



PROJETO DE GRADUAÇÃO II

Título do Projeto:

**IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO ENXUTA (LEAN) NO
SETOR DE ÓLEO & GÁS: ESTUDO DE CASO DE
TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA**

Autor:

IASMIN MATTOS DE OLIVEIRA
RODRIGO CASTRO DE SOUZA

Orientador:

OSVALDO L. G. QUELHAS

IASMIN MATTOS DE OLIVEIRA
RODRIGO CASTRO DE SOUZA

**IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO ENXUTA (LEAN) NO
SETOR DE ÓLEO & GÁS: ESTUDO DE CASO DE TROCA
RÁPIDA DE FERRAMENTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade
Federal Fluminense, como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Orientador:

Prof. OSVALDO L. G. QUELHAS

Co-orientador:

Prof. ALBERTO BESSER

Niterói

2017

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

O48 Oliveira, Iasmin Mattos de
Implantação de produção enxuta (LEAN) no setor de óleo & gás :
estudo de caso de troca rápida de ferramenta / Iasmin Mattos de
Oliveira, Rodrigo Castro de Souza. – Niterói, RJ : [s.n.], 2017.
52 f.

Projeto Final (Bacharelado em Engenharia Mecânica) –
Universidade Federal Fluminense, 2017.
Orientadores: Osvaldo L. G. Quelhas, Alberto Besser.

1. Sistema Toyota de produção. 2. Produção enxuta. 3.
Desperdício. 4. Indústria petrolífera. I. Souza, Rodrigo Castro de. II.
Título.

CDD 658.5



PROJETO DE GRADUAÇÃO II

AVALIAÇÃO FINAL DO TRABALHO

Título do Trabalho:

IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO ENXUTA (LEAN) NO SETOR DE ÓLEO & GÁS: ESTUDO DE CASO DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA.

Parecer do Professor Orientador da Disciplina:

- Grau Final recebido pelos Relatórios de Acompanhamento:

- Grau atribuído ao grupo nos Seminários de Progresso:

Parecer do Professor Orientador:

Nome e assinatura do Prof. Orientador:

Prof.: Osvaldo L. G. Quelhas

Assinatura:

Parecer Conclusivo da Banca Examinadora do Trabalho:

Projeto Aprovado sem restrições

Projeto Aprovado com restrições

Prazo concedido para cumprimento das exigências: / /

Discriminação das exigências e/ou observações adicionais:



PROJETO DE GRADUAÇÃO II

AVALIAÇÃO FINAL DO TRABALHO (continuação)

Título do Trabalho:

IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO ENXUTA (LEAN) NO SETOR DE ÓLEO
& GÁS: ESTUDO DE CASO DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA.

Aluno : Iasmin Mattos de Oliveira Grau : 9.0

Aluno : Rodrigo Castro de Souza Grau : 9.0

Composição da Banca Examinadora :

Prof.: Osvaldo Quelhas. Assinatura :

Prof.: Alberto Besser. Assinatura :

Prof.: Marcelo Arese. Assinatura :

Data de Defesa do Trabalho : 06/12/2017

Departamento de Engenharia Mecânica, / /

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares que sempre nos apoiaram durante toda nossa trajetória universitária. Eles que sempre se sacrificam por nós em todos os momentos da vida deles.

AGRADECIMENTOS

Eu, Iasmin Mattos Oliveira, quero agradecer aos professores Osvaldo Quelhas e Alberto Besser, pela orientação, incentivo e dedicação fundamentais para a elaboração deste trabalho.

Aos demais professores da UFF, pelos ensinamentos e conteúdos transmitidos durante todo o curso. À própria Universidade Federal Fluminense, por ter fundamental importância na minha capacitação intelectual e formação pessoal.

Aos meus familiares, por terem me incentivado e motivado durante minha trajetória universitária.

E ao meu amigo Rodrigo Castro, pela amizade e parceria neste trabalho e durante a faculdade.

Eu, Rodrigo Castro de Souza, quero agradecer às pessoas especiais que fizeram com que este momento fosse possível.

Ao Alexandre Marques, pelo apoio da realização do projeto dentro da BHGE e pela preocupação com o meu desenvolvimento. Ao Waldemar Brandi Junior, Paulo Moraes, Gabriela Vigano e Andre Rocha pelos coaching e pelos ensinamentos de Lean Manufacturing.

Ao Victor Souza, Ivan Amorim e Luis Miguel pelos conhecimentos que adquiri sobre o processo e pela ajuda no desenvolvimento do projeto. Ao Alexandre Abreu pelas dicas de melhorias do projeto. À Rafaella Mauro por avaliação e instrução sobre compliance.

Além das pessoas que contribuíram efetivamente na execução do projeto: Carol Paz, Alexandre Patricio, Davidson Sandes, Jose Carlos, Roberto Ferreira, Rodrigo Rovida e Carlos Beringui.

Ao Osvaldo Quelhas e Alberto Besser pelos conselhos e orientação do projeto final.

À minha mãe Ana Shirley, ao meu pai Paulo, à minha irmã Raphaella e à minha avó Auri pelo amor incondicional e pelo apoio em todas as minhas decisões.

E à minha amiga Iasmin, pelo companheirismo não só nesse projeto, mas ao longo de toda universidade.

