espaços da câmara úmida - Gestão à Vista .....	61
Figura 20 - Gráfico Espaguete - peneiramento e pesagem de insumos antes das alterações.....	63
Figura 21 - Gráfico Espaguete – pesagem de areia e brita para confecção de concreto antes das alterações.....	64
Figura 22 - Gráfico Espaguete - peneiramento e pesagem de insumos após alterações.....	66
Figura 23 – Gráfico Espaguete – pesagem de areia e brita para confecção de concreto após alterações .....	67
Figura 24 – <i>Kaizen</i> – Reduzir tempo e distância deslocada na realização de peneiramento e pesagem de insumos .....	68
Figura 25 – <i>Kaizen</i> – Reduzir tempo e distância deslocada na pesagem de insumos para produção de concreto.....	69

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Solicitações de Atividades de Pesquisa e Extensão.....	39
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Princípios de produção da Toyota.....	32
Quadro 2 - Matriz do projeto de pesquisa .....	34
Quadro 3 - Resumo das alterações realizadas .....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM	Gerenciamento De Processos De Negócios
CT	Centro Tecnológico
CP	Corpo de Prova
DEC	Departamento de Engenharia Civil
JIT	<i>Just In Time</i>
LEMAC	Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção
PME	Pequenas e Médias Empresas
PTT	Produto Técnico/Tecnológico
STP	Sistema Toyota de Produção
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	<b>17</b>
1.1	TEMPORALIDADES.....	17
1.2	O TEMA.....	18
1.3	O CONTEXTO E O PROBLEMA.....	19
1.4	OBJETIVOS .....	20
1.4.1	<i>Objetivo geral</i> .....	20
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	21
1.5	PRODUTO TÉCNICO OBTIDO .....	21
1.6	DELIMITAÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	22
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
2.1	OS LABORATÓRIOS E SUAS ATIVIDADES.....	23
2.1.1	<i>Importância das atividades laboratoriais</i> .....	23
2.1.2	<i>Problemas enfrentados em atividades laboratoriais</i> .....	24
2.2	A UTILIZAÇÃO DE PENSAMENTO ENXUTO EM ATIVIDADES LABORATORIAIS .....	25
2.2.1	<i>O que é o pensamento enxuto</i> .....	25
2.2.2	<i>Benefícios da aplicação do pensamento enxuto</i> .....	27
2.2.3	<i>Ferramentas do pensamento enxuto</i> .....	29
2.3	PENSAMENTO ENXUTO APLICADO A ATIVIDADES LABORATORIAIS ...	31
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1	ESTRUTURA DE MÉTODOS UTILIZADA .....	34
3.2	ABORDAGEM, FASES METODOLÓGICAS E SUAS ENTREGAS .....	34
3.2.1	<i>Pesquisa-ação</i> .....	34
3.2.2	<i>Pesquisa documental</i> .....	35
3.2.3	<i>Observação</i> .....	36
3.2.4	<i>Ferramentas de pensamento enxuto</i> .....	37
3.2.5	<i>Grupo de foco</i> .....	37
3.3	ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA .....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>38</b>

4.1	SUJEITO DE PESQUISA.....	38
4.2	DEMANDAS MAIS SIGNIFICATIVAS E SOLICITADAS NO LABORATÓRIO DE MATERIAIS .....	39
4.3	ATIVIDADES EM QUE SÃO INDICADAS MELHORIAS .....	41
4.4	IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NA SOLICITAÇÃO E AGENDAMENTO DE ATIVIDADES UTILIZANDO O BPM .....	42
4.5	UTILIZAÇÃO DO 5S NA EXPANSÃO, READEQUAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS AMBIENTES DO LABORATÓRIO .....	45
4.5.1	<i>Salas de ensaios</i> .....	46
4.5.2	<i>Área de oficina</i> .....	53
4.5.3	<i>Câmara seca</i> .....	56
4.6	GESTÃO À VISTA APLICADA NA ORGANIZAÇÃO DA CÂMARA ÚMIDA...	59
4.7	UTILIZANDO GRÁFICO ESPAGUETE PARA REDUÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE AS TAREFAS E ALTERAÇÃO DE <i>LAYOUT</i> .....	62
4.8	RESUMO GERAL DOS RESULTADOS .....	69
4.9	VALIDAÇÃO DAS ALTERAÇÕES PELA APLICAÇÃO DO PENSAMENTO ENXUTO .....	72
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>
	<b>APÊNDICE A – ATESTADO DE ENTREGA DO PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO.....</b>	<b>84</b>
	<b>APÊNDICE B – ATESTADO DE EXECUÇÃO DE AÇÕES DE OTIMIZAÇÃO .....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXO – AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA E COLETA DE DADOS.....</b>	<b>90</b>



# 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

## 1.1 TEMPORALIDADES

Desde quando comecei a trabalhar profissionalmente, em laboratório de análises químicas, eu me preocupei com as questões que envolvem a eficiência do trabalho e com o desgaste do trabalhador na execução de suas tarefas.

No ano de 2011, quando ingressei no serviço público como assistente de laboratório, fui lotado em um setor cujas atividades desempenhadas eu pouco conhecia. Porém, eu já estava acostumado a vislumbrar a produtividade que o setor privado almeja, somada à minha visão pessoal de redução de esforço, principalmente para o trabalhador. Então, como eu estava novo neste setor, não tinha enraizado a questão cultural do “aqui sempre foi assim, não tem por que mudar”. Apesar de, desde o meu ingresso, estar buscando algumas pequenas alterações, em muitas outras situações eu não tinha o apoio para a mudança, tampouco tinha algum embasamento para certas alterações dos padrões de trabalho do setor.

A pós-graduação em gestão pública me abriu caminhos para que eu consiga realizar tais alterações necessárias, a fim de otimizar as atividades laboratoriais através das ferramentas do pensamento enxuto, com embasamento científico, e de descobrir qual o ponto mais adequado de aplicação destas mudanças. Vale ressaltar também que, através desta pesquisa, tenho recebido o apoio dos demais técnicos, que participaram ativamente da maioria das mudanças propostas, e da coordenadora do laboratório.

Apesar de eu nunca ter trabalhado diretamente com o pensamento enxuto, com mapeamentos, melhorias e otimização de processos, a literatura por diversas vezes diz que todos somos capazes de ser o agente da mudança e que esta mudança pode ocorrer no dia a dia de forma processual; não é necessário desfazer tudo que foi construído até hoje e recomeçar do zero. Por isso, vejo que fui capaz de desenvolver tal pesquisa, que é de interesse de todos os usuários do Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção – LEMAC (técnicos, docentes, discentes, pesquisadores e comunidade externa), e que pode servir de fonte para outros setores também buscarem a otimização de suas atividades, reduzindo o

tempo de entrega e o desgaste em uma atividade, realizando melhor organização do local de trabalho, entre outras melhorias.

O pensamento enxuto não é um tema novo para as empresas de manufatura; ele vem sendo cada vez mais aplicado no setor de serviços (no qual os laboratórios se enquadram) e em menor quantidade aplicados ao setor público (DANESE; MANFÈ; ROMANO, 2018, p. 598). No geral, na comunidade científica, o pensamento enxuto é uma ferramenta importante no combate aos desperdícios, na busca pela otimização do trabalho e na satisfação de trabalhadores e clientes.

## 1.2 O TEMA

O Pensamento Enxuto originou-se a partir dos anos 1950 no Japão, através do Sistema Toyota de Produção (STP) e começou a ser difundido para o resto do mundo no início dos anos 1990, com o lançamento do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK; JONES; ROSS, 1990). Primeiramente foi utilizado em indústrias manufatureiras, porém suas técnicas foram adaptadas e contemplam hoje diversos outros setores e organizações (RAMAKRISHNAN; NALLUSAMY, 2017, p. 296).

De acordo com o pensamento enxuto, qualquer utilização de recursos que não atribua valor ao cliente é um objetivo de mudança ou eliminação (MOURTZIS; PAPATHANASIOU; FOTIA, 2016, p. 199).

Henao, Sarache e Gómez (2019, p. 100) afirmam que as práticas tradicionais do pensamento enxuto são boas para impulsionar a eficiência e reduzir custos, e tanto Danese, Manfè e Romano (2018, p. 579), quanto Oey e Nofrimurti (2018, p. 4), nos mostram que essa missão de eliminar os desperdícios e as atividades sem valor agregado reflete na redução do volume de trabalho em andamento. Consequentemente, isso gera benefícios tanto do ponto de vista quantitativo (melhorias no processamento, redução do tempo de espera e defeitos) quanto no ponto de vista qualitativo (satisfação dos clientes e funcionários, comprometimento da equipe, ambiente de trabalho seguro).

Desta forma, o pensamento enxuto se apresenta como um possível recurso a ser trabalhado também em laboratórios, pois são ambientes onde os trabalhos realizados têm um grau de complexidade e detalhamento muito apurado. Isso exige que o local seja devidamente organizado para que a equipe técnica execute o serviço de acordo com o instruído nos procedimentos padrões normatizados (RUTLEDGE; XU; SIMPSON, 2010, p. 29). Entretanto, percebe-se que, mesmo em diferentes áreas, por muitas vezes este tipo de ambiente harmonioso não é encontrado (HAUSER; SHIRTS, 2014, p. 775; JIMÉNEZ *et al.*, 2015, p. 164). Sendo assim, para aproximá-lo do ideal, é necessário que se utilizem técnicas para melhoria do desempenho em todo o processo, aumentando a qualidade e reduzindo os desperdícios. (DANESE; MANFÈ; ROMANO, 2018, p. 580; SARI; RAHMILLAH; AJI, 2017, p. 2).

### 1.3 O CONTEXTO E O PROBLEMA

Diversos autores obtiveram resultados vantajosos ao aplicarem o pensamento enxuto em laboratórios. Percebe-se que o 5S é a ferramenta enxuta mais utilizada. Foi assim com Sari, Rahmillah e Aji (2017), que aplicaram 5S em laboratório de design e sistema ergonômico e tiveram como resultado a melhoria de 50% na avaliação de desempenho de seu laboratório. Jiménez *et al.* (2015) também utilizaram o 5S em laboratórios universitários de engenharia e apresentaram melhoria do ambiente de trabalho e aumento da motivação dos colaboradores. Além disso, houve redução de 30% no tempo de preparação das atividades práticas e aumento de 25% da área de trabalho.

Já Mitchell, Mandrekar e Yao (2014) e White *et al.* (2015) adotaram princípios enxutos em laboratório de microbiologia molecular e laboratório clínico, respectivamente. Os autores obtiveram redução do tempo de entrega de resultados (em até 68%) e redução do custo das análises realizadas em seus laboratórios. Estes mesmos resultados também foram encontrados por Rutledge, Xu e Simpson (2010) quando aplicaram as ferramentas enxutas em laboratório clínico. Adicionalmente, também foi obtido ganho de 25% de área útil do laboratório após aplicação do Gráfico Espaguete.

Portanto, estes autores citados conseguiram organizar seus setores, reduzir os riscos e desperdícios financeiros, além do tempo e do esforço, e ainda passaram a entregar resultados com mais qualidade e confiabilidade. Vale ressaltar que nestas pesquisas, em suas considerações, é sugerida a adoção de práticas do pensamento enxuto para a otimização de outros laboratórios.

No laboratório, objeto deste estudo, era comum ocorrerem alguns problemas de organização de tempo, de espaço, de materiais e de equipamentos. Isso afetava diretamente a qualidade do serviço executado, envolvendo fatores como eficiência, prazos, custos e, por muitas vezes, sobrecarga de serviço dos técnicos, sendo necessário adiar a realização de algum ensaio. Em contrapartida, também havia momentos em que os mesmos ficavam ociosos, por falta de demanda. Esta variação de períodos com alta e baixa demanda é conhecida no STP como “os três M” (*Muri, Muda e Mura*), que, segundo Katayama (2017, p. 1095), são termos que descrevem em conjunto práticas que são consideradas as principais na geração de perdas e desperdícios na produção.

Outro fator visto como problemático é que, no objeto desta pesquisa, existiam poucos registros das atividades executadas. Havendo estes registros, eles podem servir como subsídios para diversas tomadas de decisões da equipe. Problemas como este podem ser comuns a quaisquer outros laboratórios ao redor do mundo.

Dessa forma, esta pesquisa vem demonstrar como otimizar as atividades laboratoriais através da aplicação de ferramentas de pensamento enxuto em laboratório de materiais.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Apresentar uma proposta de otimização de atividades laboratoriais através da aplicação de ferramentas de pensamento enxuto em laboratório de materiais.

### 1.4.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, temos:

- a) Identificar as atividades mais significativas e realizadas do laboratório de materiais.
- b) Avaliar em quais atividades são indicadas melhorias.
- c) Compatibilizar as atividades que necessitam melhorias com as iniciativas do pensamento enxuto.
- d) Propor e aplicar as melhorias nas atividades indicadas.
- e) Validar propostas de melhorias com os envolvidos no laboratório de materiais.

### 1.5 PRODUTO TÉCNICO OBTIDO

Esta pesquisa de dissertação obteve como Produto Técnico/Tecnológico (PTT) um relatório de intervenção para otimização de atividades em laboratórios experimentais, tais quais tempo, esforço, deslocamento, o uso de materiais, entre outras, aplicando técnicas do pensamento enxuto. O PTT foi entregue à gestora do laboratório (APÊNDICE A – Atestado de entrega do PTT) e aprovação da implementação destas ações de melhoria pela coordenação do laboratório é encontrada no APÊNDICE B e APÊNDICE C (Atestado de execução de ações de otimização e Atestado de recebimento do PTT, respectivamente).

Entre as linhas de pesquisas do Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública (PPGGP) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), esta pesquisa está inserida dentro da Linha de Pesquisa 2 – Tecnologia, Inovação e Operações no Setor Público – por se tratar de uma proposta gerencial, para intervenção e otimização de processos em um laboratório experimental universitário. Dentro desta linha, esta pesquisa está alinhada com Projeto Estruturante 4 – Transformação e Inovação Organizacional – já que altera padrões de trabalho, *layout* do ambiente e, principalmente, trabalha a mudança de mentalidade dos usuários do laboratório.

## 1.6 DELIMITAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa está delimitada ao LEMAC e a suas atividades internas desempenhadas, pois é o meu setor de trabalho e onde tenho acesso e concordância da coordenação para atuar com as mudanças.

A justificativa consiste no fato de não ter sido encontrado nos referenciais uma indicação de quais são as ferramentas do pensamento enxuto realmente aplicáveis a laboratórios de materiais. Por isso, pretende-se aplicar diferentes técnicas do pensamento enxuto em suas atividades, ao contrário da maioria das pesquisas observadas até aqui, que aplicam somente uma técnica enxuta em laboratórios.

Esta pesquisa contribui com a literatura científica, pois serve de referência para outros laboratórios de materiais se espelharem, já que utiliza diferentes técnicas enxutas em conjunto, além disso, esta pesquisa não tem como sujeito uma empresa de manufatura, visto que Danese, Manfè e Romano (2018, p. 598) e Yadav *et al.*, (2020, p. 2) afirmam que grande parte da produção científica baseada no pensamento enxuto é voltada para o nicho manufatureiro.

A relevância existe pois, com aplicações de técnicas enxutas, o laboratório passou a cumprir com a agenda dentro do prazo programado pelos usuários, reduzindo o risco de adiamento e cancelamento de atividades, além de ter poupado tempo e deslocamento em alguns ensaios e alterado o *layout* para melhor atender a diversas demandas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo apresentará questões relacionadas à importância das atividades laboratoriais e alguns problemas enfrentados por diversos autores quando se propuseram a solucionar questões das rotinas laboratoriais. Também discorrerá sobre o que é pensamento enxuto, a sua origem, quais as vantagens, as ferramentas e os problemas enfrentados na sua adoção. E por último, mostrará alguns casos de aplicação do pensamento enxuto em atividades laboratoriais que, no andamento desta dissertação, foram utilizados para relacionar com os resultados obtidos nessa pesquisa.

### **2.1 OS LABORATÓRIOS E SUAS ATIVIDADES**

#### **2.1.1 Importância das atividades laboratoriais**

Os laboratórios, independentemente dos tipos de ensaios que realizam, são empregados pelos mais diversos tipos de empresas para contribuir com dados analítico-objetivos sobre a qualidade de um processo ou produto. Seja para estimar qualidade ou prever o desempenho, os laboratórios de testes estão se mostrando muito úteis ao mercado. Nas últimas décadas, o tamanho e o número de laboratórios aumentaram significativamente em todo o mundo, devido, principalmente, ao crescimento da demanda de ensaios laboratoriais para certificações (SAWALAKHE; DESHMUKH; LAKHE, 2016, p.80).

Sabe-se que a experimentação em laboratórios desempenha um papel essencial na engenharia e no processo científico (HERADIO *et al.*, 2016, p. 14). Corroborando esta afirmação, Godin e Schauz (2016, p. 20) contam como a pesquisas evoluíram de acordo com o tempo. Eles evidenciam através de literaturas ao longo de grande parte do século XX que, nos laboratórios de pesquisas industriais, a busca não é somente pela redução de custos e pela otimização dos procedimentos, mas pelo local onde se desenvolvem produtos para o progresso em todos os ramos da ciência.

Levados por esta linha de responsabilidade que os laboratórios desempenham, eles devem garantir indícios de qualidade e rastreabilidade dos resultados

fornecidos, e isto faz com que também busquem selos de acreditação para padronizar suas atividades (GROCHAU; TEN CATEN; DE CAMARGO FORTE, 2018, p. 183).

