

UTILIZAÇÃO DE LIMS E FERRAMENTAS LEAN PARA OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE ENTREGA DE RESULTADOS E GERENCIAMENTO DO LABORATÓRIO DE LUBRIFICANTES DA ESTRADA DE FERRO VITÓRIA A MINAS *

*Elisabete Alves Veira¹
João Paulo Dias Ferreira²
Virlei Almeida da Silva Daniel³
Simonny Guachalla⁴
Vitor Ohnesorge⁵*

Resumo

A utilização de sistemas LIMS (Laboratory Management Information System) hoje em dia é relativamente usual e bastante difundida na área de laboratórios. Na área de minério de ferro da Vale S.A. já existe implantada e com ótimos resultados há alguns anos, consolidando as informações relativas às análises químicas, ensaios físicos, metalúrgicos e de monitoramento ambiental nas minas e no processo de pelotização. Desta forma propicia um fluxo seguro e rápido de informações conectando estas áreas às áreas de produção, programação, controle de processo e qualidade. O presente trabalho tem por objetivo demonstrar que a utilização diferenciada deste tipo de sistema, LIMS, nas operações do laboratório de lubrificantes em Vitória, aliada à utilização de ferramentas Lean baseadas no modelo Toyota de produção, com uma abordagem integrada à estratégia de manutenção, organizaram a rotina, reduziram os desperdícios de tempo de movimentação dos técnicos, otimizaram o tempo de entrega dos resultados e geraram dados mais confiáveis de modo a obter ganhos de vida útil do óleo lubrificante e dos componentes do motor diesel de locomotivas.

Palavras-chave: Sistema LIMS, Produção Enxuta; Laboratório; Locomotivas.

USE OF LIMS AND LEAN MANUFACTORY PRODUCTION TOOLS FOR OPTIMIZATION OF RESULT DELIVERY AND MANAGEMENT OF THE VITÓRIA TO MINAS RAILROAD LUBRICANTS LABORATORY

Abstract

The use of LIMS (Laboratory Management Information System) systems today is relatively common and widespread in the laboratory area. Considering the iron ore area of Vale S.A has already been implanted and with excellent results for some years, consolidating the information regarding the chemical analyzes, physical tests, metallurgical and environmental monitoring in the mines and in the pelletizing process. In this way it provides a safe and fast flow of information connecting these areas to the areas of production, programming, process control and quality. The present work aims to demonstrate that the differentiated use of this type of system, LIMS, in the operations of the lubricant laboratory in Vitória, allied with the use of Lean tools based on the Toyota model of production, with an integrated approach to the maintenance strategy, organization of routine, reduction of the technicians movement time, optimization the delivery time of the results and generated more reliable data in order to obtain useful life of the lubricant oil and the locomotive diesel engine components.

Keywords: LIMS (Laboratory Management Information System); Lean manufacturing; laboratory; Locomotive.

- ¹ *Química, Analista químico, Gerência de manutenção de locomotivas e combustíveis, Vale S.A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- ² *Engenheiro de automação e controle, Engenheiro pleno, Gerência de manutenção de locomotivas e combustíveis, Vale S.A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- ³ *Sistema de informação, Técnico especializado de laboratório, Gerência de programação e garantia da qualidade da pelotização, Vale S.A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- ⁴ *Engenheira química, Supervisora dos laboratórios químico, metalúrgico e de monitoramento ambiental, Gerência de programação e garantia da qualidade da pelotização, Vale S.A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- ⁵ *Tecnologia da informação, Analista de tecnologia da informação, Gerência de inovação ferroviária e porto, Vale S.A, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A Vale é uma mineradora global comprometida com práticas sustentáveis em toda a cadeia do seu negócio. Uma das três maiores mineradoras do mundo em valor de mercado. É líder mundial na produção de minério de ferro, pelotas e níquel. Produz ainda cobre, manganês, ferro ligas, carvão e fertilizantes. Tem escritórios e operações em mais de 30 países, em todo o mundo.

A Vale é a maior empresa do estado do Espírito Santo localizada na ponta de Tubarão em Vitória. O complexo de tubarão é formado pelo porto, usinas de pelotização, oficinas e uma extensa malha ferroviária e rodoviária.