RESUMO

A atual conjuntura econômica mundial está centrada em uma constante competição, e para isso, as empresas devem estar sempre atentas às novas tecnologias, desde maquinários até estrutura organizacional. Desta forma, eliminar desperdícios é uma etapa primordial para conseguir abaixar os custos de produção e manter-se no mercado. Este trabalho apresenta a aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* a uma empresa do setor de óleo e gás, setor este que se encontra em crise desde 2014. O foco desta implementação foi a otimização do tempo da troca de bobina. Assim, o cenário para o presente estudo foi propício para o início do desenvolvimento de um projeto que visa a eliminação de desperdícios a partir da implantação de melhorias. A abordagem do trabalho foi baseada em um refino da literatura acerca do tema da Manufatura Enxuta, para então ser feita a escolha das ferramentas *Lean* a serem utilizadas ao decorrer do projeto. Definiu-se os objetivos geral e específico, os procedimentos realizados para atingi-los, e mostraram-se os resultados obtidos. Demonstrou-se também as técnicas utilizadas para captação de dados e toda a elaboração de gráficos que corroboram com os benefícios desta metodologia. A pesquisa foi limitada a apenas uma linha de produção, desenvolvida com baixo investimento e, de acordo com os resultados obtidos, coube à gerência decidir futuras ampliações. Uma importante observação é que não foi possível expor determinadas informações tanto da discriminação e detalhamento de atividades, quanto de valores quantitativos que coloquem em risco dados da empresa, por isso os resultados obtidos são expressos em porcentagem.

Palavras-Chave: Eliminar desperdício; *Lean Manufacturing*; Troca rápida de ferramenta.

ABSTRACT

The current world economy is centered on constant competition, and because of that, companies must always be aware of new technologies, from machinery to organizational structure. In this way, eliminating waste is an elementary task to be done to achieve lower production costs and remain in the market. This work shows an application of Lean Manufacturing tools in an Oil & Gas company, in which sector has been in crisis since 2014. The focus of this implementation was the optimization of coil exchange time. Thus, the scenario for the present study is conducive to the beginning of the development of a project aimed at the elimination of waste from implementation of improvements. The approach of this work was based on a refinement of the literature on the theme of Lean Manufacturing, and then the students could choose the best tools to be used during the project. The general and specific objectives, as well as the procedures that were made to achieve them were defined and the results exposed. Furthermore, the techniques used to data capture and the elaboration of graphs that corroborated the benefits of this methodology were demonstrated. The research and implementation was limited to only one production line, developed with low investments and, accordingly to the results, the management would decide further enlargement. An important observation is that during the elaboration of this work, was not possible to expose some activities details as well as the numbers that could put in risk the company data, which is why the results were shown in percentage.

Key-Words: *Eliminate waste; Lean Manufacturing; SMED.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Casa Sistema Toyota de Produção. Fonte: Burgel (2009).	23
Figura 2 Exemplos de dispositivos PokaYoke do dia a dia. Fonte: Pelos próprios autores (2017).	27
Figura 3 Fases conceituais para melhoria do Setup. Fonte: Pelos próprios autores baseado em Shingo, (1985).	29
Figura 4 Quadro de questionamento para SMED. Fonte: Adaptado de Ferreira (2004).	31
Figura 5 Modelo conceitual com diagrama contendo etapas, procedimento e produtos da pesquisa. Fonte: Pelos próprios autores (2017).	34
Figura 6 Time Observation Sheet. Fonte: Zidel (2006).	40
Figura 7 Diagrama Espaguete. Fonte: Pelos próprios autores (2017).	43
Figura 8 Fluxograma das atividades que envolvem a troca de bobina. Fonte: Pelos próprios autores (2017).	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Distribuição de custos e lucros de acordo com a crise do setor de Óleo e Gás. Fonte: Vigano (2017).....	14
Gráfico 2 Quantidade de trocas realizadas x Duração das trocas em minutos. Fonte: Pelos próprios autores (2017).....	36
Gráfico 3 Quantidade de trocas realizadas x Duração das trocas em minutos do Turno A. Fonte: Pelos próprios autores (2017).....	37
Gráfico 4 Quantidade de trocas realizadas x Duração das trocas em minutos do Turno B. Fonte: Pelos próprios autores (2017).....	37
Gráfico 5 Quantidade de trocas realizadas x Duração das trocas em minutos do Turno C. Fonte: Pelos próprios autores (2017).....	37
Gráfico 6 Yamazumi - Tempo mínimo das atividades por operador e sua variação. Fonte: Pelos próprios autores (2017).	421
Gráfico 7 Gráfico de balanceamento por operação :Tempo mínimo de cada elemento e sua variação. Fonte: Pelos próprios autores (2017).	42
Gráfico 8 Gráfico de Gantt: Ordem e duração das atividades. Fonte: Pelos próprios autores (2017).	43
Gráfico 9 Gráfico Yamazumi inicial: tempos das operações sem nenhuma melhoria iniciada. Fonte: Pelos próprios autores (2017).....	47
Gráfico 10 Gráfico Yamazumi após SMED. Fonte: Pelos próprios autores (2017).	47
Gráfico 11 Gráfico Yamazumi após PokaYoke. Fonte: Pelos próprios autores (2017).....	47
Gráfico 12 Gráfico de Gantt comparativo. Fonte: Pelos próprios autores (2017).....	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	16
1.2 QUESTÕES DE PESQUISA	16
1.3 OBJETIVO	17
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	17
1.5 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	17
1.6 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	18
1.7 CONSIDERAÇÕES ESTRATÉGICAS QUE ANTECEDERAM A IMPLANTAÇÃO	18
1.8 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	19
2. REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS NO BRASIL	20
2.2 LEAN MANUFACTURING	21
2.3 LEAN PRODUCTION	23
2.4 5S	24
2.5 TRABALHO PADRONIZADO	25
2.6 KAIZEN	26
2.7 POKAYOKE	26
2.8 SMED	28
3. METODOLOGIA	32
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	35
4.1 ANÁLISE DO PROJETO	35
4.2 APLICAÇÃO DO SMED	36
4.2.1 Fase Zero do SMED	36
4.2.2 Primeira Fase do SMED	43
4.2.3 Segunda Fase do SMED	44
4.2.4 Terceira Fase do SMED e Implementação de Outras Ferramentas Lean	44
4.3 RESULTADOS	47
5. CONCLUSÃO E FUTURAS PESQUISAS	49
REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A crise no setor de óleo e gás, iniciada em 2014, deixou instável a situação das empresas desta área. Segundo Estadão (2016) “a cotação do barril já recuou mais de 70% nos últimos 18 meses e tem se mantido ao redor dos U\$30”, indubitavelmente inferior ao seu valor que beirava os U\$115 poucos meses antes do início da crise (O Globo, 2016).