A área educacional é outra área em que os laboratórios estão inseridos. Hofstein e Mamlok-Naaman (2007, p. 106) o chamam de laboratório de ciências e dizem ser um ambiente de aprendizado exclusivo. As atividades de laboratório, quando bem projetadas e focadas, podem oferecer diversas boas oportunidades aos alunos, como a chance de desenvolver conceitos e oportunidades de aprendizados; podem auxiliar no aprendizado da investigação, construção, afirmação e justificativa científica; e trazer também o contato direto com uma comunidade científica mais experiente (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004, p. 47).

### **2.1.2 Problemas enfrentados em atividades laboratoriais**

Pesquisas mostram que um dos desafios enfrentados pelos laboratórios se dá pela questão de organização do ambiente de trabalho. É assim com Sari, Rahmillah e Aji (2017, p. 4) e com Jiménez *et al.* (2015, p. 164).

Já Mitchell, Mandrekar e Yao (2014, p. 2689) tiveram que solucionar o problema de entrega de resultados fora do prazo devido a um aumento nas demandas urgentes, porém não poderiam elevar o custo do laboratório. Além disso, se depararam com uma baixa disponibilidade de pessoas qualificadas no mercado de trabalho para contratação.

Rutledge, Xu e Simpson (2010) e White *et al.* (2015) também buscaram a redução de custos e aumento da agilidade no serviço prestado pelos laboratórios objeto de suas pesquisas devido à crescente demanda instaurada.

Huck e Lewandrowski (2014, p. 117) e Sluss (2014, p. 172) afirmam que é necessário priorizar uma administração eficaz para enfrentar esse aumento considerável da demanda, visto que se trabalha com recursos limitados. Zhi *et al.* (2013) dizem que é preciso ter mais foco no que se pretende investigar, dessa forma se evitam ensaios desnecessários e, por consequência, o aumento de demanda para os laboratórios.



## 2.2 A UTILIZAÇÃO DE PENSAMENTO ENXUTO EM ATIVIDADES LABORATORIAIS

### 2.2.1 O que é o pensamento enxuto

O termo “pensamento enxuto” (*Lean Thinking*) ou “manufatura enxuta” (*Lean Manufacturing*) foi disseminado por Womack, Jones e Ross (1990) em seu livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, quando estudaram os processos em diferentes empresas automobilísticas e perceberam uma grande diferença no STP (Sistema Toyota de Produção) em relação ao fordismo. Os autores identificaram que no STP a produção tinha um baixo custo, pois visava eliminar os desperdícios, fossem eles de tempo, esforço, espaço, estoques ou de uso indevido de equipamentos. Desta forma, eram oferecidos aos clientes produtos de qualidade em um tempo reduzido.

Este processo iniciou após a Segunda Guerra Mundial, quando a Toyota começou a produzir com estoque reduzido, pois não conseguiria se reconstruir como gostaria devido à devastação sofrida na guerra. Com isso, procurou-se reduzir também o esforço humano, os defeitos e os investimentos, aumentando a qualidade e eficiência da produtividade, obtendo vantagens consideráveis (BHAMU; SANGWAN, 2014, p. 876-877).

Apesar de não haver, entre os autores, uma definição única consensual sobre o pensamento enxuto, Bhamu e Sangwan (2014, p. 878) e Pettersen (2009, p. 136-137) fizeram um apanhado de diversas obras, em que cada uma delas conceituou o pensamento enxuto de forma diferente, podendo ser uma maneira, uma abordagem, uma filosofia, um processo, um conjunto de princípios, um conceito, um sistema, uma prática, um modelo, entre outras definições.

Oey e Nofrimurti (2017, p. 4) afirmam que o princípio primordial do pensamento enxuto é eliminar os 3M – *Muri, Mura e Muda* (sobrecarga, variação e desperdícios) –, pois essas ações não agregam valor significativo às organizações.

Segundo Katayama (2017, p. 1095), os 3M são termos bem difundidos entre os profissionais da indústria e descrevem em conjunto práticas que são consideradas as principais na geração de perdas e desperdícios na produção.

O *Muri* significa a sobrecarga no processo, seja ela de pessoa, equipamento ou sistema. O *Muda* remete ao desperdício, que pode ser associado a todas as etapas que não agregam valor ao serviço, que pode ser excesso de movimentação, de transporte, de estoque, ou até mesmo um tempo de espera e ociosidade. Já o *Mura* representa a falta de regularidade na execução das tarefas, ou seja, a variação entre os momentos de sobrecargas e desperdícios, sendo que isto deve ser eliminado de forma que as operações mantenham uma padronização no fluxo de execução (SHAIKH; BROHI; QURESHI, 2019, p. 802).

Para isso, diversas ferramentas enxutas foram estabelecidas, com a meta de eliminar os 3M, obtendo assim melhoria contínua do processo, aumentando a produtividade, reduzindo custos, ou ambos.

Godinho Filho, Ganga e Gunasekaran (2016, p. 7525) identificaram que a produção enxuta depende de uma série de práticas interligadas entre si, como por exemplo a *Just in Time* (JIT), melhoria contínua ou *Kaizen*, sistema *Kanban*, 5S, entre outras. Além disso, também pode-se identificar as práticas enxutas através de parâmetros como *feedback* do fornecedor, envolvimento do cliente e de funcionários, fluxo contínuo, redução do tempo de preparo, manutenção preventiva, etc.

Após o lançamento da obra de Womack, Jones e Ross (1990), o processo de produção enxuta foi popularizado no mundo e evoluiu significativamente, sendo um parâmetro aplicável não somente nas etapas operacionais, mas também nas gerenciais de diferentes setores e processos (DANESE; MANFÈ; ROMANO, 2018, p. 580).

Em um primeiro momento, o pensamento enxuto foi espalhado para os países mais desenvolvidos, como podemos perceber em pesquisas do início dos anos 1990: a de Mehra e Inman (1992), que examina a fase de implementação do JIT nas operações de fabricação nos Estados Unidos; a de Sohal e Egglestone (1994), que constatou que a maioria das 51 indústrias de fabricação australianas entrevistadas por eles já estaria adotando métodos de produção enxuta; a de Karlsson e Åhlström (1996), que avalia as mudanças que empresas devem adotar em busca de uma produção enxuta com base em indústrias suecas.

Mais recentemente, o pensamento enxuto também foi disseminado em países em desenvolvimento. Porém, Godinho Filho, Ganga e Gunasekaran (2016, p. 7537-7538) informam que nesses países os estudos têm se concentrado em grandes

empresas, sendo que pouco se sabe sobre a adoção do pensamento enxuto nas Pequenas e Médias Empresas (PME), que são responsáveis por boa parte da produção e da geração de empregos nestas nações e estão cada vez mais competitivas entre si (RAO; NALLUSAMY; NARAYANAN, 2017, p. 361).

## **2.2.2 Benefícios da aplicação do pensamento enxuto**

Bhamu e Sangwan (2014, p. 187), assim como diversos outros autores que estudam o pensamento enxuto, citam que alguns dos objetivos quando se aplica o pensamento enxuto são: a busca pela variedade de produtos sem defeito de fabricação; a integração entre o gerenciamento de produtos, suprimentos e operações; a redução de custos e produção com mais qualidade; a redução no tempo de entrega para o cliente; a eliminação de desperdícios; a manutenção de estoques reduzidos; o ganho de agilidade, entre outros.

Como benefícios dessas mudanças, é observada a melhoria no *lead time* da produção e no tempo de processamento, a redução de sucatas, a melhoria no emprego e satisfação no trabalho, a eficácia na comunicação, a tomada de decisão em equipe, entre muitos outros benefícios, inclusive o aumento da satisfação do cliente. Além disso, Tommelein (2015, p. 04015005-1) resume bem quando diz que a produção enxuta é fazer o que o cliente quer em pouco tempo e sem nada nas prateleiras.

Apesar de todos os efeitos positivos já descobertos após a adoção do pensamento enxuto, seja no aspecto operacional, seja no econômico, Henao, Sarache e Gómez (2019, p. 106) nos mostram que diversas empresas apresentam insucesso na adoção desta ferramenta. Alguns estudos, como os de Hofer, Eroglu e Rossiter Hofer (2012), Čiarnienė e Vienažindienė (2014) e Gandhi, Thanki e Thakkar (2018), divergem em relação à taxa de sucesso na adoção completa das práticas enxutas por diversos tipos de organizações.

Além disso, estudos empíricos de Resta *et al.* (2017, p. 543) revelam que existe uma alta taxa de desistência nos três primeiros anos da implementação enxuta. Henao, Sarache e Gómez (2019, p. 106-107) atribuem três fatores básicos como

determinantes no sucesso da aplicação do pensamento enxuto sob a perspectiva operacional: fatores humanos, fatores de contexto e fatores de sequência.

Čiarnienė e Vienažindienė (2014, p. 179-180) classificam o fator humano como primordial no insucesso da adoção do pensamento enxuto em uma organização, pois são identificadas questões como resistência à mudança, falta de conhecimento sobre as técnicas, falta de comunicação, tendência a retornar às antigas formas de trabalho, estratégias mal definidas, entre outras.

Quanto aos fatores de contexto, pode-se dizer que o contexto cultural e organizacional japonês em que foram criadas e aplicadas inicialmente as técnicas enxutas se difere de grande parte das organizações que as adotam atualmente (DANESE; MANFÈ; ROMANO, 2018, p. 598; NORDIN; BELAL, 2017, p. 271). Para Henao, Sarache e Gómez (2019, p. 107), isso é outro fator preponderante na dificuldade de assimilação da filosofia enxuta de forma universal, visto que, segundo a teoria da agência de Jensen e Meckling (1976, p. 308-309), todas as organizações são diferentes entre si.

Para que os fatores de sequência não afetem a implementação do pensamento enxuto nas organizações, Henao, Sarache e Gómez (2019, p. 115) concluíram, com base em seus estudos, que deve haver uma sequência na implementação de práticas enxutas, ao invés da adoção simultânea. Ainda fazem uma analogia com o cultivo, onde o terreno deve ser preparado antes do plantio da semente. Dessa forma, identificaram que o uso da gestão dos recursos humanos e do mapeamento de fluxo de valor são boas ferramentas para esse preparo prévio.

Além do pensamento enxuto, são encontradas outras formas de otimizar atividades de um laboratório, como é o caso de Croxatto *et al.* (2016, p. 234-235), que, para isso, utilizaram a automação em um laboratório de bacteriologia clínica. Os autores concluíram que, apesar da automação reduzir o tempo de entrega de resultados e trazer possíveis benefícios de qualidade, tem que ter muito bem definido qual é o melhor momento para automatizar o serviço, visto que a qualquer momento pode surgir uma tecnologia mais apropriada do que a atual. Além disso, enfatizam também o alto custo para implementar um sistema automatizado.

Por mais que existam problemas na implementação do pensamento enxuto, esta filosofia é apresentada como uma opção para otimizar atividades laboratoriais por

apresentar diversas ferramentas, métodos e metodologias distintas para corrigir diversas falhas e melhorar desempenho.

### **2.2.3 Ferramentas do pensamento enxuto**

Diversas ferramentas utilizadas no pensamento enxuto nos são mostradas por Womack e Jones (2003). Nos próximos parágrafos, serão citadas algumas que interessam a este trabalho, pois são as que deram respostas de forma mais rápida e prática aos problemas encontrados pelo laboratório estudado.

Um dos principais símbolos do pensamento enxuto, o *Kanban* é um sistema em que é possível regular o andamento da produção. Através dele é enviado um sinal para um setor de produção informando a necessidade de se produzir, ou seja, o *Kanban* indica o puxar no sistema produtivo (KURILOVA-PALISAITIENE; SUNDIN; POKSINSKA, 2018, p. 3231). Este sistema consiste em sinalizar, com cartões ou selos, as etapas que estão aguardando execução, em execução ou finalizadas. Este método nos dá uma visão clara de quando, quanto e o que produzir.

García *et al.* (2014, p. 2187) nos informam que os princípios básicos do *Kaizen* são: o foco no cliente, a busca pela melhoria contínua, o reconhecimento aberto dos problemas da organização ou do setor, a criação de trabalhos em equipe, o desenvolvimento de autodisciplina, a provisão de *feedback* constante aos funcionários e a promoção de desenvolvimento de funcionário.

Benkarim e Imbeau (2021, p. 3357) explicam que o *Genchi Genbutsu* refere-se à ida ao local de trabalho para averiguar completamente a situação ou o problema como de fato ocorre, para que sejam tomadas decisões de correção com agilidade e rapidez. Esta técnica pode ser conhecida também como “vá e veja” ou “ver com os pés”. Através do *Genchi Genbutsu* os funcionários e gestores passam a entender melhor sobre os eventos diários do trabalho assim como as causas raízes dos problemas.

O 5S busca melhorar a ordem e a limpeza, assim como criar conforto no ambiente de trabalho seguro, mantendo sempre o foco em aumentar a produtividade do trabalho e, ao mesmo tempo, eliminando todas as ações que não agregam valor (SINGH; AHUJA, 2015, p. 410), sendo ainda a etapa inicial e base para

implantação da qualidade total. A metodologia 5S é assim chamada devido à primeira letra de 5 palavras japonesas que representam as cinco etapas desta ferramenta (JIMÉNEZ *et al.*, 2015, p. 164).

- a) *Seiri* (classificação): também chamado de senso de utilização, consiste em descartar todos os itens que não têm utilidade, deixando somente o essencial.
- b) *Seiton* (organização): organizar os itens de forma que o trabalho tenha fluxo livre e racional para atender às demandas.
- c) *Seiso* (limpeza): deixar o ambiente e equipamentos limpos e organizados, para o próximo usuário.
- d) *Seiketsu* (padronização): padronizar a execução das tarefas, ao ponto que, quando houver distorções, estas falhas sejam facilmente identificadas.
- e) *Shitsuke* (disciplina): cumprir os procedimentos de forma que as transformações virem hábitos constantes do estilo de vida.

Muito utilizado para minimizar as distâncias percorridas pelos funcionários, clientes ou produtos, o Gráfico Espaguete é um instrumento ideal para adequar o *layout* da organização. É representado por diagramas visuais do fluxo das atividades sobre o *layout* ou planta do ambiente (PHILLIPS; SIMMONDS, 2013, p. 24).

A Gestão à Vista é outra ferramenta que trabalha como uma forma de comunicação para identificar problemas ou necessidades sem ser preciso interação entre as pessoas, fornecendo comunicação rápida e bidirecional, podendo ser usada em qualquer lugar da organização. Alguns exemplos de elementos da Gestão à Vista são os sinais simples, que fornecem uma compreensão imediata de uma situação ou condição, com gráficos, sinais de luz, marcação de pista no chão, instruções de segurança, sinais de alerta, etc. (BHASKARAN, 2012, p. 387).

É importante citar também o BPM (*Business Process Management*), que em português chamamos de Gerenciamento de Processos de Negócios. De acordo com o entendimento das obras do BPMN (2006) e de Baldam *et al.* (2007, p. 45-46), o ciclo do BPM é dividido em “planejamento do BPM”, “modelagem e otimização de processos”, “execução de processos” e “controle e análise de dados”. Em resumo, o BPM fornece um mecanismo de visualização padronizada, em forma de fluxogramas, de cada processo de uma organização, tornando-os mais fáceis de compreender e servindo de auxílio para tomadas de decisões para melhorias. Segundo os autores citados, entende-se como processos as atividades

interrelacionadas que transformam uma entrada (seja ela de matéria, informação, energia ou o próprio cliente) em uma saída com valor agregado.

### 2.3 PENSAMENTO ENXUTO APLICADO A ATIVIDADES LABORATORIAIS

Por mais que o conceito de pensamento enxuto tenha inicialmente se aplicado a indústrias manufatureiras, ele tem ganhado visibilidade no setor de serviços, sendo possível aplicá-lo em atividades laboratoriais, garantindo benefícios de produtividade, prazos, custos, entre outros. Apesar de certas limitações, devido à diferença das características entre os dois setores, é necessário que haja envolvimento pelas pessoas atuantes no setor de serviços (GUPTA; SHARMA; SUNDER, 2016, p. 1046-1047).

Ao aplicar o pensamento enxuto em laboratórios universitários, Jiménez *et al.* (2015) perceberam que era vantajoso, pois auxilia no entendimento e desenvolvimento dessas práticas. O primeiro ponto positivo é que nesses laboratórios o aluno interage diretamente com as atividades exercidas, sendo ele o principal interessado no que está sendo produzido e, muitas vezes, o responsável pela execução. É preciso que o aluno tenha noção da dimensão do ambiente de trabalho e saiba a melhor maneira desenvolver suas atividades, para que elas sejam produtivas. O segundo ponto positivo levantado pelo autor é que quando estes alunos forem para o mercado de trabalho poderão aplicar as técnicas aprendidas, já que o ambiente universitário simulou em menor escala atividades comuns de indústria.

Eles obtiveram sucesso ao aplicar a metodologia 5S em quatro laboratórios de engenharia industrial de uma universidade (laboratório de conformação e corte de chapas metálicas, sistemas integrados de fabricação, soldagem e metrologia), com o objetivo de reduzir riscos e aumentar a lucratividade. Inicialmente, foi percebido que o ambiente de trabalho não era organizado de uma forma que favorecesse a praticidade na execução das atividades. Mesmo após serem feitas as adequações, os autores associam o sucesso de sua pesquisa à mudança no comportamento da equipe, que entendeu que o 5S é uma nova maneira de trabalhar, segundo a qual todos devem estar dispostos a aprender coisas novas e a fazer um esforço contínuo para manter o que foi conquistado.

Readequando os processos e o fluxo das amostras em um laboratório clínico de emergência hospitalar, White *et al.* (2015, p. 1575) perceberam que a eficiência deste setor aumentou significativamente quando aplicaram as práticas do pensamento enxuto, reduzindo de forma considerável o tempo de ensaio. Os autores ainda afirmam que, se se aprofundarem com as práticas enxutas, podem melhorar ainda mais a qualidade dos resultados e reduzir o desperdício e o custo.