Porto e terminal de Tubarão: Localizado próximo ao Porto de Vitória, no estado do Espírito Santo possuindo quatro terminais marítimos - Minério de ferro; Praia Mole, Produtos diversos e Granéis líquidos. Usado para movimentar minério de ferro e pelotas, carvão, grãos, fertilizantes e líquidos a granel.

Pelotização: Em 1969 a Vale inaugurou a sua primeira usina de pelotização, na unidade de Tubarão. Logo a pelota ganhou destaque como uns dos principais produtos da Vale, por seu valor agregado e pelo seu maior aproveitamento do material que antes era descartado. Em tubarão a Vale possui 8 usinas.

Estrada de Ferro Vitória a Minas: Possui 905 km de extensão, sendo 2/3 delas de linha dupla. Principais pontos conectados - Operações de minério de ferro do interior de Minas Gerais ao Porto de Tubarão, no Espírito Santo. Cargas transportadas - Minério de ferro da Vale e carga geral para terceiros (carvão e produtos agrícolas). Opera serviço de trem de passageiros utilizado anualmente por 1 milhão de pessoas.

Oficina de Manutenção de Locomotivas: A oficina de manutenção de locomotivas é localizada no complexo de tubarão sendo responsável pela manutenção de todas as locomotivas da estrada de ferro Vitória a Minas levando esta ferrovia a ser umas das mais seguras e produtivas do mundo sendo referência mundial pelas suas práticas e procedimentos. [1]

1.1 Objetivos da manutenção

A manutenção do passado era uma atividade normalmente executada com o equipamento parado após alguma falha, na condição de passivo gerador de gastos. Para a manutenção se transformar em uma atividade geradora de ativos é necessário que o foco seja atuar de forma a aumentar a capacidade de produzir e nunca na redução desta. Os atuais objetivos da manutenção devem ser a redução dos custos, evitar paradas com perda de produção, reduzir os tempos de intervenção através de uma boa preparação, reduzir a ocorrência de falhas e defeitos, aumentar a segurança, melhorar a qualidade de produção e aumentar o tempo de vida útil das máquinas e equipamentos.

Atualmente observa-se que empresas bem-sucedidas têm adotado uma visão de gerenciamento de oportunidades na manutenção suportadas por rotinas sistematizadas de manutenção, sistemas de manutenção com processamento eletrônico de dados, ferramentas e dispositivos de medição no estado-da-arte e

consultorias competentes no reconhecimento de potenciais melhorias. Nas rotinas sistematizadas procura-se estabelecer as reais necessidades de intervenção e programar sua execução, padronizar os registros de informações para a composição de relatórios e apoio à análise de falhas, a avaliação de disponibilidade dos equipamentos e os custos da manutenção. [2]

1.2 Tipos de manutenção

A literatura brasileira especializada evidencia que há diferentes classificações de tipos de manutenção apesar da existência da norma ABNT 5462 “Confiabilidade e manutenibilidade”. Por ter sido criada em 1994 esta norma não é suficientemente abrangente para suprir as necessidades dos tempos atuais. Face ao exposto anteriormente, as indústrias geralmente optaram por seguir os termos de manutenção praticados pela associação brasileira de manutenção (ABRAMAN). Segundo a associação brasileira de manutenção (ABRAMAN) os tipos de manutenção são classificados de três formas: 1) Manutenção preventiva sistemática ou por tempo, 2) Manutenção preventiva por estado (inclui a manutenção preditiva) e 3) Manutenção corretiva.

1) Manutenção preventiva sistemática: este tipo de manutenção é baseada em critérios sistemáticos como: dias de calendário, quilômetros rodados, horas de funcionamento, por unidades fabricadas, etc, onde intervenções de manutenção são realizadas em intervalos pré-definidos. É amplamente aplicada em componentes que se degradam com o tempo e com possuem vida útil esperada fácil de determinar.

2) Manutenção preventiva por estado (manutenção preditiva): este tipo de manutenção é também conhecida como “manutenção baseada em condição”, onde busca-se garantir a operação adequada dos equipamentos e processos com base na aplicação de técnicas e na análise de dados de funcionamento. Para que exista a manutenção preditiva é necessário que seja instalada uma rotina sistemática de inspeção dos equipamentos, sendo que esta inspeção pode ser sensitiva; quando se utiliza dos sentidos humanos para identificar o estado real de funcionamento de um item ou preditiva; quando se utiliza de ferramentas e instrumento para a medição de um certo parâmetro do item. Desta forma é necessário que o item apresente um deterioramento progressivo e detectável pela variação de algum parâmetro, tais como vibração, temperatura, pressão, corrente elétrica, etc.