Este cenário foi causado por vários fatores ao redor do mundo, que impactaram diretamente a dinâmica da economia petrolífera mundial. Sob este contexto, pode-se citar como algumas razões: o aumento significativo dos estoques de gasolina dos Estados Unidos que surpreendeu várias nações; as tensões entre Irã e Arábia Saudita que dificultam as negociações da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP); a desaceleração do crescimento econômico da China; o anúncio de teste de bomba de hidrogênio na Coreia do Norte; além da diminuição da demanda pela Europa e Ásia causada pela singular diminuição do crescimento da economia global (O Globo, 2016).

A nova diretriz que foi imposta para as empresas de óleo e gás foi, então, a diminuição de seus lucros com a manutenção dos custos, fazendo com que a necessidade da redução de desperdícios se tornasse uma prioridade para sua permanência no mercado (Gráfico 1).

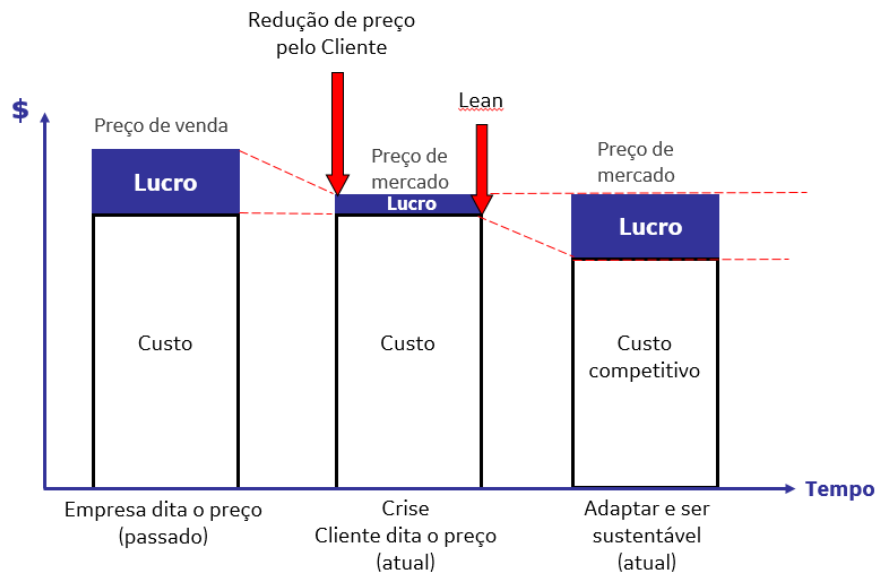


Gráfico 1 Distribuição de custos e lucros de acordo com a crise do setor de Óleo e Gás. Fonte: Vigano (2017).

Neste contexto, surge uma grande oportunidade para implementação de projetos de produção enxuta (do inglês *Lean Manufacturing*), cujo foco é a eliminação de desperdícios, sempre em busca de melhorias contínuas, para assim aumentar a competitividade da empresa no mercado.

A atual conjuntura econômica mundial exige que as empresas sejam cada vez mais competitivas e estejam sempre em busca de novas melhorias, a fim de aumentar sua capacidade produtiva, garantir a qualidade de seus produtos e a consequente confiança de seus clientes. Neste contexto, o *Lean Manufacturing* se destaca como uma metodologia de gestão da produção possuindo diversas ferramentas que visam a otimização de recursos, através da diminuição do tempo entre o pedido do cliente e a sua entrega (do inglês *lead time*), além da eliminação de desperdícios o que, consequentemente, aumenta a produção e a qualidade dos produtos. Entre estes desperdícios estão incluídos tempo de espera, materiais em excesso, equipamentos ociosos e inventários. Segundo (Tamizharasi & Kathiresan, 2014) ao se reduzir inventários, ativos, despesas, tempo de espera e produtos fora de especificações é possível, normalmente, aumentar o lucro da empresa.

São diversas as ferramentas *Lean*, entre as quais, pode-se citar: *Just in Time*, Células de Produção Celular, *Kanban*, Redução do Tempo de *Setup*, Manutenção Produtiva Total, 5S, Mapeamento de Fluxo de Valor, *Kaizen*, Trabalho Padrão e *PokaYoke* entre outras

(Tamizharasi & Kathiresan, 2014). Redução do tempo de *Changeover* e *Setup*; controle da qualidade; sistema a prova de erros; organização espacial e ambiental; redução de custos de produção; identificação das atividades que não agregam valor, para que possam ser eliminadas, são algumas das ações a serem alcançadas através das ferramentas acima citadas. (Collato, de Souza & do Nascimento, 2016).