Rutledge, Xu e Simpson (2010, p. 27) também aplicaram o pensamento enxuto em laboratório clínico. O processo foi orientado por um consultor e seguiu o princípio visto no Quadro 1. Um dos fatores principais que contribuíram para que ocorressem melhorias foi a alteração no *layout* do laboratório baseado no Gráfico Espaguete. Com isso, observou-se a eliminação de diversos desperdícios no fluxo de trabalho, assim, reduziu-se o tempo da realização de diversos ensaios, aumentou-se o volume de testes em 20%; houve também economia financeira e melhor utilização do espaço.

**Quadro 1 - Princípios de produção da Toyota**

<b>Princípio</b>	<b>Exemplos</b>
Controle de gerenciamento visual	Locais para itens rotulados, portas do armário removidas para ver suprimentos; células visíveis para todos; amostras que chegam são vistas
Fluxo de uma peça	Uma amostra (ou um lote de até 3) feita por vez, independentemente do número de amostras aguardando
Primeiro a entrar, primeiro a sair para as amostras	Eliminação de tentar decidir qual é a prioridade
Distribuição equilibrada do trabalho	Equipe ajustada para atender às demandas de pico; equilibrando o trabalho com os tecnólogos para que cada um tenha um volume equitativo de trabalho
Tempo da tarefa	Tempo do ciclo celular definido para acomodar o tamanho do lote e o tempo necessário para executar as tarefas durante o circuito
Trabalho padrão	Cada etapa especificada para ser executada de uma e apenas uma maneira
Métodos confiáveis	Procedimentos conscientemente desenvolvidos e fáceis de seguir
Operações móveis e permanentes	No processamento de amostras e na célula, o tecnólogo operacional está de pé ou em movimento.

Fonte: Rutledge, Xu e Simpson (2010, p. 27).

Outro laboratório utilizado para implementar o pensamento enxuto foi o de *design* e sistema ergonômico, utilizado por Sari, Rahmillah e Aji (2017). Também foi utilizado o 5S para facilitar os processos de trabalho e reduzir o desperdício. Eles obtiveram melhoria de 50% na avaliação de desempenho, que foi reflexo do melhor uso do espaço do laboratório, economizando tempo ao procurar ferramentas e materiais



devido à sua localização e a um bom controle visual. Observou-se também melhora na cultura e no espírito do 5S na equipe em relação ao ambiente de trabalho.

Além destes, Mitchell, Mandrekar e Yao (2014, p. 2691) aplicaram o *Kaizen* em um laboratório de microbiologia molecular clínica e observaram que houve redução de até 68% no tempo de médio de resposta dos testes de microbiologia para diagnóstico molecular, após a adequação das atividades com práticas enxutas.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ESTRUTURA DE MÉTODOS UTILIZADA

Foi realizada uma abordagem “multimétodo” (CRESWELL; PLANO CLARK, 2011), uma vez que foram utilizadas como instrumentos de investigação metodologias diversas. Estes métodos e os respectivos objetivos alcançados são expostos no Quadro 2, seguindo o esboço esquemático de matriz de projeto de pesquisa proposto por Choguill (2005).

**Quadro 2 - Matriz do projeto de pesquisa**

<b>Objetivo Geral</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Abordagem</b>	<b>Metodologia, métodos, ferramentas</b>
Apresentar uma proposta de otimização de atividades laboratoriais pela aplicação de ferramentas de pensamento enxuto em laboratório de materiais.	Identificar as atividades mais significativas e realizadas do laboratório de materiais.	Pesquisa-ação	Pesquisa documental
	Avaliar atividades nas quais são indicadas melhorias.		Observação
	Compatibilizar as atividades em que são necessárias melhorias com iniciativas de pensamento enxuto.		Ferramentas do pensamento enxuto
	Propor e aplicar as melhorias nas atividades indicadas.		Ferramentas do pensamento enxuto
	Validar propostas de melhorias com envolvidos no laboratório de materiais.		Grupo de foco

Fonte: Elaboração própria

#### 3.2 ABORDAGEM, FASES METODOLÓGICAS E SUAS ENTREGAS

##### 3.2.1 Pesquisa-ação

Essa dissertação tem uma abordagem de pesquisa-ação, que é um tipo de pesquisa social na qual é tratada e associada a ação de um problema comum a diversas pessoas ou a resolução dele, no qual os pesquisadores e os participantes

deste evento a ser investigado estão relacionados de modo direto, cooperando e participando dele (THIOLLENT, 1985, p. 14). A pesquisa-ação posiciona o conhecimento conectado à prática (GRIFFITHS, 2009, p. 80). Seu objetivo é a transformação individual e social (MCTAGGART, 1994, p. 317), aprimorando e compreendendo a prática e as condições da prática (KEMMIS, 2009, p. 469).

Ainda que a equipe técnica tenha domínio das atividades desempenhadas, isso não garante que as atividades estejam sendo realizadas da forma mais enxuta. Logo, todos os envolvidos diretamente nesta pesquisa foram responsáveis por observar as práticas até então adotadas, apontar as falhas e adaptar possíveis melhorias do laboratório. Também serão responsáveis por manter as novas práticas no ambiente.

Para Gil (2008, p. 100), a etapa de coleta de dados de uma pesquisa-ação tende a ser bastante flexível, pois, durante a elaboração, o alvo de análise pode passar por alterações em sua definição, e também porque os modelos mais padronizados não oferecem informações com bons níveis argumentativos, o que é de total necessidade para este tipo de pesquisa.

### **3.2.2 Pesquisa documental**

A primeira fase metodológica foi a de coleta de dados por pesquisa documental. Através do histórico de registros de ensaios realizados entre janeiro de 2019 e março de 2020, foram identificadas as atividades mais solicitadas e executadas. Também foram observadas quais as atividades que demandam mais utilização de equipamentos e máquinas. Escolheu-se a pesquisa documental para levantar estes dados, pois, durante a execução desta pesquisa, foi criado sistema de solicitação e agendamento de atividades do laboratório estudado, que possibilitou a coleta de dados quantitativos. Para identificar quais as atividades mais significativas e importantes, também foi preciso realizar uma pesquisa documental para verificar, na legislação e nas atas de reuniões de departamento e conselhos, quais são as atividades que detêm preferência de realização no laboratório.

Segundo Gil (2008, p. 51), “a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de

acordo com os objetivos da pesquisa”. Como exemplos de documentos, ele cita documentos oficiais, diários, relatórios de pesquisa ou de empresas, tabelas estatísticas, entre outros.

### **3.2.3 Observação**

A etapa de pesquisa documental serviu de norte para a etapa da observação, pois, após o levantamento do que é mais executado e mais relevante para o laboratório, a observação tratou de detalhar como a atividade é executada ou como o ambiente se comporta diante da tarefa executada, sendo realizada conforme a técnica de *Genchi Genbutsu*, descrita por Benkarim e Imbeau (2021, p. 3357). Isso foi imprescindível para que as decisões de melhorias fossem tomadas. Gil (2008, p. 103) ainda evidencia que a observação participante é uma ferramenta importante de coleta de dados quando se trata de uma pesquisa com abordagem de pesquisa-ação.

De acordo com Creswell (2009), a técnica de observação dada a esta pesquisa trata de observação semiestruturada e participante. Ela é semiestruturada pois foram usados dados levantados na pesquisa documental para direcionar a observação, com o objetivo de analisar o tempo de execução da atividade, organização, identificação de tarefas desnecessárias realizadas e de tarefas importantes que não são executadas, entre outras questões. Essas observações foram realizadas nos três meses seguintes à obtenção dos dados quantitativos de solicitação de atividades de pesquisa e extensão.

Esta observação também é caracterizada como observação participante natural, pois o observador encontra-se em uma posição ativa e está inserido no fenômeno analisado. Além das experiências laboratoriais vividas pelo próprio pesquisador, também foram observadas as atividades desempenhadas pelos outros três técnicos deste laboratório, e ainda houve trocas de informações sobre possíveis melhorias e desperdícios do trabalho desempenhado.

Posteriormente, ao final das observações realizadas e da base de dados obtida na pesquisa documental, foi feita uma análise do cenário daquele momento, e, assim, foi iniciado o planejamento de tomadas de decisão sobre qual ferramenta enxuta

seria mais adequada para propor melhorias em resposta ao desperdício encontrado.

### **3.2.4 Ferramentas de pensamento enxuto**

Após a realização das etapas de identificar as atividades mais significativas e mais realizadas no laboratório pela pesquisa documental e de evidenciar alguns pontos críticos através dos técnicos do setor, incluindo o observador participante, foi realizado um confronto destas informações para decidir qual a ordem de enfrentamento destes problemas e quais ferramentas do pensamento enxuto seriam utilizadas para a otimização.

As ferramentas de pensamento enxuto citadas no item 2.2.3 foram utilizadas para planejar, propor e executar as adequações no laboratório. A princípio, qualquer ferramenta enxuta poderia ser utilizada para tratar os problemas existentes, mas, diante dos desperdícios encontrados, as ferramentas que, segundo o autor, apresentariam melhores resultados, considerando os recursos que o laboratório possui, foram as seguintes ferramentas: *Kaizen*, 5S, Gráfico Espaguete e Gestão à Vista.

### **3.2.5 Grupo de foco**

O grupo de foco foi utilizado na última etapa metodológica para avaliar se as mudanças realizadas surtiram efeitos nas rotinas de laboratório. No grupo de foco, as diferentes pessoas que se relacionam com alguma atividade coletiva se reúnem a fim de realizar discussões sobre o assunto pesquisado para explorar as diversas opiniões e experiências de cada participante (KITZINGER, 1994, p. 103). É uma metodologia muito utilizada como estratégia na condução de averiguações preliminares e no caminhar dos instrumentos de pesquisa (SHARTS-HOPKO, 2001, p. 90). Para Kitzinger (1995, p. 299) esta metodologia também é útil para explicar ou explorar os resultados obtidos.

Nesta pesquisa, o grupo de foco foi formado pelos quatro técnicos do laboratório, pois são os profissionais que atuam diretamente em todas as atividades

desempenhadas neste local, possuindo conhecimento teórico e prático, além de entenderem as rotinas de trabalho. A condução deste grupo focal foi feita pelo autor desta pesquisa, de forma que fosse citada cada uma das alterações demonstradas nesta pesquisa, individualmente, abrindo-se um tempo máximo de cinco minutos para discutir, por exemplo, se houve melhorias, qual a relevância das alterações e propostas futuras para novas alterações.

### **3.3 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA**

Foi solicitada à coordenadora do LEMAC, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Geilma Lima Vieira, a autorização para realização desta pesquisa e para o uso do nome do Laboratório de Ensaio em Materiais de Construção. Esta autorização se encontra no ANEXO A. Não foi julgada necessária a submissão desta pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa, pois não lida com questões sigilosas, morais ou éticas nem do laboratório, nem dos envolvidos.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 SUJEITO DE PESQUISA**

O Laboratório de Ensaio em Materiais de Construção (LEMAC) é ligado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico (DEC-CT) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Atende os cursos de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental, Tecnologia Mecânica, Arquitetura e Urbanismo e Pós-Graduação em Engenharia Civil, executa também, pesquisas e serviços externos para a comunidade (LEMAC, 2018).

Além de realizar ensaios de controle tecnológico de materiais e componentes construtivos para atendimento a normas técnicas, o laboratório em estudo – que é essencialmente um laboratório universitário – disponibiliza aulas práticas para alunos de diversos cursos de graduação e ambienta pesquisas científicas que vão desde projetos de iniciação científica até pesquisas de pós-doutorado. Hofstein e Lunetta, (2004, p. 35) destacam a importância da vivência de alunos em

laboratórios e que não se pode dissociar o conhecimento adquirido em laboratórios didáticos do conhecimento teórico em sala de aula, pois eles geram um resultado produtivo e significativo para o aprendizado.

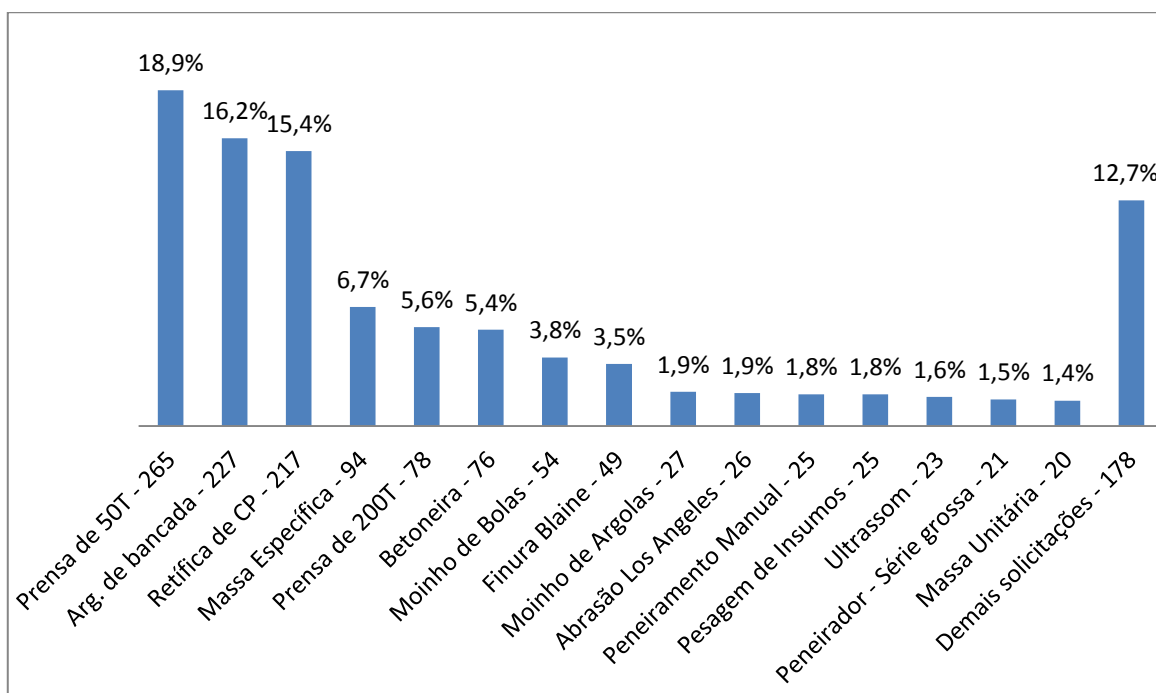
#### 4.2 DEMANDAS MAIS SIGNIFICATIVAS E SOLICITADAS NO LABORATÓRIO DE MATERIAIS

Como o objeto de pesquisa é um laboratório de universidade pública federal, as atividades relacionadas ao ensino, como as aulas, sempre terão prioridade de agendamento e realização, já que os pilares do ensino universitário, de acordo com o artigo 207 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), se pautam em atividades de ensino, pesquisa e extensão, nesta ordem. Esta lista de prioridades no atendimento também foi definida pela comissão de regulamentação para acesso e uso dos laboratórios experimentais da engenharia civil da UFES na seguinte ordem: aulas; pesquisas de iniciação científica; projeto de graduação; projeto de extensão; pesquisa de pós-graduação; e, serviços externos (DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, 2020, p. 2).

No início do ano de 2019 foi criado um sistema *on-line* de solicitação e agendamento de atividades de pesquisa e extensão no laboratório (DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, 2019). Este sistema também faz parte do programa de melhorias proposto por este estudo e, através dele, foram coletadas as solicitações realizadas entre as datas de 04 de janeiro de 2019 e 23 de março de 2020, conforme podemos visualizar no Gráfico 1.

De acordo com o regulamento para acesso e uso dos laboratórios experimentais da engenharia civil (DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, 2020, p. 2), as aulas práticas ministradas neste ambiente não são agendadas por este sistema e por isso não figuram neste gráfico.

#### **Gráfico 1 - Solicitações de Atividades de Pesquisa e Extensão**



Fonte: Elaboração própria

Foram encontradas no sistema de agendamento de atividades de pesquisa e extensão 1.405 solicitações direcionadas ao laboratório. Em posse desses dados é visto que as atividades mais realizadas são as que envolvem a confecção e ruptura de Corpos de Provas (CPs) de argamassa, já que o uso da prensa de 50 toneladas (T) (265 solicitações), argamassadeira de bancada (227) e a retífica de CPs (217) são as três maiores demandas, somando 50,46% de todas as solicitações. Normalmente a argamassa é confeccionada na argamassadeira de bancada e rompida, para verificação de sua resistência, na prensa com capacidade máxima de 50T, passando antes pela retífica para regularização das superfícies onde será aplicada a força de compressão.

Em seguida, é verificado que o ensaio de massa específica (94) também se encontra entre os mais agendados, pois é um parâmetro fundamental na caracterização dos insumos (cimento, areia e brita), tanto para confecção de argamassas, quanto de concretos. Outros ensaios de caracterização de insumos como finura Blaine (49) e massa unitária (20) também são vistos no Gráfico 1.

Outra grande demanda encontrada está relacionada às pesquisas em concreto, já que para realizar os ensaios é preciso confeccionar os CPs de concreto com auxílio de uma betoneira (76) e rompe-se na prensa com capacidade para 200T (78), passando anteriormente pela retífica, assim como os CPs de argamassa. Podem-se destacar como atividades constantes as de preparação de insumos para



ensaios; entre as informadas no Gráfico 1 estão: moinho de bolas (54), moinho de argolas (27), peneiramento manual e pesagem de insumos (25 cada uma).

O Gráfico 1 ainda nos mostra um total de 178 (12,67%) solicitações diversas que abrangem outros 27 ensaios de análise das propriedades físicas e de caracterização de materiais como areia, cimento, gesso e argamassa. Também são encontradas outras solicitações voltadas para o preparo de insumos e de materiais para ensaios, como utilização de britadores, capeamento de CPs, corte de materiais com serra Clipper e preparo de soluções, além de alguns ensaios químicos realizados por este laboratório.