3) Manutenção corretiva: esta manutenção é realizada apenas após a ocorrência de uma falha, visando recolocar o equipamento em seu funcionamento. Ela pode ocorrer de duas formas: planejada ou não planejada. A manutenção corretiva planejada é realizada quando é possível postergar o reparo após a ocorrência de uma falha, ou seja, a falha ainda não gerou a parada total do equipamento. A manutenção corretiva não planejada é realizada após a ocorrência de uma falha que por sua vez causou a parada do equipamento. [3]

1.3 Sistema LIMS

Em um laboratório de análises físico-químicas a quantidade de informações que circulam é consideravelmente grande e a informatização oferece inúmeros benefícios, como o aumento da produtividade, diminuição de falhas e maior confiabilidade dos

resultados. Desta forma um sistema de gerenciamento de informações de laboratório, conhecido como LIMS (Laboratory Information Management Systems) é uma ferramenta imprescindível para laboratórios eficientes.

Por meio de um sistema informatizado de gerenciamento de informações é possível gerenciar de forma eficaz amostras e dados para melhorar a eficiência do laboratório além de ser possível automatizar fluxos de trabalho, integrar instrumentos e gerenciar amostras e informações associadas. Laboratórios usando LIMS aumentam o profissionalismo e a capacidade de atender as demandas dos clientes. [4]

Um sistema LIMS pode ser definido como um conjunto de ferramentas de software que operam de forma integrada e que são suportados por uma infraestrutura formada por sistemas de gerenciamento de banco de dados, redes locais de computadores e microcomputadores. Esse conjunto de ferramentas tem por objetivo permitir a gestão eficiente dos processos e atividades de laboratórios analíticos, químicos, físicos e microbiológicos com o objetivo principal de permitir alcançar maior qualidade com menores custos, auxiliando as empresas no atendimento aos níveis de produtividade exigidos atualmente pelo mercado, além de aumentar a confiabilidade e segurança da informação, uma vez que reduzem as possibilidades de erros proporcionados por anotações manuais e redundância de informações.

Dentre as vantagens de se utilizar um LIMS temos a possibilidade de integração com sistemas especializados ou a instrumentos para registro automático de amostras e retorno de resultados; gerenciamento da rotina de amostragem bem como efetuar o planejamento de coletas; registro das amostras e atribuição das análises a serem realizadas; registro, cálculo e revisão dos resultados encontrados; interpretação de resultados e geração de pareceres; emissão de laudos de análises; implementação de controle de limites de especificação que indiquem ao operador a condição das amostras e por último podemos citar geração de indicadores e relatórios gerenciais. [5]

1.4 Lubrificantes como fonte de informação

Visando subsidiar a manutenção com informações a análise físico-química do óleo se torna uma ferramenta imprescindível para a eficiente gestão de ativos. Assim como o sangue carrega informações importantes quanto às condições de saúde de um ser humano, o óleo lubrificante também pode transmitir a real condição do equipamento, não somente quanto ao nível de desgaste e contaminação, como também na condição de operação.

Com o passar do tempo o lubrificante passa refletir as condições dos componentes mecânicos. Isto acontece por estar em contato direto com as peças internas, absorvendo partículas metálicas e contaminantes, que são invisíveis a olho nu. No caso específico de motores, muitos produtos gerados do processo de combustão também são capturados pelo óleo em circulação. E pela análise de óleo é possível identificar e medir estas partículas e impurezas gerando informações precisas para equipe de manutenção. [6]

1.5 Manutenção preditiva e a análise de óleo

Para óleos lubrificantes três tipos mais comuns de análises são realizadas: análise físico-química, análise de contaminações e espectrometria.

Análise físico-química: A análise físico-química indica a capacidade de isolamento, além do estado de envelhecimento do óleo presente no equipamento. Índices fora dos limites aceitáveis mostram a necessidade de um tratamento, da substituição ou da regeneração do óleo utilizado. Nesta análise, alguns dos ensaios são mais importantes como o teste de cor que é realizado por meio de uma comparação com o padrão de cores e serve como base para constatar algum grau de deterioração do óleo; o teste de densidade também é utilizado para verificar possíveis mudanças marcantes na composição; o teor de água calcula a concentração de água existente no óleo, o que pode colaborar para o envelhecimento acelerado do produto.