Muitas outras técnicas *Lean* ainda podem ser encontradas na literatura e implementadas da maneira mais conveniente para companhias do setor de Óleo & Gás, de acordo com as melhorias e resultados desejados. Sobretudo, é importante destacar, que as ferramentas se complementam e podem ser utilizadas em conjunto, ou separadamente. São elas (Freitag, Quelhas & Anholon, 2017):

1. Análise de otimização de eficiência energética e flexibilidade;
2. *First-in / First-out* no fluxo de estoque;
3. Controles visuais;
4. Diagramas de fluxo de processo;
5. Procedimentos operacionais padrão;
6. Análise do histórico de dados estatísticos;
7. Análise do sistema de mediação;
8. Gestão da qualidade total (TQM);
9. Parcerias na cadeira de fornecedores;
10. Empoderamento;
11. *Benchmarking*;
12. Gráfico de controle;
13. Projeto com processos otimizados para atender expectativa do cliente
14. Metodologia DMAIC;
15. Cadeia suprimentos enxuta (*Lean*);
16. Pareto (análise 80/20);
17. Análise de árvore de falhas;
18. Células de famílias de processos;
19. Máquinas com tecnologia multitarefa;
20. Estudo para otimizar local da máquina vs. matéria prima;
21. Treinamento dentro da indústria (TWI);
22. Desenvolvimento de pessoal, atividades inovadoras.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Considerando as oportunidades de melhoria acima expostas que podem ser alcançadas no setor de óleo e gás (O&G), definiu-se o problema de pesquisa como sendo a necessidade de diminuição do tempo da troca de bobina de uma linha de fabricação de tubo flexível em uma empresa do setor de O&G, utilizando o *Lean Manufacturing*.

Espera-se, assim, otimizar o tempo da operação, desenvolver tarefas padronizadas, aumentando a produtividade dos envolvidos e da própria empresa.

1.2 QUESTÕES DE PESQUISA

Com o cenário atual de crise econômica, o setor de óleo e gás também foi afetado. As empresas, então, buscam a diminuição de seus custos para tentarem manter seus lucros. Paralelamente, buscam novas formas de otimização de processos.

Sob este panorama, a manufatura enxuta é uma ferramenta poderosa que pode ajudar a identificar desperdícios e implementar melhorias.

A redução do tempo na atividade de troca de bobina foi identificada como uma possível oportunidade para implantação de ferramentas *Lean*. A partir dessa constatação, formulou-se como questão central:

- Como implantar um projeto de melhoria para redução do tempo de troca de bobina, utilizando ferramentas da produção enxuta?

A questão central foi desdobrada nas subquestões abaixo:

- O que é *Lean Production*? Qual seu objetivo?
- Quais ferramentas *Lean* são as mais apropriadas para a redução no tempo da troca de bobina?
- Qual o impacto que a redução no tempo de troca representa para a empresa?
- Como garantir a sustentação dos resultados positivos alcançados com a redução no tempo de troca da bobina?

1.3 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é reduzir em 25% o tempo da atividade de troca de bobina de uma linha de fabricação de tubo flexível para uma indústria do setor de óleo e gás, através de ferramentas de *Lean Manufacturing*, levando a um ganho total de 11% no ciclo de produção.

Os objetivos específicos são:

- Identificar as melhores ferramentas *Lean* para sustentar o projeto de melhoria, a partir de uma revisão da literatura;
- Descrever o atual cenário das atividades envolvidas na troca de bobina e propor atividades que podem ser reajustadas a partir da utilização de ferramentas *Lean*, com base na literatura pesquisada;
- Analisar os resultados de melhoria alcançados.

1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O estudo foi limitado a algumas das diversas ferramentas da manufatura enxuta empregando-as a um produto específico da empresa. Este é fornecido para a indústria de óleo e gás e é produzido no sítio localizado em Niterói, Rio de Janeiro.

A alta gerência da empresa também esteve presente na elaboração da viabilidade do projeto, acompanhando as implementações e melhorias a serem buscadas, no período de março a setembro de 2017. Atrelado às exigências de *compliance*, os alunos se comprometeram a não divulgar números quantitativos referentes ao processo produtivo da empresa, assim como o detalhamento de atividades fundamentais da linha de produção.

Não menos importante, os conceitos relacionados ao presente trabalho foram devida e cuidadosamente estudados para embasar a tomada de decisões e, assim, atingir os melhores resultados.

1.5 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O presente trabalho pretende contribuir para o entendimento e importância da implantação da metodologia *Lean* nas empresas, no que diz respeito à eliminação de

desperdícios e busca da melhoria contínua. Devidamente desenvolvido, o pensamento enxuto é um grande aliado das empresas, devendo ser pensada e considerada sua expansão para outras linhas de produção e áreas da firma.

Indubitavelmente, este estudo favorece e enriquece o conhecimento dos autores, sob uma perspectiva única, agregando valor não só ao intelecto, mas também vivenciando na prática a diferença que pode ser feita na dinâmica de empresas, especialmente daquelas inseridas na cadeia de valor de óleo e gás.

1.6 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A fábrica de Tubos Flexíveis para Indústria *Offshore* foi fundada pela *Wellstream* em 1983 na Inglaterra e se instalou no Brasil em 2007.

Em 2011 foi adquirida pela General Electric, uma empresa multinacional Americana de serviços de tecnologia que atua em diversos setores, incluindo óleo e gás. E em 2017, o setor de óleo e gás da GE fundiu-se com a *Baker Hughes*, tornando-se *Baker Hughes, a GE company* (BHGE).

São apenas duas fábricas da BHGE que fabricam esse produto no mundo, uma situa-se em Newcastle na Inglaterra e a outra na Ilha da Conceição, na cidade de Niterói no Rio de Janeiro, sendo uma a cópia da outra. As duas fábricas possuem o mesmo projeto e conceito operacional.

1.7 CONSIDERAÇÕES ESTRATÉGICAS QUE ANTECEDERAM A IMPLANTAÇÃO

A área de *Lean* dentro da fábrica foi criada no início de 2016 com o objetivo de iniciar a jornada *Brilliant Factory*, comumente conhecida como Indústria 4.0. Iniciou-se com o *Lean* para eliminar os desperdícios, para futuramente tornar a fábrica mais digital, com máquinas equipadas com sensores e conectadas com a Internet Industrial, com objetivo de impulsionar a produtividade e reduzir custos.