#### 4.3 ATIVIDADES EM QUE SÃO INDICADAS MELHORIAS

De fato, as aulas práticas experimentais têm prioridade de realização sobre as demandas de pesquisa e extensão, porém o que se desenvolve nestas aulas são os mesmos ensaios realizados pelos pesquisadores, sendo que a quantidade de ensaios de pesquisadores é maior do que a quantidade de ensaios realizados em aulas práticas experimentais. Portanto, todas as melhorias que foram aplicadas beneficiam professores, alunos, pesquisadores e principalmente os técnicos do laboratório, que estão diariamente ligados à maioria das atividades realizadas. Entretanto, uma ação que beneficia exclusivamente as atividades letivas é a ampliação do espaço para execução dos ensaios, já que, durante uma aula, os ensaios são realizados ou demonstrados para cerca de 20 alunos por turma. Em um ambiente amplo, facilitaria-se a visualização dos experimentos por todos.

Para evidenciar os problemas e desperdícios existentes nas atividades laboratoriais com maiores demandas, ou em atividades que são comuns a diversos ensaios, foi realizada uma observação que se baseou na ferramenta enxuta de *Genchi Genbutsu* (BENKARIM; IMBEAU, 2021, p. 3357) e assim passou a ser possível decidir qual ferramenta enxuta responderia melhor para eliminação dos desperdícios evidenciados.

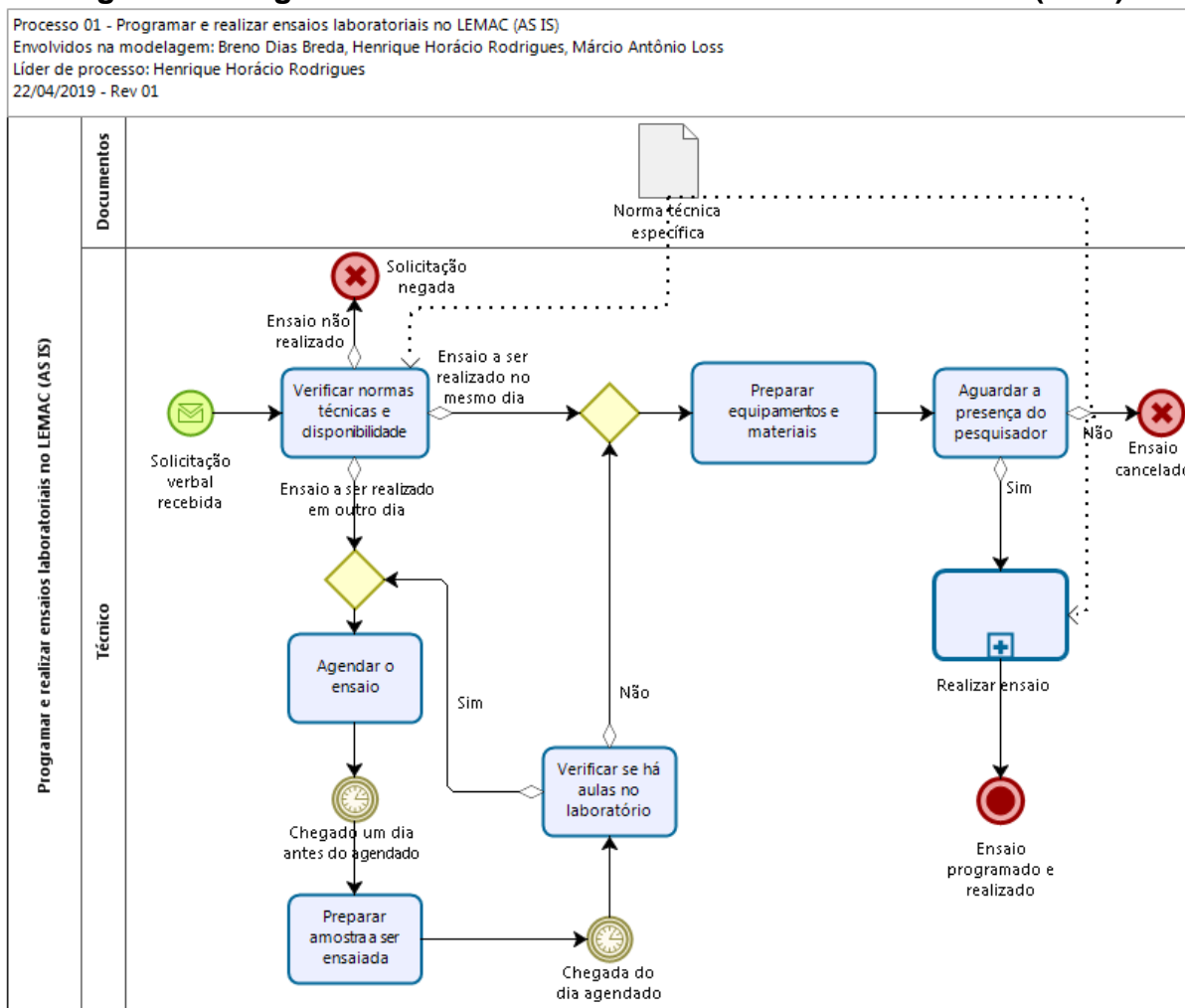
#### 4.4 IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NA SOLICITAÇÃO E AGENDAMENTO DE ATIVIDADES UTILIZANDO O BPM

Um dos grandes problemas relatados pelos técnicos deste setor, através de uma conversa prévia de viabilidade da pesquisa, eram as flutuações de demandas de trabalho, com sobrecarga de atividades em alguns momentos e ociosidade em outros, o que demonstra claramente os “três M” de Katayama (2017, p. 1095), descritos no item 2.2.1 deste relatório. Junto disso, também foi dito pelos técnicos que na maioria das vezes não havia programação prévia dos ensaios solicitados por pesquisadores: o pesquisador costumava chegar a qualquer momento ao laboratório e, caso houvesse disponibilidade de técnico para realizar o ensaio, de sala, equipamentos e materiais, o ensaio era realizado. Esta prática favorecia o cancelamento das atividades requeridas pelo pesquisador, pois, como não havia acordo prévio com todas as partes envolvidas, o pesquisador ficava dependente de ter todos os itens à disposição, caso contrário, o ensaio não era realizado.

Desta forma, desde que se vislumbrou realizar esta pesquisa de otimização das atividades, foi percebido que havia uma falha no processo de solicitar e agendar atividades no laboratório. Para atender a esta necessidade, foram seguidas as orientações de Baldam *et al.* (2007), e realizou-se a modelagem e otimização do processo. A primeira medida tomada foi planejar o BPM (*Business Process Management*, ou Gerenciamento de Processos de Negócios), para evidenciar os pontos de falhas, definir ações corretivas para alcançar o objetivo de reduzir os cancelamentos de solicitações de ensaios e variação do fluxo de serviços.

Após esta etapa, passou-se para a fase da modelagem de como era o processo na época, chamado de *as is*, exposto na Figura 1. Então, percebeu-se que, além de não haver padronização e organização na solicitação, havia também uma sobrecarga de responsabilidade sobre o técnico, que era o único participante ativo em todo o processo.

**Figura 1 - Programar e realizar ensaios laboratoriais no LEMAC (as is)**



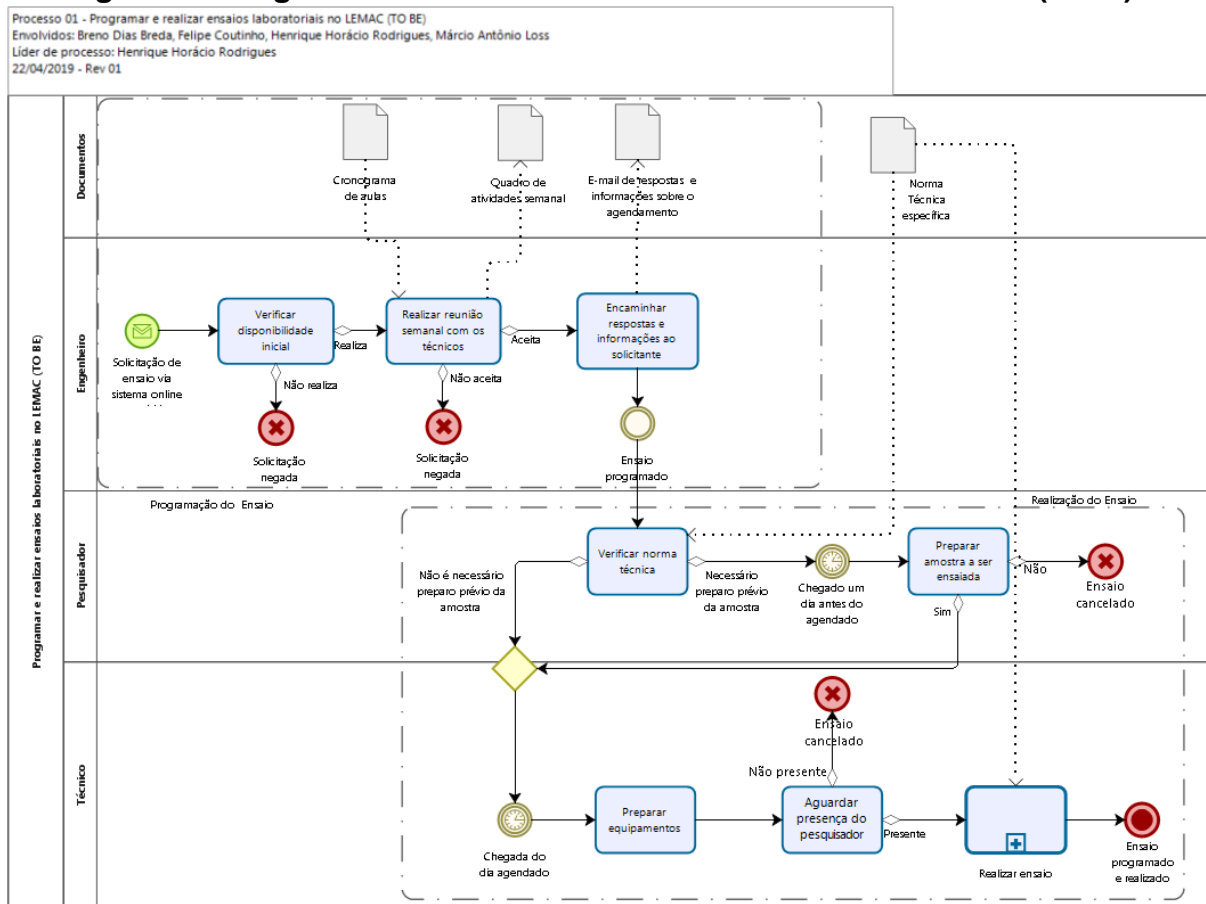
Fonte: Elaboração própria

Sendo assim, este processo foi reformulado com intuito de dividir as responsabilidades entre o engenheiro do laboratório, os técnicos e o pesquisador. Para aprimorar esta reformulação, era necessário algum sistema de sinalização prévia das demandas do laboratório, que também informasse o que está sendo e o que já foi realizado, contemplando assim um sistema de *Kanban*.

Após algumas reuniões entre a equipe técnica e várias sugestões, esboços e tentativas, o processo foi redesenhado. Agregaram-se outras ferramentas ao processo de solicitação e agendamento, como a criação de um sistema online de agendamento de atividades através do *software Google Docs®*, no qual o pesquisador se cadastra e faz o requerimento do uso de algum equipamento ou a realização de algum ensaio, informando o material a ser ensaiado, datas e horários disponíveis, número de norma, entre outras observações (DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, 2019). Este é o mesmo sistema que colheu as informações ilustradas no Gráfico 1, no item 4.2.

A modelagem do novo processo de agendamento (*to be*) está exposta na Figura 2.

**Figura 2 - Programar e realizar ensaios laboratoriais no LEMAC (to be)**



Fonte: Elaboração própria

O *to be* foi completamente implementado, funciona desde sua implementação, tem sido a única forma de solicitação de ensaios para pesquisadores e foi aceito por todos estes usuários. A equipe técnica decidiu e informou aos pesquisadores que todas as solicitações de atividades de pesquisa e extensão devem ser enviadas na semana anterior àquela em que deseja realizar o ensaio. Então, de posse de todas as solicitações recebidas, os técnicos se reúnem na tarde do último dia útil da semana para discutir a viabilidade e possibilidade de execução dos ensaios, e também dividem essas atividades entre si. Assim, há uma melhor distribuição de tarefas entre todos os técnicos ao longo de todos os dias e horários da semana.

Após a realização dessas reuniões semanais, sob responsabilidade do engenheiro, são gerados dois documentos digitais: o cronograma de agendamento das atividades semanal dos técnicos, registrado diretamente no aplicativo Google Agenda® de cada envolvido na atividade, seja técnico ou pesquisador; e um e-mail de confirmação ou recusa para o solicitante, ficando assim a atividade de agendamento concluída.

Percebe-se que este novo sistema de agendamento de atividades funciona como um *Kanban*, pois o tempo todo ele informa o que é solicitado, o que está por fazer, o que está sendo feito e o que está pronto. Ter a programação semanal detalhada, bem distribuída e devidamente agendada previamente auxilia para que não haja sobrecarga de serviço para algum membro da equipe técnica, além de tornar fácil o acesso para todos os envolvidos, já que está o tempo todo disponível em seu *smartphone*.

Para o pesquisador, ficou a responsabilidade de ler os requisitos da norma, preparar sua amostra para ensaio e estar presente para realizar o ensaio juntamente do técnico responsável. E, por último, as tarefas que ficaram como responsabilidade para os técnicos são somente as de preparar os equipamentos e realizar o ensaio junto com o pesquisador, além de participar da reunião semanal de agendamento.

Com todas essas mudanças, percebe-se até o momento que os conflitos de agenda diminuíram e que as atividades são realizadas de forma mais organizada, com definições de horários e técnicos responsáveis pelo acompanhamento. Assim, a sobrecarga de tarefas foi reduzida e a maioria dos trabalhos realizados durante toda a semana já são previamente conhecidos. Outro fator importante a se destacar é que, com o registro das atividades realizadas pelo laboratório, pode-se avaliar quais são os equipamentos mais utilizados e assim fazer cronograma de manutenção preventiva, ou até mesmo realizar a aquisição de equipamentos e acessórios mais modernos para atender altas demandas.

#### 4.5 UTILIZAÇÃO DO 5S NA EXPANSÃO, READEQUAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS AMBIENTES DO LABORATÓRIO

Nesta seção, iremos tratar das alterações que foram realizadas através da ferramenta 5S, usando como base trabalhos de diversos autores como Jiménez *et al.* (2015), Sari, Rahmillah e Aji (2017), Czifra (2017), Pramono *et al.* (2020) e Bharambe V. *et al.* (2020), que enfatizam o atendimento aos sentidos de classificação/utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina, que são as cinco etapas do 5S.

O 5S foi aplicado, como ferramenta de melhoria, nas salas de ensaios, armários de peneiras, oficina e câmara seca.

#### **4.5.1 Salas de ensaios**

Para atender às normas técnicas, vários ensaios precisam ser realizados em ambientes com temperatura e umidade controladas e com disposição de bancadas, equipamentos e acessórios para sua efetiva realização.

Inicialmente, no LEMAC, havia uma única sala (sala 6) para diferentes tipos de ensaios, como produção e ensaios no estado fresco de argamassas e pasta de cimento, massa específica de agregados e aglomerantes, finura Blaine (área específica), teor de matéria orgânica, entre outros.

Devido a esse grande número de ensaios no mesmo ambiente, era comum alguma demanda de ensaio não ser agendada, ou precisar ter o horário alterado, pois esta sala já estava agendada para outro pesquisador. Isso gerava conflitos na utilização do espaço e de equipamentos.

Além de ser utilizada para realizar ensaios para pesquisas, esta sala também servia para aulas práticas demonstrativas. Porém, como a sala 6 não é ampla, como mostrada na Figura 3, muitos alunos presentes tinham dificuldades em visualizar os experimentos demonstrados.

**Figura 3 - Sala 6 antes das alterações**



Fonte: Elaboração própria

Além da sala 6, utilizada para ensaios, havia outras duas salas que estavam praticamente desativadas, servindo apenas para guardar materiais e equipamentos danificados ou sem uso. São elas as salas 13 e 14, apresentadas nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

**Figura 4 - Sala 13 antes das alterações**



Fonte: Elaboração própria

**Figura 5 - Sala 14 antes das alterações**



Fonte: Elaboração própria

Após serem observados estes problemas de espaço, foi proposta a adequação destes ambientes segundo as práticas do 5S, que contemplam os sentidos de classificação, organização, limpeza, padronização e disciplina.

Para atender ao sentido de classificação, todos os materiais desnecessários foram descartados, ou foi dada baixa no patrimônio e encaminhado para o setor responsável da universidade. Já os equipamentos úteis, que normalmente são pouco usados, foram guardados em outra sala com a função de depósito; os que precisavam de alguma manutenção foram encaminhados para avaliação.

Desta forma, tanto a sala 13 quanto a sala 14 ficaram livres para receber novas funções. Elas passaram por uma organização e distribuição de diversos equipamentos de tal forma que a sala 13 foi adaptada para realização prioritária de ensaios de caracterização de insumos. Para atender ao sentido de organização, todos os equipamentos e materiais necessários para realizar estes ensaios foram organizados nesta sala, para que o trabalho seja realizado somente neste ambiente.

Da mesma forma foi feito na sala 14, porém ela passou a receber equipamentos e materiais para confecção de argamassas e pastas de cimento e para a realização dos ensaios em seus estados frescos. A sala 6, por ser menor, foi organizada para servir como sala de apoio e também servirá para pesagem e preparação de insumos para realização de diversos ensaios no laboratório.