Análise de contaminação: Esta técnica visa detectar qualquer substância indevida presente no óleo, tais como: poeira, água, partículas geradas pelo desgaste, fibras de estopa e ar. Uma contaminação pode gerar perda de até 20% no desempenho do equipamento, além de diminuir sua vida útil. A análise é realizada por meio da contagem de partículas, sendo esta a forma mais eficiente para o controle de contaminação. Caso detectada a existência de partículas indesejadas, é preciso eliminar qualquer fonte de contaminação existente perto dos equipamentos e realizar a filtragem ou a microfiltragem.

Espectrometria: A análise espectrométrica do óleo é a técnica usada para identificar a composição elementar de partículas de até oito microns contidas nas amostras de óleo. Ela é mais comum para as análises de óleo de veículos, tanto leves quanto pesados, como carros, ônibus, caminhões, tratores e empilhadeiras. Por meio da técnica, é possível identificar a presença de elementos metálicos, como cobre, alumínio, ferro e cromo, que podem ser provenientes de ligas metálicas que constituem as máquinas. [7]

1.6 Ferramentas Lean

A empresa Toyota é amplamente conhecida por sua excelência na qualidade, pela redução de custos e grande líder em vendas de veículos. Ela se destaca no mundo não apenas gerar lucro mas também por contribuir com um novo paradigma de manufatura. A produção enxuta é considerada uma evolução da manufatura, não se limitando na produção de veículos mas sendo replicada nos mais diversos tipos de processo que vão desde processos de processamento químico, construção civil, produtos médicos até nas indústrias de serviço que trabalham o pensamento enxuto na eliminação de perdas, incluindo também bancos, empresas de seguros e hospitais.

Por meio de sua filosofia a Toyota verificou sete tipos de atividades que não agregam valor aos processos, sendo estas ponto de partida para foco no intuito de alcançar redução de custo nos processos, são elas:

1) **Superprodução:** Produzir em maior quantidade ou de forma antecipada à necessidade gera perdas tais como excesso de pessoal, transporte e movimentação excessiva devido ao estoque em excesso;

- 2) Espera (tempo à disposição: Esperar pela próxima etapa de produção, por materiais ou ferramenta, ou até mesmo não trabalhar por falta de estoque ou atrasos de processamento;
- 3) Transporte ou transferência: Movimentar trabalho em processo de um lugar para outro, movimentar materiais, peças ou produtos para estoca-lo ou retirá-lo;
- 4) Superprocessamento ou processamento incorreto: Realizar processamentos desnecessários ou realizar novo processamento devido problemas de má qualidade do produto ou ferramenta. Ofertar produto de maior qualidade do que a necessária também caracteriza superprocessamento;
- 5) Excesso de estoque: Lead-time mais longos causados por excesso de material ou produto estocados em excesso. Além disso estoques altos escondem desequilíbrio dos processos;
- 6) Deslocamento desnecessário: Qualquer movimentação que o empregado faz durante sua atividade que não agrega valor;
- 7) Defeitos: Realizar a correção de peças com defeito demandando a realização de atividades como descarte, produção para substituição e inspeção significando perdas

O modelo Toyota tem seu foco principal na redução das perdas do sistema, sendo que considera o desenvolvimento de padronização como base para melhoria contínua.

Segundo a Toyota o trabalho padronizado é base para as melhorias. Se não existe a padronização do trabalho, sendo este executado sempre de maneiras diferentes não há como realizar uma avaliação, isto é não há como comparar e por consequência a identificação das perdas fica dificultada.

É pré-requisito para a implantação do trabalho padronizado que a atividade seja possível de repetição, as linhas de produção/equipamentos devem ser confiáveis e problemas de qualidade devem ser mínimos.