Este trabalho de projeto final de graduação refere-se a um dos processos da jornada *Lean*, que tem como objetivo eliminar os desperdícios e padronizar as atividades.

1.8 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa foi organizada da seguinte forma: i) Elaboração de um referencial teórico acerca dos principais conceitos relevantes para a elaboração deste trabalho; ii) Definição da organização e de seu ambiente de trabalho; iii) Metodologia utilizada para o levantamento de dados e desenvolvimento do projeto; iv) Desenvolvimento do estudo de caso; v) Análise dos resultados; vi) Considerações finais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS NO BRASIL

A exploração do petróleo no Brasil foi iniciada em 1858 com a livre iniciativa doméstica do Serviço Geológico e Mineralógico Brasileiro (SGMB) e do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Mais à frente, o ano de 1939 foi marcado pela descoberta da primeira acumulação de petróleo na Bahia, e pela criação do Conselho Nacional do Petróleo (CNP). Este conselho ajudou a melhorar a exploração de petróleo no país, inicialmente voltada para o Recôncavo Baiano. Entre os anos de 1941 e 1953, novas descobertas de 10 campos de petróleo nesta região foram feitas, entre eles, os campos de: Candeias, Aratú, Dom João e Água Grande.

Em 1953, a partir de um manifesto popular, foi criada a Petrobrás para executar todas as atividades relacionadas ao petróleo em nome do país, obtendo assim, o monopólio das mesmas. Entre as atividades estavam: exploração, refino, produção, transporte e comercialização. Além da responsabilidade do suprimento das demandas internas tanto de petróleo, quanto de seus derivados, seja pela produção nacional ou por importações.

Ao final de 1968, o país já contava com 58 acumulações de petróleo e gás descobertas, e sua produção ultrapassava a marca dos 160 mil barris por dia.

A partir de 1969, iniciaram-se as explorações *offshore*, marcada com a grande descoberta da Bacia de Campos.

Nos anos consecutivos, o país seguiu com as explorações de novas bacias e campos para tentar alcançar a tão sonhada independência da importação de óleo e gás (Lucchesi, 1998).

Finalmente, em 2007 foi confirmada a descoberta da camada do pré-sal, possibilitando que o Brasil se tornasse a grande promessa na indústria energética mundial (Roos & de Lourenço, 2016). Esta notícia, além de revelar a riqueza dos recursos naturais brasileiros, também serviu para expor a capacidade técnica da Petrobrás na exploração em águas profundas. De acordo com as estimativas, o pré-sal colocaria o Brasil como um dos maiores titulares do recurso, juntamente da Arábia Saudita e Venezuela (Sauer & Rodrigues, 2016), pois, segundo a Agência Nacional de Petróleo brasileira (ANP), em 2010 o Brasil possuía reservas na ordem de 14,2 bilhões de barris de petróleo, e após o pré-sal, esse valor foi estimado em 50 bilhões de barris.

Atualmente, este setor está inserido em uma crise, em que o barril do petróleo que antes chegou a bater US\$107,73 em 2014, despencou para US\$62,65 em 2015. Diante deste cenário, as empresas petroleiras são praticamente obrigadas a adotarem novas estratégias. Mais um ponto agravante, é que a crise política nacional envolvendo a grande Petrobrás impacta diretamente no futuro incerto do setor de óleo e gás do país (Filho, Perestrelo & Molina-Palma, 2015).

2.2 LEAN MANUFACTURING

O termo *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta em português) surgiu do Sistema Toyota de Produção após a Segunda Guerra Mundial. A empresa Toyota, no Japão, revolucionou seu sistema de produção baseando-se na satisfação do cliente, através da garantia da qualidade e minimização de desperdícios e, principalmente, de custos. Uma vez que o país, arrasado pela Guerra, precisava se reconstruir de maneira rápida e eficiente.

Durante a década de 1970, a crise do petróleo proporcionou uma grande chance para a Toyota ingressar no mercado norte americano. Ela apresentou a qualidade dos seus automóveis, e destacou especialmente o baixo consumo de combustível atrelado a um preço acessível. Diferentemente, dos tradicionais carros produzidos nos EUA. Esta inovação levou o governo do EUA a investir em pesquisas na área automotiva, juntamente com universidades e outras montadoras, e criar o *International Motor Vehicle Program* (IMVP), que deu origem ao termo produção enxuta (do inglês *Lean Production*) e ajudou a disseminar o pensamento enxuto (do inglês *Lean Thinking*) (Holweg, 2007).

Seu modelo de desenvolvimento foi tão bem-sucedido que foi aplicado por diversas empresas de setores diferentes e é, até hoje, motivo de destaque em suas implementações (Consul, 2015).

As técnicas de *Lean* possibilitam a diminuição do *lead time*, a fim de suprir às necessidades do consumidor e diminuir as perdas envolvidas na produção. A padronização das atividades e desenvolvimento de um controle de qualidade são fatores que diminuem o *lead time*, e garantem um aumento na produtividade (Naluusamiy, 2016).