Diante disso, é possível considerar que o senso de organização e o de padronização também foram atendidos, já que cada uma das três salas foi identificada, equipada e organizada para atender demandas específicas de forma padrão.

As salas 6, 13 e 14 atualmente estão conforme as figuras 6, 7 e 8, respectivamente.

**Figura 6 - Sala 6 após alterações**



Fonte: Elaboração própria

**Figura 7 - Sala 13 após alterações**



Fonte: Elaboração própria

**Figura 8 - Sala 14 após alterações**



Fonte: Elaboração própria

Com essa reorganização, ganhou-se espaço, mobilidade e maior capacidade para atendimento ao público, pois antes era possível atender somente uma demanda por vez (na sala 6) e agora, como há três salas de ensaios, é possível realizar três ensaios ao mesmo tempo. Também houve redução do tempo de espera para realização dos ensaios e conseqüentemente menor número de defeitos, com a vantagem, ainda, de o pesquisador poder executar suas atividades em um ambiente mais apropriado, organizado, amplo e exclusivo para ele.

Como as novas salas são maiores, isso também facilitará a visualização e a execução dos ensaios por parte dos alunos nas aulas práticas. Com tudo isso, criaram-se nos usuários do laboratório os sentidos de limpeza e de disciplina para manter todos estes ambientes limpos, organizados e funcionando sempre da melhor forma.

Também é possível visualizar o antes e depois no relatório de Kaizen a seguir na Figura 9. O relatório Kaizen é utilizado para evidenciar as alterações e melhorias alcançadas em um determinado local ou atividade, para descrever as ações realizadas e os resultados alcançados, para mostrar a situação antes e depois com imagens, e para identificar a causa raiz do problema, os desperdícios gerados e os responsáveis pela implantação das melhorias.

**Figura 9 - Kaizen – Criar e expandir salas de ensaios**

PPGGP - UFES

# KAIZEN

---

**Objetivo do Kaizen:** Criar e expandir salas de ensaios      **Área aplicada:** LEMAC      **Data:** 2020

---

**Pilar:**  Segurança     Sustentabilidade     Produtividade     Qualidade     Pessoas     Custos

**07 Desperdícios:**  Espera     Defeito     Transporte     Inventário     Movimento     Superprodução     Processo excessivo

---

**ANTES**

**Situação Antes:** Existia uma sala para preparação e pesagem de insumos, ensaios diversos em aglomerantes, agregados e argamassa e outras duas salas para depósito de equipamentos defeituosos ou de pouco uso

**DEPOIS**

**Ação Realizada:** Eliminação dos equipamentos defeituosos. Envio de equipamentos de pouco uso para outra sala. Disposição de uma sala para preparo e pesagem de insumos, uma sala para ensaios em aglomerantes e agregados e uma sala para argamassa. Todas independentes entre si.

---

**Realizadores (máximo 06):**

Henrique    Márcio    Breno    Luana

**Resultados alcançados:**

	ANTES	DEPOIS	GANHO
Melhor disposição dos ambientes para ensaios	1 sala	3 salas	2 salas
Redução de conflitos entre pesquisadores na utilização das salas	1 ensaio por vez	3 ensaios simultâneos	2 ensaios simultâneos
Melhor visualização dos experimentos pelos alunos em aulas práticas			

Fonte: Elaboração própria

Outra ação que auxiliou na melhor disposição de materiais utilizados nas salas de ensaios foi a criação de um armário para guardar todas as peneiras granulométricas com dimensão de 8x2 polegadas. Estas peneiras atendem diversas normas técnicas de ensaios realizados neste laboratório, principalmente as normas de determinação da composição granulométrica NBR NM 248:2003, de

finura de cimento por meio da peneira 75 $\mu$ m NBR 11579:2012 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003; 2012), entre diversos outros ensaios que necessitam de peneiramento de agregados miúdos ou aglomerantes para preparação da amostra.

Até então as peneiras não tinham local fixo para serem guardadas. Algumas ficavam sobre a bancada, outras colocadas em algum armário fora de ordem. Isso atrasava o início dos ensaios e ainda deixava o laboratório desarrumado.

Para melhorar esta situação, conseguiu-se um armário com portas para guardar estas peneiras. E para melhorar a visualização e facilitar a procura, elas foram separadas por áreas com suas respectivas faixas granulométricas, conforme pode ser visto na Figura 10.

**Figura 10 - Armário de peneiras organizado**



Fonte: Elaboração própria

O 5S está presente nesta organização das peneiras de forma que: somente as peneiras úteis estão disponíveis (senso de classificação); foi separado um local específico para se guardarem todas estas peneiras (senso de ordem); existem escovas e pincéis no armário, além de aviso para que todo o material só seja guardado após sua limpeza (senso de limpeza); todas as peneiras estão classificadas e ordenadas em espaços etiquetados, de acordo com a dimensão de

sua malha (senso de padronização); sendo assim, com toda esta facilidade em visualizar os espaços de cada peneira, cria-se o hábito em manter a organização (senso de disciplina).

#### 4.5.2 Área de oficina

No laboratório, existe uma oficina para dar suporte à manutenção de máquinas e equipamentos. Com o passar dos anos, alguns equipamentos desta oficina entraram em desuso e houve um acúmulo excessivo de material de sucata, conforme pode-se verificar na Figura 11 como era.

**Figura 11 - Área da oficina antes das alterações**



Fonte: Elaboração própria

Como também se optou pela aplicação do 5S na área da oficina, a primeira etapa para adequar este espaço foi a aplicação do senso de utilização. Ou seja, todos os objetos que não estivessem em perfeito funcionamento ou que não fosse possível a manutenção imediata, nem fosse vislumbrada sua utilidade a curto prazo, seriam descartados.

Também, decidiu-se que todas as sucatas seriam eliminadas. Esta ideia foi estendida para demais áreas do laboratório e, ao final deste processo, foram eliminadas mais de duas toneladas de sucatas metálicas e uma grande quantidade

de lixo comum, sendo que a maior parte tinha origem nesta oficina. Outros equipamentos obsoletos, como um torno mecânico e uma máquina fresadora, foram encaminhados para o setor de patrimônio da universidade.

Depois de concluir esta etapa, o volume de objetos da oficina reduziu drasticamente, e restou somente o que realmente tinha utilidade. Sendo assim, passamos para as etapas de 5S de organização e padronização do ambiente.

Atender a estes dois sentidos, de ordem e padronização, se mostrou como uma tarefa menos complicada do que se imaginava inicialmente, pois, com um número muito menor de peças, foi mais fácil conseguir lugar para os materiais que sobraram, deixando-os segmentados por uso, tamanho e funcionalidade.

Adicionalmente aos processos de organização e padronização, foi utilizado um controle de Gestão à Vista para guardar as ferramentas. Para isso, foi confeccionado pelos técnicos um quadro de ferramentas para guardar martelos, chaves de fenda, de boca e *Philips*, alicates, entre outras ferramentas, onde há o desenho de cada uma delas, indicando o espaço em que deve ser pendurada, facilitando assim o controle e alertando caso esteja faltando alguma ferramenta.

Já as peças pequenas como pregos, parafusos, arruelas, brocas e outras, foram separadas e guardadas numa caixa metálica de ferramentas. Os equipamentos maiores, como furadeiras e marretas, foram alocados em um armário fechado. Ainda ficou à disposição uma mesa para ser utilizada como bancada de apoio.

Sendo assim, o laboratório permanece com ferramentas organizadas para dar pequenas manutenções e a maior parte da oficina, que antes não tinha utilidade prática, foi liberada para receber novas funções. Temporariamente está servindo como área de estoque e secagem de alguns insumos de pesquisas, mas já há o plano de ser utilizada como área para ensaios físicos.

Como, a partir de então, esta área ficou mais ampla e livre de excesso de armários, bancadas e recipientes para guardar peças diversas, a limpeza deste ambiente ficou mais fácil de ser feita e não há mais locais para guardar sucatas como era de costume anteriormente, facilitando o atendimento ao senso de limpeza. É possível verificar como a área está atualmente na Figura 12.

Figura 12 – Área da oficina após alterações



Fonte: Elaboração própria

Já o senso de disciplina parte do compromisso de todos os usuários em manter o local organizado conforme está disposto após as alterações realizadas.

O relatório *Kaizen* que resume as ações e conquistas nesta área está apresentado na Figura 13.

Figura 13 - *Kaizen* – Organizar oficina de manutenção do LEMAC

PPGGP - UFES

## KAIZEN

Objetivo do Kaizen: Organizar oficina de manutenção do LEMAC      Área aplicada: LEMAC      Data: 2020

Pilar:  Segurança    Sustentabilidade    Produtividade    Qualidade    Pessoas    Custos

07 Desperdícios:  Espera    Defeito    Transporte    Inventário    Movimento    Superprodução    Processo excessivo

ANTES



Situação Antes:

Oficina com muitas sucatas e equipamentos sem uso.  
Dificuldade de encontrar e ter controle das ferramentas.

DEPOIS



Ação Realizada:

Retirada das sucatas e equipamentos defeituosos, obsoletos e sem uso.  
Organização das ferramentas e peças em quadro, maleta e armário.

Realizadores (máximo 06):



Henrique   Breno   Márcio

Resultados alcançados:

Facilidade no controle das ferramentas

GANHO de uma área para secagem de areia e brita

ANTES | DEPOIS | GANHO

Ferramentas espalhadas | Ferramentas organizadas

67,68m<sup>2</sup> | 92,16m<sup>2</sup> | 24,48m<sup>2</sup> (36,17%)

Fonte: Elaboração própria

### 4.5.3 Câmara seca

Em laboratórios de materiais de engenharia civil é comum ter uma sala chamada câmara seca, onde a umidade relativa do ambiente é controlada através de desumidificadores para que compostos aglomerantes, como o cimento, sejam estocados sem que haja hidratação deste composto, atendendo assim a NBR 12655:2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 14).

Com o passar dos anos, houve o aumento de pesquisas em andamento no LEMAC, desta forma, a câmara seca passou a não suportar adequadamente a quantidade de materiais aglomerantes estocada. Isso acarretou uma desorganização e falta de controle do estoque destes materiais, pois já não havia mais identificação de propriedade, validade, prazo de utilização e de estocagem, como pode-se ver na Figura 14.

**Figura 14 - Câmara seca antiga - antes das alterações**



Fonte: Elaboração própria

Devido a este cenário de desorganização e de falta de espaço, primeiro a equipe técnica aplicou o senso de classificação/utilização, para o atendimento ao 5S. Realizou-se uma força-tarefa para identificar a propriedade e o uso de cada volume



dentro desta sala, sendo que o que ainda era útil seria devidamente identificado e o restante seria descartado como entulho.

Foi percebido que não seria possível atender às demais etapas do 5S se a câmara seca permanecesse nesta mesma sala, pois havia muito material a ser estocado, com previsão da chegada de mais sacos de materiais aglomerantes; e, como a sala é pequena, não seria viável a adequação conforme o 5S.

Portanto, foi decidido que haveria a mudança da câmara seca para uma sala maior. Optou-se então por transferir a câmara seca para onde, até então, era a sala de cortes de rocha, concreto e aço, e os equipamentos desta sala seriam encaminhados para outro galpão. Com estas medidas, passou a ser possível atender aos sentidos de organização, limpeza, padronização e disciplina.

A partir de então, com a criação deste novo ambiente, já foi possível o atendimento ao sentido de organização, já que todos os materiais aglomerantes estão dispostos em uma mesma sala com espaço adequado e atendendo às exigências da NBR 12655:2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 14).

Cada pesquisador passou a ter um espaço destinado para os seus respectivos materiais aglomerantes (sentido de padronização), já que, de acordo com as decisões da comissão de regulamentação para acesso e uso dos laboratórios experimentais da engenharia civil (DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, 2020, p. 4), é de responsabilidade do pesquisador os cuidados com os insumos de sua pesquisa. Logo, como cada um tem seu espaço, cada um torna-se responsável pela limpeza de sua área, podendo ser cobrado pelos técnicos e por demais pesquisadores caso esta etapa não esteja satisfatória (sentido de limpeza).

Por último, o sentido de disciplina passou a ser cumprido a partir do momento em que cada usuário percebeu as vantagens de ter um ambiente mais seguro e apropriado para estocar parte do seu material de pesquisa, com o compromisso de não causar danos ao material de terceiros.

A nova câmara seca é mostrada na Figura 15.

**Figura 15 - Nova câmara seca - após alterações**



Fonte: Elaboração própria

Cabe também informar que a sala onde antes era a câmara seca foi adaptada para ser uma sala de estudos de pesquisadores. Como houve uma troca de ambientes, é importante ilustrar as alterações realizadas que envolveram a câmara úmida (Figura 16).

**Figura 16 – Esquema das alterações na câmara seca e sala de cortes**



Fonte: Elaboração própria

#### 4.6 GESTÃO À VISTA APLICADA NA ORGANIZAÇÃO DA CÂMARA ÚMIDA

Outro ambiente comum em laboratórios de materiais é a câmara úmida, criada para atender principalmente à NBR 5738:2015 e à NBR 7215:2019 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 7; 2019, p. 3), que tratam respectivamente do procedimento para moldagem e cura de corpos de prova de concreto e da determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos produzidos a partir de cimento Portland®. A primeira norma solicita que, no procedimento de cura, os corpos de prova (CPs) de concreto sejam armazenados em câmara úmida com temperatura de 23°C (+/-2) e umidade relativa do ar superior a 95%. E a segunda pede que os CPs de cimento tenham a cura final em tanque de água saturada com de cal dentro da câmara úmida.

Portanto, a câmara úmida é um ambiente de extrema importância para o laboratório, pois atende aos requisitos de cura dos principais ensaios solicitados no LEMAC. Como vimos no item 4.2 desta pesquisa, são os ensaios relacionados à confecção e rompimentos de CPs de argamassas e concretos, sendo a cura uma etapa intermediária entre estas duas atividades. Entende-se por tempo de cura o tempo em que os materiais cimentícios levam para hidratar, atingindo assim o seu completo endurecimento. Para que isso ocorra perfeitamente e continuamente, não pode faltar água ao CP, caso contrário podem ocorrer falhas como fissuras e diminuição de resistência (LIM *et al.*, 2021, p. 2).

Antes de ir à câmara úmida, cada CP tem que ser identificado com o nome do pesquisador responsável, com a data de moldagem e com algum dado que seja possível identificar qual a diferenciação do traço usado para aquela moldagem.

A Figura 17 mostra como a câmara úmida estava disposta. Havia um grande número de CPs, tanto de pesquisas já encerradas quanto em andamento, nas prateleiras e nos tanques de imersão. E somente as prateleiras tinham identificação numérica.

**Figura 17 - Câmara úmida antes das alterações**



Fonte: Elaboração própria

Para organizar a colocação de cada material na câmara úmida, o primeiro passo foi descartar os CPs de pesquisas já encerradas. Após isso, cada tanque de imersão recebeu identificação alfabética, já que as prateleiras já possuíam identificação numérica.

Para incrementar, como principal recurso da Gestão à Vista nesta ação de otimização, foi criado um quadro subdividido de acordo com a identificação das prateleiras e dos tanques de imersão. Assim, cada pesquisador anota em qual espaço estão os seus CPs e em qual a data eles deverão ser ensaiados ou armazenados, entre outras informações que julgar necessárias, favorecendo assim a gestão, identificação e prazo do uso da câmara úmida e dos CPs de forma clara, evidente e à mostra para todos os usuários. A câmara úmida, atualmente, se encontra conforme a Figura 18, e o quadro de identificação, que está pregado na porta da câmara úmida, é mostrado na Figura 19.