Há três documentos principais a serem desenvolvidos para a implantação do trabalho padronizado: Gráfico de trabalho padronizado onde são identificados os principais elementos de trabalho, a sequência dos elementos e o diagrama dos deslocamentos do trabalho; Tabela de combinação de trabalho padronizado onde é mostrado o relacionamento em termos de tempo de duas ou mais atividades que apresentem operações manuais e/ou automáticas; Plano de capacidade de produção onde é indicado a capacidade dos equipamentos de produção. [8]

2 DESENVOLVIMENTO

O Laboratório químico da oficina de locomotivas está localizado em local estratégico, existe desde 1975 e ocupa uma área de aproximadamente 230 m². Possui como função prestar serviço à Oficina de Manutenção de Locomotivas e à outras áreas da Vale, por meio da realização de análises físico-químicas e espectrométricas utilizadas para o monitoramento de lubrificantes e/ou combustíveis, sendo este monitoramento utilizado como ferramenta de controle de qualidade e em manutenção preditiva. Os principais serviços realizados são:

- Análise de lotes novos de óleo de motor e compressor para liberação de uso;
- Monitoramento de óleo de motor e compressor para determinação do momento de troca (troca por condição);
- Monitoramento de água de arrefecimento para determinação de ajustes necessários com adição de antioxidantes nos tanques de mistura e nas locomotivas.
- Monitoramento de óleo diesel dos tanques de armazenagens e bicos de abastecimento para garantir utilização de produto isento de água e de impurezas;
- Monitoramento de óleo de motor e de compressor para análise de tendência e posterior atuação da manutenção;
- Monitoramento de areia para manter a qualidade desta dentro das especificações necessárias para o uso nas locomotivas;
- Monitoramento de óleos de motor, hidráulicos e de engrenagem para as áreas de pelotização, porto e manutenção de rebocadores.

Periodicamente são coletadas amostras que são submetidas a análises segundo métodos específicos (análise de viscosidade, TBN, insolúvel, água, diluição e espectrométrica). Os resultados das análises são enviados para a equipe de preditiva da manutenção que acompanha a tendência de forma individual por locomotiva, buscando identificar falhas/defeitos de forma antecipada à sua ocorrência. Uma vez identificado o risco solicita-se a programação de intervenção, via ordem de manutenção (OM) aberta no Sistema Informatizado da Manutenção (SAP). Os serviços são executados seguindo um padrão operacional (PRO) que descreve exatamente quais itens deverão ser checados e qual intervenção deverá ser feita caso seja constatado a falha. Após a execução são inseridas na ordem de manutenção todas as informações sobre problemas encontrados e intervenções realizadas que passam a compor o banco de dados da manutenção preditiva.

Avaliando os processos envolvidos, verificou-se a possibilidade de aumento de eficiência e melhoria de resultados. Foi priorizado o processo de monitoramento por análises químicas por ser um processo já estruturado e utilizado em rotina.

Foram observadas as seguintes situações:

- Tempo de entrega dos resultados não padronizado;
- Realização de análises em função da ordem chegada de amostras;
- Produção por técnico desbalanceada;
- Não havia produção por meio de lotes;
- Excesso de movimentação das pessoas dentro do laboratório.

Por meio da utilização da ferramenta Lean - diagrama dos deslocamentos do trabalho foi possível identificar que os técnicos de laboratório realizavam atividades que não agregavam valor ao produto produzido e havia desperdício de tempo de deslocamento.

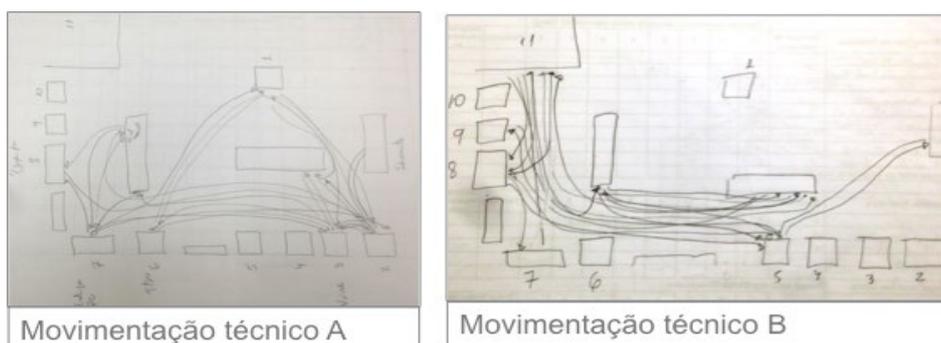


Figura 1- Exemplo de diagrama dos deslocamentos

No intuito de organizar a rotina, eliminar desperdícios e aumentar a produtividade foi utilizada a ferramenta Lean - gráfico de trabalho padronizado que possibilitou a determinação de uma melhor sequência de atividades, redução da movimentação dos técnicos bem como auxiliou na identificação de oportunidades de padronização de atividades e melhorias de processo.