A metodologia *Lean* identifica sete desperdícios que podem ocorrer dentro de um sistema, são estes (Tamizharasi & Kathiresan, 2014):

- Superprodução: tanto o excesso, quanto a velocidade de produção impactam no fluxo de informações e bens, resultados das operações, o que gera a necessidade do aumento de estoques desnecessariamente e um produto final ocioso.
- Defeitos: frequentes erros na produção e/ou problemas relacionados à qualidade do produto geram desperdícios, retrabalhos e baixo desempenho da entrega.
- Estoque: excessiva estocagem de produtos e matérias primas de forma desnecessária,
- Processamento: uso de ferramentas, procedimentos e sistemas de forma inapropriada, o que prejudica o desempenho das atividades.
- Transporte: a movimentação de pessoas, informações e bens de forma excessiva podem levar a perda de tempo e dinheiro.
- Espera: pessoas inativas, informações e produtos ociosos impactam diretamente no aumento do *lead time* e na fluidez necessária para um bom negócio.
- Espaço: má organização do ambiente de trabalho e ergonomia incorreta impactam na produtividade dos funcionários.

A estrutura *Lean* é baseada em alguns pilares básicos (Figura 1) e diversas ferramentas, e para o presente estudo e objetivos deste trabalho, as ferramentas escolhidas

foram com base na revisão da literatura: 5S, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), Trabalho Padronizado, *Kaizen* e *PokaYoke*.



Figura 1 Casa Sistema Toyota de Produção. Fonte: Burgel (2009).

2.3 LEAN PRODUCTION

A produção enxuta, ou em inglês *Lean Production*, é a forma como a produção se dá no Sistema Toyota de Produção (STP). Este sistema, baseado na eliminação total de desperdícios para se aumentar o lucro, é estruturado no *Just in Time* (*JIT*) e na Automação (*Jidoka*), mas é preciso relacioná-los também com o Controle da Qualidade Zero Defeitos (CQZD).

Um processo *JIT* significa dizer que cada parte dele é feita com a quantidade exata de itens e realizada na hora e local corretos. Este é um meio de se atingir o objetivo do STP. Já a Automação é definida como a possibilidade do operador ou da máquina de ter autonomia para parar um processamento sempre que for encontrada alguma anormalidade. A terceira ferramenta, o CQZD, visa acabar com a possibilidade de surgimento de defeitos, identificando e controlando suas causas, baseando-se nos parâmetros a seguir:

- Inspeção diretamente na fonte;
- *Feedback*;
- Utilização de dispositivos *Poka Yoke*;
- Ação corretiva imediata.

É possível então relacionar o CQZD com a Autonomia, pois conseguir identificar anormalidades, realizar a paralisação de uma operação e a posterior implementação de uma ação corretiva, constitui a principal objetivo da Autonomia.

Como já mencionado, a Autonomia é capaz de desempenhar o papel de eliminação de perdas. Logo, a Autonomia acaba sendo a base de operação do *JIT*, uma vez que este precisa de algum tipo de mecanismo que assegure a quantidade de produtos sem quaisquer anormalidades para sua perfeita utilização (Ghinato, 1995).

2.4 5S

Sempre sob a perspectiva de identificação e eliminação de desperdícios, o sistema 5S é uma metodologia para criar e manter o ambiente de trabalho organizado, limpo, eficiente e seguro a partir da padronização de procedimentos. 5S refere-se a cinco atividades particulares: organização, ordem, limpeza, padronização e disciplina (Todorut, Paliu-Pola, Tselentis & Cirnu, 2016), que juntas ajudam a reduzir e até eliminar alguns destes desperdícios. Na verdade, 5S refere-se a termos japoneses: *Seiri*, *Seiton*, *Seiketsu*, *Seiso* e *Shitsuke* (Pereira, 2004), descritos a seguir.

Seiri (Descarte) - A identificação do conceito de utilidade é primordial para se conseguir distinguir o que pode ser descartado, priorizando apenas o que é considerado necessário. O descarte possibilita melhor aproveitamento do espaço físico, permitindo que áreas ociosas possam ser eliminadas; possibilita então a diminuição de estoques e de gastos relacionados ao mesmo, e conseqüentemente de gastos com transporte e serviços de seguro. Ademais, corrobora para um melhor aproveitamento do tempo, também evita a compra de itens repetidos e é de suma importância para o controle da produção.

Seiton (Arrumação) - O cuidado em identificar o lugar exato de objetos, ferramentas e equipamentos é, sem dúvidas, uma importante tarefa a ser realizada, a fim de reduzir o tempo de procura dos mesmos, otimizando assim o tempo dos funcionários. A melhor forma de organização corresponde àquela em que se prioriza a escolha dos lugares de acordo com a frequência em que são usados. Para isso, deve-se identificar tanto o local quanto o aparato com etiquetas que possibilitem a rapidez da procura e o seu posterior retorno.

Seiso (Limpeza) - Do mesmo modo, o consenso em se trabalhar em um ambiente limpo deve ser estimulado por pessoas de cargos elevados e passado a seus subordinados.

Esta cultura de limpeza proporciona o bem-estar dos funcionários, contribui para atentar a fontes de poluição, além de impactar positivamente a confiança e imagem da empresa para com seus clientes. Ou seja, um ambiente limpo pode contribuir, de fato, para o aumento da produtividade da empresa, assim como, o convívio e a interação interna de seus trabalhadores.

Seiketsu (Padronizar) - Após a aplicação das etapas anteriores, é preciso desenvolver uma rotina sistemática de atividades padrões para ajudar na manutenção e permanência da organização, limpeza e descarte de dispensáveis. A participação de todos é essencial no compartilhamento de experiências e *feedbacks* para auxiliar no desdobramento de procedimentos padrões que possam ser usufruídos por todos.

Shitsuke (Disciplina) - O último “S” refere-se a conduta que os funcionários devem ter para que todas as melhorias sejam alcançadas. Manter todas as modificações implantadas pode não ser uma tarefa simples, e é preciso que líderes estimulem esta política de modo a adquirir o comprometimento dos funcionários. A conservação dos novos hábitos pode ser amparada através de formulários devidamente preenchidos bem como outras práticas enxutas.