Figura 18 - Câmara úmida após alterações



Fonte: Elaboração própria

Figura 19 - Quadro de identificação dos espaços da câmara úmida - Gestão à Vista

SALA 11  
**CÂMARA ÚMIDA**

1 ALME ENSAIO 02-06/21	2	3	4	5	6 BENÍCIO ENSAIO 01/06/21	7	8
9	10	11	12 PAULO ENSAIO 12/05/21	13	14	15	16 LUCAS ENSAIO 03/08/21
17	18	19	20	21	22 VINÍCIUS ENSAIO 10/09/21	23	24
25	26	27 FERNANDA ENSAIO 06/07/21	28	29	30	31 JÚLIA ENSAIO 16/06/21	
A	B RODRIGO CPS DURABILIDADE	C	D	E ROSE CPS CORROSAO	F		

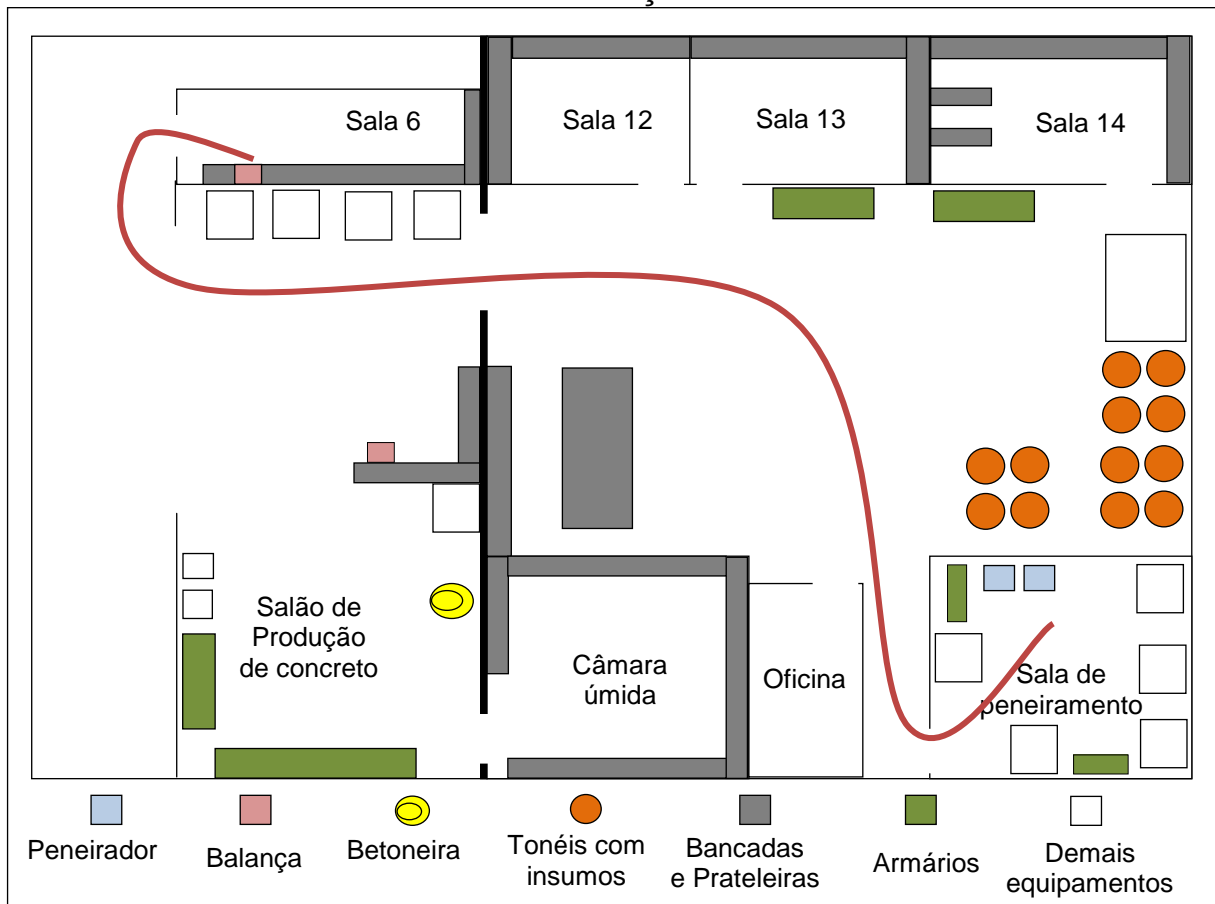
Fonte: Elaboração própria

#### 4.7 UTILIZANDO GRÁFICO ESPAGUETE PARA REDUÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE AS TAREFAS E ALTERAÇÃO DE *LAYOUT*

Através da observação realizada para levantamento de desperdícios, foi identificado que havia falta de planejamento na disposição de materiais e equipamentos dentro do laboratório. Segundo os técnicos do setor, estes equipamentos eram colocados onde havia espaço ou onde precisasse mover o menor número de outros equipamentos para aloca-lo. Por vezes, esta falta de planejamento impactava negativamente a execução de diversas atividades. Um destes fatores negativos era a grande distância percorrida dentro do laboratório para realização de alguma tarefa necessária aos ensaios laboratoriais, assim como o tempo de execução desta tarefa.

Através da observação, foram percebidas que duas atividades se destacavam entre as que necessitavam de maior deslocamento entre as tarefas: peneiramento e pesagem de insumos (Figura 20); e pesagem de areia e brita para confecção de concreto para aulas práticas (Figura 21). Em cada imagem está ilustrado o deslocamento realizado antes da aplicação das melhorias em cada atividade, respectivamente.

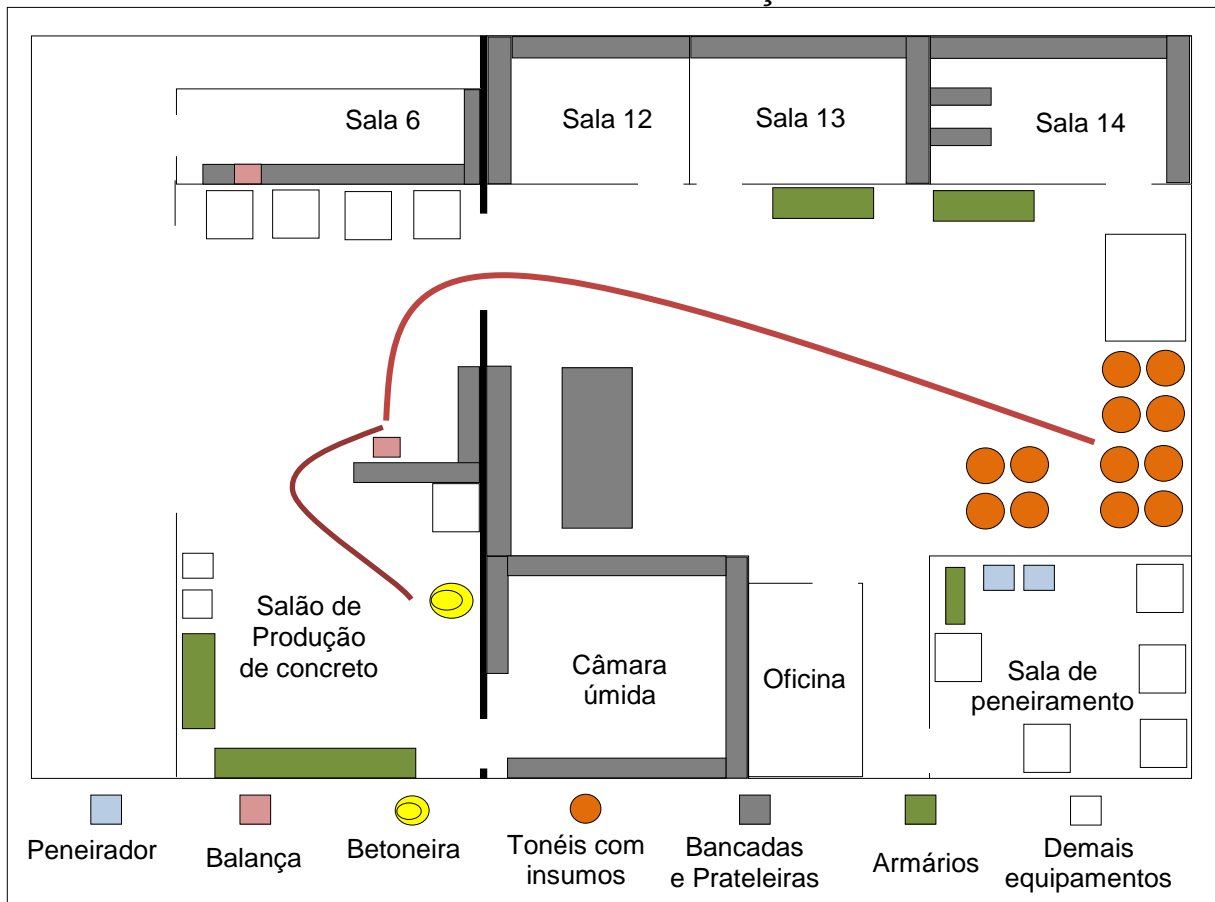
**Figura 20 - Gráfico Espaguete - peneiramento e pesagem de insumos antes das alterações**



Fonte: Elaboração própria

Na Figura 20, a linha traçada representa o deslocamento necessário para pesar as amostras ou insumos após o seu peneiramento. Numa ponta da linha é o local onde fica o peneirador mecânico e na outra ponta está a balança onde as frações peneiradas devem ser pesadas. A necessidade do uso exclusivo desta balança se dá por ela ter uma escala de graduação exigida pela norma. As distâncias médias percorridas neste trajeto de idas e vindas para pesar o material peneirado foi de 680m e o tempo médio gasto para realizar a atividade era de 25 minutos e 57 segundos.

**Figura 21 - Gráfico Espaguete – pesagem de areia e brita para confecção de concreto antes das alterações**



Fonte: Elaboração própria

Já a linha traçada na Figura 21 representa o deslocamento para pesagem de areia e brita na confecção de concreto para aulas práticas. De um lado temos o local onde os tonéis com insumos eram armazenados: este material era transportado até uma balança de até 200 quilogramas de carga e na sequência levado para próximo da betoneira onde o concreto é produzido. A etapa de transporte dos insumos para a pesagem poderia ser repetida algumas vezes, já que dificilmente acerta-se o peso ideal em uma primeira tentativa. Este processo era repetido para pesagens de areia e britas. Portanto, foi constatado que, em média, o trajeto percorrido eram de 96m para esta atividade.

Para reduzir este desperdício, a exemplo de Rutledge, Xu e Simpson (2010, p. 25) e da Cunha *et al.* (2020), utilizou-se o Gráfico Espaguete para avaliar as duas atividades e propor as alterações de acordo com o que foi levantado. Como dito anteriormente, esta ferramenta auxilia na visualização do deslocamento, no posicionamento dos equipamentos utilizados numa atividade e na adequação do *layout* da organização (PHILLIPS; SIMMONDS, 2013, p. 24). Os diagramas visuais do fluxo das atividades e deslocamento sobre a planta do ambiente, por muitas



vezes, mostram claramente algumas medidas que reduziriam desperdícios de tempo e esforço. Após a avaliação do que foi levantado no Gráfico Espaguete, foi comprovado o problema de excesso de deslocamento nas duas atividades.

Para reduzir o deslocamento entre as tarefas de peneiramento e de pesagem de insumos foi colocada uma balança na sala de peneiramento; assim, toda a atividade passa a ser realizada no mesmo ambiente. Antes, não era possível disponibilizar uma balança para esta sala, pois até pouco tempo antes do início desta pesquisa o laboratório só dispunha de balanças de precisão, que são equipamentos muito sensíveis para ficarem em uma sala que tenha excesso de vibração e pó, o que favoreceria a sua constante descalibração. Após a chegada de uma balança mais robusta que atendia às normas de granulometria NBR NM 248:2003 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003) e Abrasão “Los Angeles” (ensaio que avalia o desgaste superficial dos grãos de agregado quando submetido ao atrito) NBR NM 51:2001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001), ainda não havia a intenção de colocá-la na sala de peneiramento, mas, com a necessidade de eliminar desperdícios nesta atividade, esta balança foi alocada nesta sala.

Verifica-se que foi obtida uma redução média de 88,24% no deslocamento e de 35,77% no tempo para a preparação de amostras do ensaio de Abrasão “Los Angeles”, que é um ensaio comum ao laboratório, para o qual são necessárias as etapas de peneiramento e pesagem de uma amostra de brita. Em números absolutos, antes havia deslocamento médio de 680m e um tempo de 25 minutos e 57 segundos e estes números foram reduzidos para 80m e 16 minutos e 40 segundos para realizar completamente as atividades.

Outro ensaio que foi otimizado com a ferramenta do Gráfico Espaguete é a de granulometria de brita. Este ensaio também utiliza o mesmo peneirador e a balança do ensaio de abrasão “Los Angeles”.

Para a granulometria de brita, o deslocamento médio antes da implantação da melhoria era de 567m, que foi reduzido para 63,33m, uma redução de 88,82%, ou seja 503,67m. E o tempo inicial era de 23 minutos e 57 segundos, que foi reduzido para 16 minutos e 15 segundos, ou seja 32,13%. Cabe ressaltar que a sala de peneiramento também passou por uma organização, em que vários materiais e objetos foram descartados ou alocados em locais mais apropriados.

A Figura 22 mostra, através da linha vermelha do Gráfico Espaguete, que o atual deslocamento entre o peneiramento e a pesagem de amostras para os ensaios de granulometria e abrasão “Los Angeles” é somente dentro da sala de peneiramento.

**Figura 22 - Gráfico Espaguete - peneiramento e pesagem de insumos após alterações**



Fonte: Elaboração própria

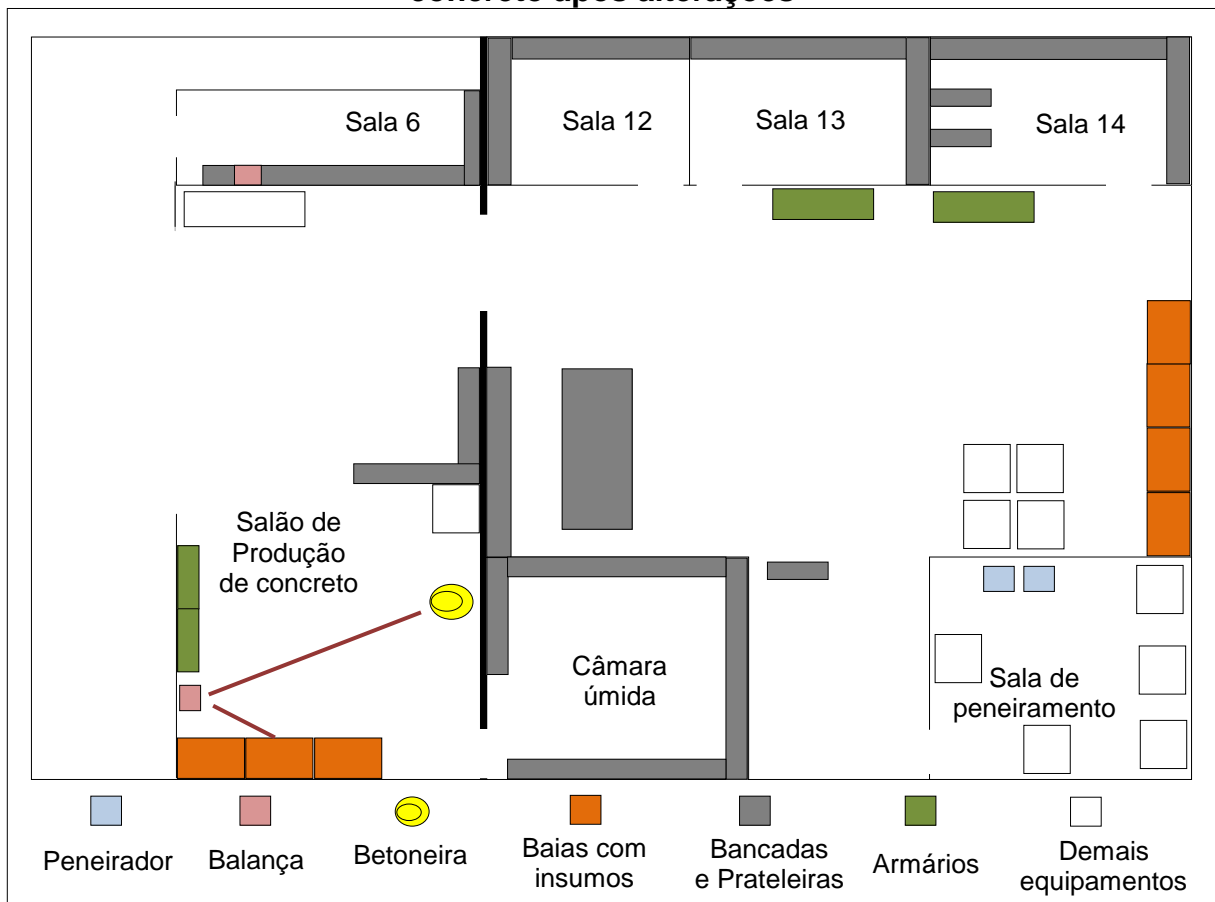
Já para solucionar o problema pesagem de areia e brita para confecção de concreto em aulas, foi decidido que a melhor opção seria alocar os insumos próximos ao ambiente onde se confecciona o concreto. Desta forma, foram construídas baias para armazenar areia, brita 0 e brita 1 no mesmo ambiente onde se encontra a betoneira (equipamento próprio para misturar os insumos e produzir o concreto), e a balança foi colocada mais próxima das novas baias.

Para a construção dessas baias não houve nenhum custo adicional para o laboratório, uma vez que já se dispunha de todos os materiais necessários (tijolo, areia, cimento e cal) utilizados na obra, e a mão de obra foi fornecida pela universidade através de equipe terceirizada.

Com estas medidas, foi verificada uma redução de 96m para 24m no deslocamento para a realização da pesagem de areia e brita para confecção de concreto. Ou seja, uma redução média de 72m, ou 75% no deslocamento.

Na Figura 23 é apresentado o novo deslocamento realizado entre pegar os insumos, pesá-los e levá-los para a betoneira, através do Gráfico Espaguete.

**Figura 23 – Gráfico Espaguete – pesagem de areia e brita para confecção de concreto após alterações**



Fonte: Elaboração própria

A comparação entre o antes e depois das alterações nas atividades descritas neste tópico estão resumidas nos painéis de *Kaizen*, representados nas Figura 24 e 25.