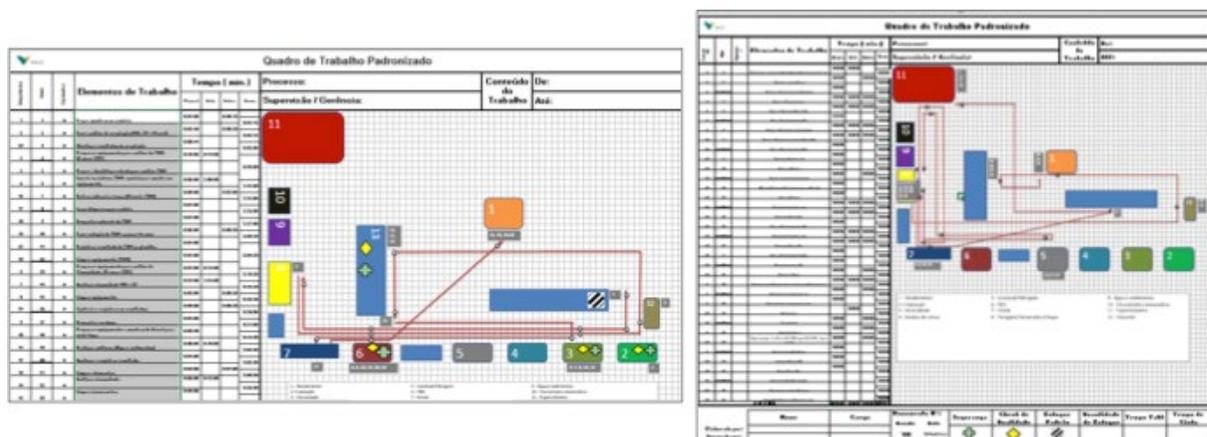


Figura 2- Exemplo de gráfico de trabalho padronizado

Com as alterações realizadas foi possível reduzir aproximadamente 30% de movimentação dos técnicos de laboratório. Outro ponto importante é que por meio da produção por lotes de análises foi possível otimizar a entrega dos resultados das análises e fazer o balanceamento das atividades entre os técnicos.



Figura 3 – Ilustração de regularidade de produção de análises

Por meio da implantação do LIMS no laboratório, no caso o sistema Nautilus, todas as atividades de recebimento e cadastro das amostras e dos resultados passaram a ser lançadas em um sistema com banco de dados corporativo, com desenho de fluxos que garantem todo o rastreamento das informações geradas pelo laboratório. Este sistema possibilita a integração com equipamentos e utilização de código de barras, eliminando atividades que não agregam valor tais como transcrição de informações e retrabalhos em planilhas impressas para planilha eletrônica eliminando também a possibilidade de erros e atuação indevida nas locomotivas.

Foram criados para o laboratório químico localização e grupo para controles de acessos, configuração de dados e cadastro de todos os pontos de coleta – locomotivas, usinas e porto. O lançamento de dados pode ser feito de forma manual ou automática via cabo R232 ou processamento de arquivo. Os instrumentos do laboratório químico de locomotivas já estão em processo de integração. Por definição, o LIMS permite a comunicação com outros sistemas o que possibilita a comunicação dos dados para utilização no processo de manutenção preditiva.

Desta forma, foram definidas especificações, ou seja, parâmetros de limites para cada tipo de amostra que são enviados junto com os resultados. Isto permite a geração de análises automáticas e melhor confiabilidade na atuação da manutenção preditiva. Os dados dinâmicos são organizados segundo a hierarquia ilustrada na figura 4.

	SDG (Grupo de Amostras): É cadastrado manualmente pelos operadores. No caso de embarques, representa um navio. No caso de calibrações, representa as calibrações realizadas em determinado mês para determinado equipamento.
	Amostra: É a representação de uma amostra real analisada no laboratório. Pode ser encontrada dentro de um SDG ou nas pastas de atalho.
	Aliquota: É a representação de uma porção da amostra. Normalmente, cadastra-se uma alíquota para o Lab. Físico do Porto, uma para o Lab. Químico e quando houver, uma para o Lab. de Pulverização, Lab. Físico de Queima e Lab. Metalúrgico. Pode ser encontrado dentro de uma amostra ou nas pastas de atalho.
	Teste: É a representação das análises, ensaios ou procedimentos feitos no laboratório. Pode ser encontrado somente dentro de alíquotas.
	Resultado: É a representação dos dados das análises e de resultados calculados. Só é encontrado dentro de testes.