Vale salientar que é de extrema serventia a divulgação dos resultados, uma vez que é possível acompanhar o desempenho interno dos trabalhadores e apontar para as áreas que precisam de mais atenção, sempre em busca da implementação da melhoria contínua.

2.5 TRABALHO PADRONIZADO

O desenvolvimento de atividades e procedimentos padrões já se consolidou como a forma mais indicada para obtenção de melhores resultados, desempenho e eficiência. O estabelecimento dos processos padronizados só é possível em atividades consideradas estáveis, e assim, dar-se início a um ciclo em busca da melhoria contínua.

Existem também outros requisitos para o sucesso da implementação, como: as tarefas devem ser realizadas sob repetição; tanto os equipamentos, quanto as ferramentas devem demonstrar confiança, apoiadas em outras ferramentas de *Lean* como 5S, SMED e Manutenção Produtiva Total (do inglês *Total Productive Maintenance* - TPM); e, em relação à produção, esta deve apresentar peças com mínimas imperfeições, ínfima deficiência na qualidade e estar dentro dos padrões das medidas aceitáveis de projeto (Berkenbrock, Renó, Martins, Sevegnani & Fischer, 2009).

Em nível organizacional, o emprego de tarefas padronizadas não pode ser administrado de forma individual, desta maneira, a metodologia *Lean* garante o suporte contínuo das implementações, através de suas diversas ferramentas. Não apenas complementando todo o processo, como também visando sempre atingir o melhor aproveitamento dos recursos da empresa (Berkenbrock, Renó, Martins, Sevegnani & Fischer, 2009). Ainda assim, uma sistematização dos métodos com a determinação da forma em que cada atividade é realizada ajuda na identificação de defeitos, desenvolvimento do controle de qualidade e, é claro, aumento da produtividade.

2.6 KAIZEN

Kaizen, que em japonês significa “melhoria contínua”, também é uma das técnicas utilizadas na Manufatura Enxuta com a intenção de desenvolver um projeto de melhoria contínua com custos reduzidos para a empresa. É desejável uma equipe multidisciplinar que além de envolver seus participantes no projeto, incentive a proatividade, integração e disciplina, em busca de um objetivo comum.

A fim de se atingir tais melhorias, utiliza-se a ferramenta chamada Mecanismo de Pensamento Científico, um modelo científico para auxiliar o processo, a partir de perguntas e iniciativas para reconhecimento e análise de soluções, e cuja funcionalidade baseia-se em um fluxograma de cinco estágios principais: estágio preliminar, identificação do problema, abordagens básicas para melhoria, fazer planos para melhoria e traduzir planos para a realidade (Vívian, Ortiz & Paliari, 2016).

2.7 POKAYOKE

Sempre em busca da eliminação dos desperdícios, a manufatura enxuta possui esta ferramenta especialmente voltada para a detecção de erros. *PokaYoke*, que em japonês significa evitar ou prevenir erros, cumpre este papel fundamental na metodologia *Lean* (Consul, 2015). A Figura 2 expressa simples exemplos de dispositivos *PokaYoke* que estão presentes no cotidiano das pessoas.



Figura 2 Exemplos de dispositivos PokaYoke do dia a dia. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

Com a finalidade de suprimir a interferência humana que ocorre em diversas situações de forma equivocada, esta ferramenta possibilita uma inspeção qualificada, sinalização de irregularidades e prevenção de falhas durante todas as etapas do processo produtivo. Corretamente utilizada, torna-se essencial para garantir um controle de qualidade zero defeitos, pois além de evitar erros, permitir um *feedback* ágil e eficiente, também auxilia operadores no desenvolvimento da melhor forma de execução de suas ações (Consul, 2015).

PokaYoke desempenha um papel regulador, e também é caracterizado como um dispositivo com a função de sinalizar, alertar, bloquear possíveis erros a fim de evitar peças defeituosas e, conseqüentemente, minimizar desperdícios. Da mesma forma que impacta em um aumento considerável da produtividade e da qualidade dos produtos. Ele pode tanto identificar a causa das anormalidades, quanto executar uma correção, interrompendo, se necessário, o sistema produtivo como máquinas e equipamentos, por exemplo. Contudo, não se restringe apenas a uma área, podendo ser usado também nas ações referentes a transporte, inspeção e estocagem (Consul, 2015).

O consenso sobre a necessidade de qualificação aponta para os métodos envolvidos na execução deste sistema anti-falha e devem ser utilizados de acordo com a necessidade e objetivos pretendidos (Consul, 2015). São estes:

- Método do Controle: o sistema identifica um erro e, em seguida, paralisa a operação a fim de se aplicar o reparo, evitando assim, a sucessão de produtos defeituosos.
- Método de Advertência: o sistema identifica uma incoerência e logo a sinaliza por meio de sons ou luzes, mas não interrompe o processo o qual se refere. A atenção dos operadores é então captada e medidas corretivas podem ser aplicadas. Entretanto, é preciso estar ciente que estes avisos podem ser de alguma forma ignorados, então este método só deve ser utilizado quando a falha detectada não precisar ser reparada imediatamente, para não afetar a linha de produção. O processo continuaria mesmo sendo prejudicado ou operando em condições duvidosas.
- Método do Contato: a falha é detectada partir do contato do dispositivo com o produto, é referente a aspectos relacionados à forma ou dimensão do produto, impedindo a ocorrência de erros específicos.
- Método dos Conjuntos: garante a quantidade exata prevista dos movimentos e etapas constituintes de um processamento, baseando-se na contagem automática e controle do número das ações executadas, impedindo que alguma delas seja ignorada.
- Método das Etapas: determina quais devem ser as etapas a serem realizadas para determinada operação, através da sincronia de movimentos, ajudando, assim, o responsável da ação a não fazer o que não lhe foi designado.