## Figura 24 – Kaizen – Reduzir tempo e distância deslocada na realização de peneiramento e pesagem de insumos

PPGGP - UFES

# KAIZEN

Objetivo do Kaizen: Reduzir tempo e distância deslocada na realização de peneiramento e pesagem de insumos


Área aplicada: LEMAC

Data: 2020

Pilar:  Segurança  Sustentabilidade  Produtividade  Qualidade  Pessoas  Custos

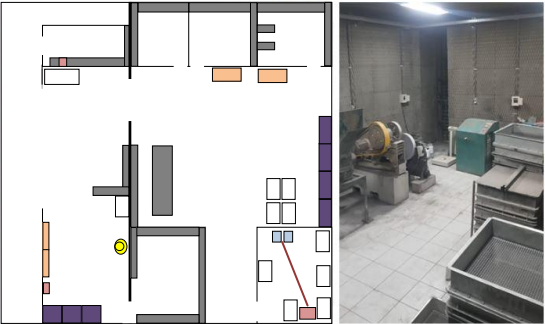
07 Desperdícios:  Espera  Defeito  Transporte  Inventário  Movimento  Superprodução  Processo excessivo

**ANTES**



**Situação Antes:** Sala de difícil mobilidade devido excesso de equipamentos sem uso.  
Sala sem balança para pesagem de insumos  
Grande distância entre o peneiramento e pesagem

**DEPOIS**



**Ação Realizada:** Retirada de equipamentos desnecessários  
Colocação de uma balança robusta para pesagem dos insumos

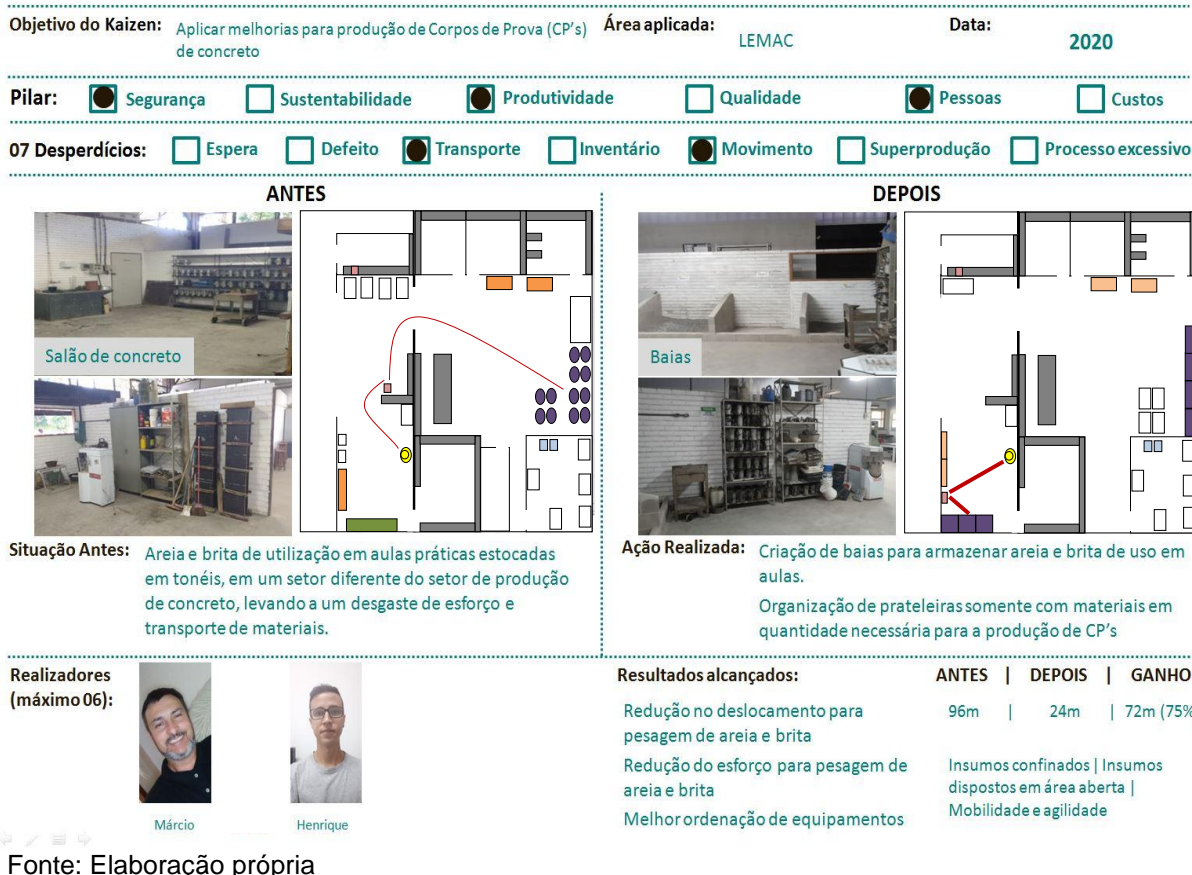
Realizadores (máximo 06):	Resultados alcançados:			
    <p>Henrique Breno Márcio Luana</p>	ANTES	DEPOIS	GANHO	
	Redução do tempo de realização do ensaio de granulometria de brita	23'57"	16'15"	7'42" (32,13%)
	Redução do deslocamento na realização do ensaio de granulometria de brita	567m	63,33m	503,67m (88,82%)
	Redução do tempo na preparação para o ensaio de Abrasão Los Angeles	25'57"	16'40"	09'17" (35,77%)
	Redução do deslocamento na preparação para o ensaio de Abrasão Los Angeles	680m	80m	600m (88,24%)

Fonte: Elaboração própria

## Figura 25 – Kaizen – Reduzir tempo e distância deslocada na pesagem de insumos para produção de concreto

PPGGP - UFES

### KAIZEN



E assim se apresentaram as alterações realizadas através do Gráfico Espaguete, reduzindo diretamente o tempo e o deslocamento para execução das atividades de granulometria de brita, para a preparação de amostras para o ensaio de Abrasão “Los Angeles” e para a pesagem de insumos para confecção de concreto.

#### 4.8 RESUMO GERAL DOS RESULTADOS

Esta pesquisa evidenciou alguns problemas que ocorriam no laboratório estudado, que levavam a uma série de desperdícios que impactavam significativamente na rotina laboratorial. Porém, com a aplicação de ferramentas de pensamento enxuto, várias ações de melhorias foram implementadas no setor. Assim, foram obtidos resultados satisfatórios na busca pela otimização das atividades laboratoriais. O resumo de todas as ações está descrito no Quadro 3 a seguir.

#### Quadro 3 - Resumo das alterações realizadas

(continua)

<b>Problemas</b>	<b>Desperdícios</b>	<b>Ferramentas</b>	<b>Ações de Melhoria</b>	<b>Resultados</b>
Falta de planejamento, organização e registros das atividades laboratoriais	Flutuação entre momentos de sobrecarga de atividades e ociosidade (3M). Falta de informações para tomada de decisão	<b>BPM</b>	Remodelagem do processo de solicitação de atividades de pesquisa com a criação de sistema de um agendamento <i>on-line</i> de atividades.	Programação semanal detalhada, bem distribuída e devidamente agendada previamente. O sistema age como um <i>Kanban</i> .
Somente uma sala para ensaios de caracterização e pesagem de insumos e produção de argamassas	Atividades canceladas por conflito de agenda e espaço. Acompanhamento inadequado dos ensaios em aulas práticas.	<b>5S</b>	Criação e adequação de novas salas que foram separadas por tipo de ensaios.	Aumento da capacidade de atendimento de uma para três demandas simultâneas. Melhor visualização dos ensaios em aulas práticas.
Peneiras sem lugar adequado para guardar	Perda de tempo na procura, atrasando ensaios. Risco de danos por colocar em local inapropriado.	<b>5S</b>	Organização de um armário e separação das peneiras por faixa granulométrica.	Redução do tempo para procura e de risco de danos.
Oficina ineficiente, com excesso de sucatas e equipamentos danificados e obsoletos	Dificuldade de encontrar ferramentas, falta de espaço para manutenção de equipamentos, risco de acidentes, <i>etc.</i>	<b>5S e Gestão à Vista</b>	Eliminação de sucatas e equipamentos desnecessários, organização de ferramentas, liberação da área para novas funções.	Aumento de segurança, maior agilidade na procura e controle das ferramentas, ganho de 36% em área de secagem de areia e brita, aumento da área de estocagem.
Câmara seca pequena	Falta de espaço, controle e identificação dos materiais estocados e excesso de sujeira.	<b>5S</b>	Criação de uma câmara seca maior, separação de áreas para cada pesquisador organizar seu material.	Organização de todos os materiais estocados. Criação de consciência coletiva de organização e limpeza entre os pesquisadores.

### Quadro 3 - Resumo das alterações realizadas

(conclusão)

Problemas	Desperdícios	Ferramentas	Ações de Melhoria	Resultados
Câmara úmida desorganizada e sem indicação de prazo para descarte dos CPs.	Excesso de CPs com prazo de ensaios extrapolados, perda de tempo na procura de CPs devido à falta de indicação do local armazenado.	<b>Gestão à Vista</b>	Identificação de cada prateleira e tanque, além da criação de quadro informando a localização e prazo de cada conjunto de CPs.	Maior organização dos CPs, redução no tempo de procura, facilidade em obter dados de datas de ensaios e de descarte dos CPs a fim de liberar espaço na câmara úmida.
Grande distância a percorrer para pesar britas após o peneiramento.	Excesso de esforço físico, deslocamento e tempo na realização das tarefas.	<b>Gráfico Espaguete</b>	Colocação de uma balança robusta na sala dos peneiradores.	Redução de mais de 88% no deslocamento e de mais de 32% no tempo para realizar as tarefas de granulometria de brita e preparação de amostras para Abrasão "Los Angeles".
Grande distância a percorrer para pesar areia e brita para confecção de concreto.	Excesso de esforço físico, deslocamento e tempo na realização das tarefas.	<b>Gráfico Espaguete</b>	Construção de baias para depositar areia e brita para ensaios.	Redução de 75% no deslocamento para pesagem de areia e brita para confecção de concreto.

Fonte: Elaboração própria

Foram diretamente aplicadas quatro ferramentas enxutas (BPM, 5S, Gestão à Vista e Gráfico Espaguete) em oito problemas encontrados nas rotinas laboratoriais. Porém, após as ações de melhorias aplicadas, obteve-se também um sistema *Kanban* incluído como mais uma ferramenta enxuta a ser observada nesta pesquisa.

Os problemas encontrados geravam desperdícios como falta de organização dos ambientes, conflitos de agenda, excesso de tempo, esforço e deslocamento para realização de atividades e risco de danos físicos e materiais. Portanto, para solucionar os problemas e eliminar estes desperdícios buscou-se uma ferramenta enxuta que melhor atendesse cada demanda. Com base na ferramenta, ações de melhorias foram propostas e aplicadas e os resultados obtidos foram significativos, pois de fato reduziram-se consideravelmente os desperdícios encontrados.

Esta pesquisa relata somente as principais alterações e melhorias realizadas neste laboratório. Além de todo o apoio cedido por todos os técnicos na execução destas ações de melhorias, diversas outras mudanças também foram realizadas, sendo

que várias delas foram propostas pelos outros membros da equipe técnica deste laboratório e não pelo autor desta pesquisa. Esta preocupação com a melhoria contínua do ambiente de trabalho demonstra uma mudança de mentalidade de toda equipe técnica.

#### 4.9 VALIDAÇÃO DAS ALTERAÇÕES PELA APLICAÇÃO DO PENSAMENTO ENXUTO

As alterações realizadas foram validadas pelos técnicos do laboratório através de um grupo de foco, no qual foi aberta discussão sobre cada alteração realizada e, ao final, cada participante também deu sua opinião geral sobre o “novo laboratório”, sendo que houve unanimidade em dizer que a aplicação das melhorias realizadas por esta pesquisa foi aprovada, e que atualmente o laboratório está funcionando de forma otimizada, organizada e eficiente, com trabalhos sendo executados com mais segurança e com redução de tempo e esforço. Tudo isso combinado converge para a entrega de serviços com maior qualidade.

Em relação à implementação do sistema *on-line* de agendamento de atividades, foi ressaltado que o processo automático de incluir as atividades no aplicativo Google Agenda® facilitou acesso ao agendamento através do *smartphone*. Ainda concordaram que houve dois grandes avanços: um no fato de agora haver o agendamento, para que todos saibam previamente as atividades de ensaios que serão realizadas ao longo da semana; e outro no fato de reduzirem-se os momentos de grandes cargas de serviços e momentos de ociosidade entre os técnicos, minimizando drasticamente as flutuações de 3M descritas por Katayama (2017, p. 1095).

Sobre a expansão de uma para três salas de ensaios, a resposta do grupo focal foi de que a ampliação do número de salas ampliou também o número de pesquisadores atendidos simultaneamente, o que otimiza o atendimento de diversas demandas, reduzindo o número de cancelamentos de atividades devido ao conflito de agenda e de espaço.

Além desta melhoria indicada pelos participantes do grupo de foco, foi dito que mudança para salas maiores e mais amplas é tão vantajosa para a realização dos



próprios ensaios rotineiros da equipe, quanto para a realização de aulas experimentais, pois os alunos conseguem ver a realização dos experimentos e utilizar mais espaço para desenvolver seus testes.

Quanto à aplicação do 5S na organização do armário de peneiras, a resposta foi positiva e se deu, pois, com as peneiras organizadas cada uma em seu espaço, com a diminuição do tempo de procura e com a praticidade de controle da necessidade de compra para manter uma quantidade mínima ideal para o laboratório.

Também foi aprovada pelos técnicos toda a alteração realizada na área da oficina. Os pontos de otimização destacados foram: a liberação de espaço, devido ao descarte de materiais que não eram utilizados e de sucatas, sendo transformado em área útil de uso geral para o laboratório; a organização das ferramentas através da Gestão à Vista; e, por último, foi salientado de forma muito importante o aumento do quesito segurança.

O 5S também foi utilizado nas alterações realizadas na câmara seca. Os técnicos enfatizaram melhorias quanto à organização e limpeza da sala, assim como o maior controle do material de cada pesquisador, já que cada um possui uma área determinada. Além disso, como a sala atual é maior, é possível realizar as tarefas de forma mais segura e precisa.

No grupo de foco, também foi abordada a Gestão à Vista, aplicada na câmara úmida. O resultado se mostrou importante e significativo, visto que agiliza a identificação dos CPs, assim como o espaço que ele ocupa até cumprir o tempo de cura necessário para ser ensaiado. As informações de prazo e data de ensaios que são colocadas no quadro também servirão de alerta para lembrar de datas de ensaios futuros. Com todas as informações expostas no lado externo da sala, evita-se que a câmara úmida seja aberta para conferências, já que é um ambiente onde a umidade relativa do ar e a temperatura deve ser controlada.

Os últimos itens debatidos foram as alterações de otimização realizadas pelo Gráfico Espaguete (peneiramento e pesagem de insumos e pesagem de areia e brita para confecção de concreto), que também foram validadas devido à redução de distância percorrida para executar tarefas onde, normalmente, existem cargas a serem transportadas (brita, areia ou demais insumos); isso reduz o esforço físico, tempo e risco de acidentes.

Sendo assim, todas as alterações realizadas levaram à otimização de atividades laboratoriais pela aplicação de ferramentas de pensamento enxuto e foram validadas pela equipe técnica do LEMAC.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo geral apresentar uma proposta de otimização de atividades laboratoriais através da aplicação de ferramentas de pensamento enxuto em laboratório de materiais. Esse objetivo foi cumprido, pois conseguiu-se implantar um sistema de agendamento e registros de atividades de ensaios, alterar o *layout* de alguns setores beneficiando os trabalhos, disponibilizar mais salas para realização de ensaios, aumentando o número de atendimentos simultâneos, além de reduzir desperdícios em tarefas comuns a diversos ensaios, beneficiando vários usuários.

Os objetivos específicos foram cinco. O primeiro, que foi identificar as atividades mais significativas e realizadas do laboratório de materiais, foi alcançado, pois tanto o artigo 207 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), quanto a comissão de regulamentação para acesso e uso dos laboratórios experimentais da engenharia civil da UFES (DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, 2020, p. 2), estabeleceram a ordem de prioridades de atendimento de solicitações, sendo primeiro as atividades letivas, depois as de pesquisa e por último as de extensão. Sobre os dados quantitativos de atividades de pesquisa, o que mais é solicitado são ensaios referentes à produção e rompimento de argamassas.

O segundo objetivo específico foi de avaliar em quais atividades são indicadas melhorias. Para isso, foi feita a observação da execução das atividades mais solicitadas e significativas; posteriormente, ressaltaram-se alguns pontos de desperdícios.

O terceiro e o quarto objetivo específico foram cumpridos em conjunto. São eles: compatibilizar as atividades que necessitam melhorias e propor e aplicar as melhorias nas atividades indicadas. Utilizando técnicas do pensamento enxuto como *Genchi Genbutsu*, BPM, 5S, Gestão à Vista e Gráfico Espaguete, os desperdícios ressaltados foram tratados e eliminados, buscando a otimização de cada atividade.

O último objetivo específico trata da validação das propostas de melhorias, que foi realizada pela equipe técnica. As melhorias mostraram-se pertinentes, necessárias e, portanto, foram aprovadas, já que otimizam diversas atividades realizadas, reduzindo o tempo e esforço, ampliando a quantidade de ensaios que podem ser realizados simultaneamente – tendo havido, ainda, organização na programação

das atividades realizadas no LEMAC. Essas respostas obtidas são importantes para o setor e para a instituição, pois mostram que a busca pela melhoria contínua sofreu um grande avanço neste período da pesquisa, como ainda não havia acontecido.

Esta pesquisa gerou como Produto Técnico/Tecnológico um relatório de intervenção para otimização de atividades, seja ela de tempo, esforço, deslocamento, uso de materiais, entre outros, em laboratórios experimentais, aplicando técnicas do pensamento enxuto. Este material serve de exemplo para inúmeros ambientes, não somente laboratórios experimentais, pois foi observado, através dos resultados obtidos, que desperdícios foram eliminados com a aplicação de ferramentas do pensamento enxuto, gerando uma nova forma de proceder e um novo *layout* no laboratório.

Esta pesquisa se encontra inserida dentro da Linha de Pesquisa 2 (Tecnologia, Inovação e Operações no Setor Público), com Projeto Estruturante 4 (Transformação e Inovação Organizacional) do Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública (PPGGP) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

A aplicação de ferramentas do pensamento enxuto em ambiente de serviços se mostrou possível e realizável, contribuindo com a literatura científica, que tem predominantemente publicações em setores de manufatura. Desta forma, outras instituições podem utilizar esta dissertação como exemplo para replicar técnicas de pensamento enxuto, já que o acesso a este conteúdo será irrestrito.

Para o LEMAC, laboratório que serviu como objeto desta pesquisa, os impactos gerados por esta dissertação já são observados nas rotinas laboratoriais, pois, além de se eliminarem vários desperdícios observados, o trabalho é realizado de forma mais segura, programada, com a entrega de produtos com mais qualidade. Já é perceptível no ambiente de trabalho a preocupação com a melhoria contínua entre os técnicos, devido a todo o apoio que foi dado para execução desta pesquisa e também pelo número de melhorias propostas por eles, de forma que é possível perceber a mudança de mentalidade.