Figura 4 – Ilustração de hierarquia

Por meio da utilização do sistema LIMS, da utilização de ferramentas Lean e execução de plano de ação estruturante na rotina do laboratório foi constatado também a melhoria do tempo de entrega dos resultados.

Sendo o prazo considerado aceitável para entrega de resultados de até 4 dias, em 2017 o laboratório entregou aproximadamente 53% dos resultados dentro deste limite. No período de janeiro a maio de 2018 já foi identificado que o laboratório passou a entregar aproximadamente 80% dos resultados dentro do prazo esperado.

3 CONCLUSÃO

Face ao exposto acima, podemos concluir que a utilização de ferramentas Lean em laboratórios de análises químicas de lubrificantes se mostrou uma poderosa ferramenta para identificação e eliminação desperdícios de tempo bem como organização da rotina de trabalho. Auxiliando no mapeamento das atividades e dos tempos promove uma visualização dos problemas e fomenta a elaboração de melhorias nos processos.

Associado a utilização de um sistema LIMS, automatizando a coleta dos dados e gerenciando todo o fluxo de informação dentro do laboratório por meio de um sistema dedicado, é possível obter ganhos de tempo, eliminação de retrabalhos e automatização de rotinas. Este tempo pode ser utilizado na melhoria da qualidade e desenvolvimento dos processos.

Uma vez que a manutenção preditiva é peça fundamental para os modelos de manutenção atuais no que tange a redução de custos de manutenção por meio de uma atuação assertiva e programada, é de fundamental importância conhecer melhor o comportamento dos equipamentos. Neste contexto a geração de dados laboratoriais confiáveis e entrega de resultados no prazo desejável impacta diretamente no planejamento da manutenção, o que pode promover a redução de paradas indesejadas; aumentando a previsibilidade da vida dos ativos e sua vida útil. Uma das possibilidades provenientes de uma base de dados de resultados de análises de óleo lubrificante robusta e estruturada, é a aplicação de ferramentas analíticas ou até mesmo de inteligência artificial para prever modos de falhas futuros, sendo este umas das mais modernas abordagens e um dos próximos passos deste trabalho.

Esta metodologia pode ser perfeitamente replicável em demais laboratórios de análises químicas inclusive em áreas de manutenção não se limitando a laboratórios de processos.

REFERÊNCIAS

- 1 Vale S.A. Negócios. 2018 [Acesso em 13 de jun. 2018]. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/business/Paginas/default.aspx>
- 2 Tavares, L.; Calixto, M.; Poydo, P. R. Manutenção centrada do negócio. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 2005.
- 3 Gama, M. P. N. da. Engenharia de Manutenção. Apostila do curso de Pós-Graduação em Engenharia Ferroviária, Vitória: Faculdade Brasileira, 2011.
- 4 Georgio Raphaelli. ROI em automação e informática laboratorial. 2018 [Acesso em 13 de jun. 2018]. Disponível em: <https://www.mylims.com.br/artigos-lims/roi-em-automacao-e-informatica-laboratorial/>
- 5 Cristina Sanches. LIMS: como a automação laboratorial pode aumentar a produtividade. 2016 [Acesso em 13 de jun. 2018]. Disponível em: <https://www.labnetwork.com.br/destaque/lims-como-a-automacao-laboratorial-pode-aumentar-a-produtividade/>
- 6 Frank Willians. Lubrificantes: fonte de proteção e informação. 2015 [Acesso em 13 de jun. 2018]. Disponível em: <http://revistarpanews.com.br/ed/71-edicao2015/edicao-186/1587-lubrificantes-fonte-de-protecao-e-informacao>
- 7 Blog Manutenção preventiva. Análise de óleo. 2017 [Acesso em 13 de jun. 2018]. Disponível em: <https://www.manutencaopreventiva.com/analise-e-filtros-de-oleo/saiba-mais-sobre-os-tipos-de-analise-de-oleo>
- 8 Jeffrey K. Linker e David Meier. O Modelo Toyota: Manual de Aplicação. Bookman; 2009.