É sugerido que, no futuro, novas pesquisas em ambientes laboratoriais sejam elaboradas utilizando ferramentas do pensamento enxuto não utilizadas por este autor, como o *Cost Deployment* ou Desdobramento de Custos, para que seja

possível dimensionar custos das perdas, ou até mesmo a utilização de outras metodologias de otimização que não sejam baseadas no pensamento enxuto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51**: Agregado graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 11579**: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, p. 12. 2019.

BALDAM, R. *et al.* **Gerenciamento de processos de negócios**: BPM–Business Process Management. São Paulo: Érica, 2007.

BENKARIM, A.; IMBEAU, D. Organizational Commitment and Lean Sustainability: Literature Review and Directions for Future Research. **Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 3357, 2021.

BHAMU, J.; SANGWAN, K. S. Lean manufacturing: literature review and research issues. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n. 7, p. 876-940, 2014.

BHARAMBE, V. *et al.* Implementation of 5s in Industry: A Review. **Multidisciplinary International Research Journal of Gujarat Technological University**, v. 2, n. 1, p. 12-27, 2020.

BHASKARAN, E. Lean manufacturing auto cluster at Chennai. **Journal of The Institution of Engineers (India): Series C**, v. 93, n. 4, p. 383-390, 2012.

BPMN. **Business Process Modeling Notation Specification**. Needram: Business Process Management Initiative, 2006. 308 p.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

CHOGUILL, C. L. The research design matrix: a tool for development planning research studies. **Habitat International**, v. 29, p. 615-626, 2005.

ČIARNIENĖ, R.; VIENAŽINDIENĖ, M. How to facilitate implementation of lean concept?. **Mediterranean journal of social sciences**, v. 5, n. 13, p. 177-183, 2014.

CRESWELL, J. W. **Research design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 3. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2009.

CRESWELL, J. W.; PLANO CLARK, V. L. **Designing and conducting mixed methods research**. 2nd Ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2011.

CROXATTO, A. *et al.* Laboratory automation in clinical bacteriology: what system to choose?. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 22, n. 3, p. 217-235, 2016.

CZIFRA, G. Implementation process of 5S for a company in real life-problems, solutions, successes. **Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology**, v. 25, n. 41, p. 79-86, 2017.

DA CUNHA, R. F., *et al.* Smed to increase productivity: A case study in an automobile industry. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 42088-42108, 2020.

DANESE, P.; MANFÈ, V.; ROMANO, P. A systematic literature review on recent lean research: state-of-the-art and future directions. **International Journal of Management Reviews**, v. 20, n. 2, p. 579-605, 2018.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL. **Agendamento - Uso dos Laboratórios Experimentais - Engenharia Civil/UFES**. Vitória, ES: UFES, 2019. Disponível em: [https://docs.google.com/forms/d/1fNpMoiLsjP14oN3iL9xrveoh0\\_QpFvLRV-WYhznzIO5I/viewform?edit\\_requested=true](https://docs.google.com/forms/d/1fNpMoiLsjP14oN3iL9xrveoh0_QpFvLRV-WYhznzIO5I/viewform?edit_requested=true). Acesso em: 25 abr. 2021

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL. Comissão de Regulamento de Uso dos Laboratórios. Regulamenta o acesso e uso dos laboratórios experimentais da engenharia civil. **Departamento De Engenharia Civil**: Vitória, ES: Universidade Federal do Espírito Santo, 2020.

GANDHI, N. S.; THANKI, S. J.; THAKKAR, J. J. Ranking of drivers for integrated lean-green manufacturing for Indian manufacturing SMEs. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 675-689, 2018.

GARCÍA, J. L. *et al.* Human critical success factors for kaizen and its impacts in industrial performance. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 70, n. 9-12, p. 2187-2198, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2008.

GODIN, B.; SCHAUZ, D. The changing identity of research: a cultural and conceptual history. **History of Science**, v. 54, n. 3, p. 276-306, 2016.

GODINHO FILHO, M.; GANGA, G. M. D.; GUNASEKARAN, A.. Lean manufacturing in brazilian small and medium enterprises: implementation and effect

on performance. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 24, p. 7523-7545, 2016.

GRIFFITHS, M. Action Research for/as/mindful of Social Justice. *In*: SOMEKH, B.; NOFFKE, S. E. (org.). **The SAGE Handbook of Educational Action Research**. Londres: SAGE Publications Ltd., p. 85-99, 2009

GROCHAU, I. H.; TEN CATEN, C. S.; DE CAMARGO FORTE, M. M. Motivations, benefits and challenges on ISO/IEC 17025 accreditation of higher education institution laboratories. **Accreditation and Quality Assurance**, v. 23, n. 3, p. 183-188, 2018.

GUPTA, S.; SHARMA, M.; SUNDER M, V. Lean services: a systematic review. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 8, p. 1025-1056, 2016.

HAUSER, R. G.; SHIRTS, B. H. Do we now know what inappropriate laboratory utilization is? An expanded systematic review of laboratory clinical audits. **American journal of clinical pathology**, v. 141, n. 6, p. 774-783, 2014.

HENAO, R.; SARACHE, W.; GÓMEZ, I. Lean manufacturing and sustainable performance: trends and future challenges. **Journal of cleaner production**, v. 208, p. 99-116, 2019.

HERADIO, R. *et al.* Virtual and remote labs in education: a bibliometric analysis. **Computers & Education**, v. 98, p. 14-38, 2016.

HOFER, C.; EROGLU, C.; ROSSITER HOFER, A. The effect of lean production on financial performance: the mediating role of inventory leanness. **International Journal of Production Economics**, v. 138, n. 2, p. 242-253, 2012.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science education**, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2004.

HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. The laboratory in science education: the state of the art. **Chemistry education research and practice**, v. 8, n. 2, p. 105-107, 2007.

HUCK, A.; LEWANDROWSKI, K. Utilization management in the clinical laboratory: an introduction and overview of the literature. **Clinica Chimica Acta**, v. 427, p. 111-117, 2014.

JENSEN, M.; MECKLING, W. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure. **Journal of Financial Economics**, v. 3, n. 4, p. 305-360, 1976.

JIMÉNEZ, M. *et al.* 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. **Safety science**, v. 78, p. 163-172, 2015.

KARLSSON, C.; ÅHLSTRÖM, P. Assessing changes towards lean production. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 2, p. 24-41, 1996.



- KATAYAMA, H. Legend and future horizon of lean concept and technology. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1093-1101, 2017.
- KEMMIS, S. Action research as a practice-based practice. **Educational Action Research**, v. 17, n. 3, p. 463-474, 2009.
- KITZINGER, J. The methodology of focus groups: the importance of interaction between research participants. **Sociology of Health and Illness**, v. 16, n. 1, p. 103-121, 1994.
- KITZINGER, J. Qualitative Research: Introducing focus groups. **British Medical Journal**, v. 311, n. 7000, p. 299-302, 1995.
- KURILOVA-PALISAITIENE, J.; SUNDIN, E.; POKSINSKA, B. Remanufacturing challenges and possible lean improvements. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3225-3236, 2018.
- LEMAC. **Histórico**. Vitória: Disponível em: <<http://www.http://lemac.ufes.br/histórico>>. Acesso em: 20 out. 2018.
- LIM, Y. Y.; *et al.* Monitoring of concrete curing using the electromechanical impedance technique: review and path forward. **Structural Health Monitoring**, v. 20, n. 2, p. 604-636, 2021.
- MCTAGGART, R. Participatory action research: issues in theory and practice. **Educational Action Research**, v. 2, n. 3, p. 313-337, 1994.
- MEHRA, S.; INMAN, R. A. Determining the critical elements of just-in-time implementation. **Decision Sciences**, v. 23, n. 1, p. 160-174, 1992.
- MITCHELL, P. S.; MANDREKAR, J. N.; YAO, J. D. C. Adoption of lean principles in a high-volume molecular diagnostic microbiology laboratory. **Journal of clinical microbiology**, v. 52, n. 7, p. 2689-2693, 2014.
- MOURTZIS, D.; PAPATHANASIOU, P.; FOTIA, S. Lean rules identification and classification for manufacturing industry. **Procedia CIRP**, v. 50, p. 198-203, 2016.
- NORDIN, N.; BELAL, H. M. Change agent system in lean manufacturing implementation for business sustainability. **International Journal Supply Chain Management**, v. 6, n. 3, p. 271-278, 2017.
- OEY, E.; NOFRIMURTI, M. Lean implementation in traditional distributor warehouse-a case study in an FMCG company in Indonesia. **International Journal of Process Management and Benchmarking**, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2018.
- PETTERSEN, J. Defining lean production: some conceptual and practical issues. **The TQM journal**, v. 21, n. 2, p. 127-142, 2009.
- PHILLIPS, J.; SIMMONDS, L. Use of process mapping in service improvement. **Nursing Times**. v. 109, n. 17-18, p. 24-26, 2013.

PRAMONO, H. S.; *et al.* The effect of 5s culture and workshop alignment on the application of industrial work culture in vocational education. **International Journal of Advanced Science and Technology**. v. 29, n. 5, p. 13290-13299, 2020.

RAMAKRISHNAN, V.; NALLUSAMY, S. Implementation of total productive maintenance lean tool to reduce lead time-A case study. **International Journal Mechanical. Engeneering Technolgy (IJMET)** v. 8, n. 12, p. 295-306, 2017.

RAO, G. V. P.; NALLUSAMY, S.; NARAYANAN, M. R. Augmentation of production level using different lean approaches in medium scale manufacturing industries. **International Journal of Mechanical Engineering and Technology**, v. 8, p. 360-372, 2017.

RESTA, B. *et al.* How lean manufacturing affects the creation of sustainable value: an integrated model. **International Journal of Automation Technology**, v. 11, n. 4, p. 542-551, 2017.

RUTLEDGE, J.; XU, M.; SIMPSON, J. Application of the Toyota Production System improves core laboratory operations. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 133, n. 1, p. 24-31, 2010.

SARI, A. D.; RAHMILLAH, F. I.; AJI, B. P. Implementation of 5S method for ergonomic laboratory. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2017.

SAWALAKHE, P. V.; DESHMUKH, S. V.; LAKHE, R. R. Review of Six Sigma applications in clinical testing laboratory. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 10, n. 2, p. 77-97, 2016.

SHAIKH, J. M.; BROHI, K. M.; QURESHI, S. Identifying the wasted spaces within hospital buildings Pakistan. **Mehran University Research Journal of Engineering and Technology**, v. 38, n. 3, p. 799-818, 2019.

SHARTS-HOPKO, N. C. Focus Group Methodology: when and why? **Journal of the Association of Nurses in Aids Care**, v. 12, n. 4, p. 89-91, 2001.

SINGH, A.; AHUJA, I. S. Review of 5S methodology and its contributions towards manufacturing performance. **International Journal of Process Management and Benchmarking**, v. 5, n. 4, p. 408-424, 2015.

SLUSS, P. M. Reference laboratory utilization management. **Clinica Chimica Acta**, v. 427, p. 167-172, 2014.

SOHAL, A. S.; EGGLESTONE, A. Lean production: experience among australian organizations. **International journal of operations & production management**, v. 14, n. 11, p. 35-51, 1994.

THIOLLENT, M. J. M. **Metodologia da pesquisa-ação na instituição educativa**. São Paulo: Cortez Editora, 1985.

TOMMELEIN, I. D. Journey toward lean construction: pursuing a paradigm shift in the AEC industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n. 6, p. 04015005, 2015. Disponível em:

<https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000926>.  
Acesso em: 13 jul. 2019.

WHITE, B. A. *et al.* Applying Lean methodologies reduces ED laboratory turnaround times. **The American journal of emergency medicine**, v. 33, n. 11, p. 1572-1576, 2015.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking**. New York: Free Press, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **The Machine That Changed the World**. New York: Raeson Associates, 1990.

YADAV, G. *et al.* Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. **Journal of Cleaner Production**, v. 245. 2020.

ZHI, M. *et al.* The landscape of inappropriate laboratory testing: a 15-year meta-analysis. **PloS one**, v. 8, n. 11, 2013. Disponível em:  
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0078962>. Acesso em: 30 dez. 2019.

## APÊNDICE A – Atestado de entrega do PTT



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA



Vitória, 21 de outubro de 2021

À Coordenadora do Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção Geilma Lima  
Vieira  
Universidade Federal do Espírito Santo

Assunto: Entrega de produto técnico


Sra. Coordenadora,

Eu, Henrique Horácio Rodrigues, tendo sido aprovado no processo seletivo para cursar o Mestrado Profissional em Gestão Pública, oferecido pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), após a obtenção do título de Mestre, encaminho o produto técnico/tecnológico, em sua versão final para depósito no repositório institucional, denominado - Relatório de intervenção para otimização de atividades em laboratório experimental - resultante da minha pesquisa de conclusão de curso, desenvolvido sob a orientação da prof. Dr. Roquemar de Lima Baldam

Atenciosamente,

---

Henrique Horácio Rodrigues  
Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em  
Gestão Pública - PPGGP - UFES  
Universidade Federal do Espírito Santo



---

Roquemar de Lima Baldam  
Orientador - Programa de Pós-Graduação em  
Gestão Pública - PPGGP - UFES  
Universidade Federal do Espírito Santo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO

**PROTOCOLO DE ASSINATURA**



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo

Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por HENRIQUE HORACIO RODRIGUES - SIAPE 1903174

Departamento de Engenharia Civil -  
DEC/CT Em 21/10/2021 às 10:53

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:  
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/293521?tipoArquivo=O>

## APÊNDICE B – Atestado de execução de ações de otimização



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENSAIOS EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO



### ATESTADO DE EXECUÇÃO DE AÇÕES DE OTIMIZAÇÃO

Atestamos para fins de comprovação que foi implementado no Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção, diversas ações de otimização de atividades laboratoriais através da aplicação de ferramentas de pensamento enxuto, que teve como origem na dissertação desenvolvida pelo servidor Henrique Horácio Rodrigues, no Mestrado Profissional em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), orientado pelo prof. Dr. Roquemar de Lima Baldam.

Vitória, 13 de maio de 2021

---

Geilma Lima Vieira

Coordenadora do Laboratório de Ensaios em Material de Construção  
Universidade Federal do Espírito Santo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**PROTOCOLO DE ASSINATURA**



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por  
GEILMA LIMA VIEIRA - SIAPE 1420701  
Departamento de Engenharia Civil - DEC/CT  
Em 13/05/2021 às 15:47

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:  
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/189365?tipoArquivo=O>

## APÊNDICE C – Atestado de recebimento do PTT



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**LABORATÓRIO DE ENSAIOS EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**



### ATESTADO DE RECEBIMENTO DO PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO

Atestamos para fins de comprovação que recebemos o produto/serviço, dentro de padrões de qualidade, prazo e viabilidade, contidos no relatório intitulado Relatório de intervenção para otimização de atividades em laboratório experimental, que teve como origem os resultados da dissertação desenvolvida pelo servidor Henrique Horácio Rodrigues, no Mestrado Profissional em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), orientado pelo(a) prof. Dr. Roquemar de Lima Baldam, no período de agosto/2019 a maio/2021. O resultado consiste em um relatório das ações de otimização realizadas no laboratório. Os recursos necessários ao desenvolvimento da pesquisa foram parcialmente investidos por esta instituição, dado que foi desenvolvida por um servidor do nosso quadro de pessoal. Além do autor principal, participaram também da pesquisa, como suporte técnico e discussão da temática, os seguintes profissionais:

Breno Dias Breda – CPF: 142.411.907-31 – Técnico de Laboratório  
Luana Seidel Albuquerque – CPF: 123.636.367-16 – Técnica de Laboratório  
Márcio Antônio Loss - CPF: 024.662.687-95 – Assistente de Laboratório

Vitória-ES, 21 de outubro de 2021

---

Geilma Lima Vieira  
Coordenadora do Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção





UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO  
SANTO

**PROTOCOLO DE ASSINATURA**



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por

GEILMA LIMA VIEIRA - SIAPE 1420701

Departamento de Engenharia Civil - DEC/CT

Em 21/10/2021 às 15:00

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o

link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/293736?tipoArquivo=O>

## ANEXO A – Autorização para pesquisa e coleta de dados



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE ENSAIOS EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO



### TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA E COLETA DE DADOS

Eu, Geilma Lima Vieira, servidor da Universidade Federal do Espírito Santo, na função de Coordenadora do Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção, matrícula 1420701, autorizo o mestrando Henrique Horácio Rodrigues a coletar dados para o desenvolvimento da pesquisa intitulada Otimização de atividades laboratoriais pela aplicação de ferramentas de pensamento enxuto (*lean thinking*), sob a orientação do professor Dr. Roquemar de Lima Baldam, no Laboratório de Ensaios em Materiais de Construção no período de 01/01/2018 a 15/05/2021, com a utilização dos seguintes procedimentos:

- Acesso a documentos referentes a solicitação de agendamento de atividades no LEMAC.
- Observação das atividades realizadas no laboratório.
- Alterações no *layout* e em procedimentos comuns ao laboratório, a fim de otimizar atividades.
- Realização de reunião de grupo de foco envolvendo os técnicos do LEMAC para validação das melhorias propostas e implementadas.

Vitória, 28 de abril de 2021.

---

Geilma Lima Vieira  
Coordenadora do Laboratório de Ensaios  
em Materiais de Construção



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**PROTOCOLO DE ASSINATURA**



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por  
GEILMA LIMA VIEIRA - SIAPE 1420701  
Departamento de Engenharia Civil - DEC/CT  
Em 17/05/2021 às 12:25

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:  
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/191162?tipoArquivo=O>