2.8 SMED

Primeiramente, para a definição do SMED (*Single Minute Exchange of Die*) ou Troca Rápida de Ferramenta, é preciso definir o conceito de *setup* e dividi-lo entre interno e externo.

Setup é o conjunto de configurações e operações que envolvem determinada ação. Shingo (1985) explica a diferença como sendo:

- *Setup* Interno: conjunto de atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada.
- *Setup* Externo: conjunto de atividades que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

Obviamente, o *setup* depende do tipo de operação e do tipo de equipamento utilizado, e segue uma série de passos para sua execução. Estes passos são exemplificados a seguir (Shingo, 1985):

- Preparação, ajuste pós processo, verificação de materiais e ferramentas: esta etapa garante que todo o ferramental a ser utilizado está e voltará para seu devido lugar. Assim como estão em perfeito estado de uso.
- Montagem de peças e ferramentas: esta parte é voltada para a montagem dos equipamentos a serem utilizados, assim como a remoção do que não for ser usado no momento, e preparação do próximo passo.
- Medições, calibrações e configurações: este passo envolve todos os processos de preparação da operação, sejam elas, medições de temperatura e pressão, por exemplo, dimensionamento, calibração de aparelhos, entre outras, a fim de se obter um processo corretamente executável.
- Testes e ajustes: nesta etapa, os ajustes são feitos depois de testar o equipamento com um corpo de prova. Quanto mais bem-feita a etapa anterior, mais fácil será o ajuste.

Com o propósito de aprimorar o *setup*, os estágios conceituais envolvidos nesta melhoria são mostrados na Figura 3 a seguir.

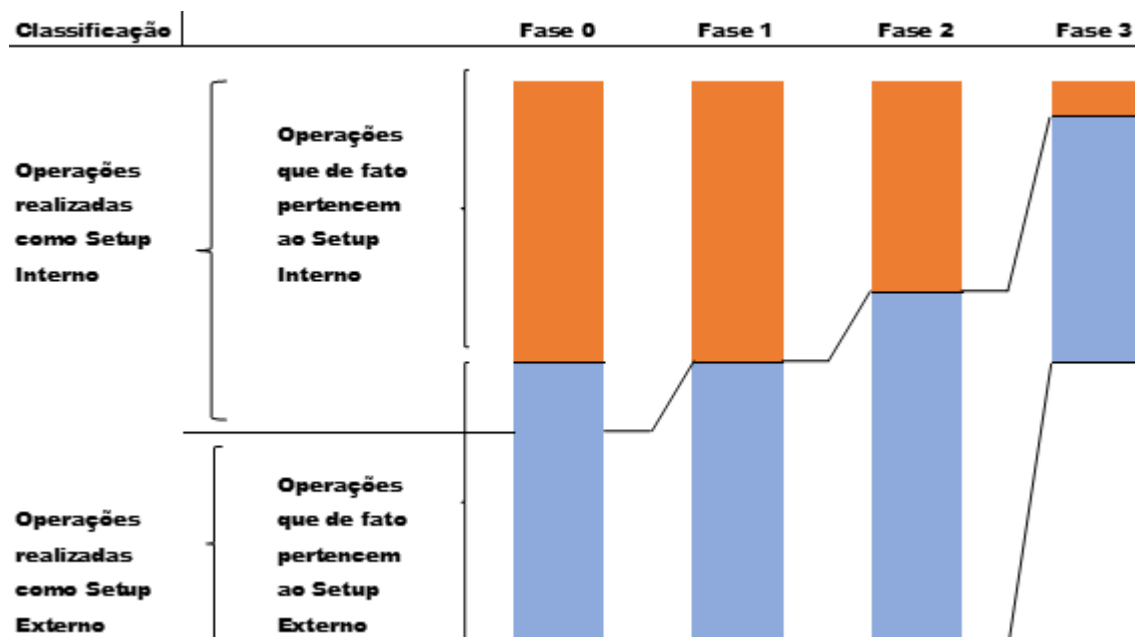


Figura 3 Fases conceituais para melhoria do Setup. Fonte: Pelos próprios autores baseado em Shingo, (1985).

A fase zero é chamada de fase preliminar e nela não há distinção das atividades entre quais fazem parte do *setup* interno e quais são do *setup* externo, conseqüentemente, máquinas podem ficar ociosas por longos períodos de tempo, não sendo então produtivas para a ferramenta do sistema enxuto é trazer à tona as condições de chão de fábrica com a maior riqueza de detalhes possível através de uma análise da produção, questionamentos de funcionários e filmando as operações de *setup* (Moreira & Pais, 2011).

A primeira fase, então, consiste em fazer a distinção entre os *setups*. Considerada uma das etapas mais importante do processo, é possível já obter uma grande redução do tempo de *setup*. Certamente é o caminho certo para a correta implementação do SMED (Shingo, 1985).

Já a segunda fase é definida pela máxima conversão de *setup* interno em externo. De maneira a dar prosseguimento à implantação do SMED, as atividades devem ser reavaliadas para se ter certeza que estão sendo executadas no momento certo e, sobretudo, descobrir uma maneira de executar o máximo de operações com a máquina ou equipamento ligado, ou seja, *setup* externo (Shingo, 1985). Vale ressaltar que velhos hábitos devem ser deixados de lado. Não só porque uma atividade sempre foi feita de uma maneira, que é única e mais eficiente.

Por fim, a terceira e última etapa é a sintetização das atividades fundamentais tanto do *setup* interno quanto do externo, de modo a agilizar o processo em si. Portanto, é preciso uma análise bastante cuidadosa destas etapas para serem corretamente otimizadas (Shingo, 1985).

No entanto, não há a necessidade, na prática, da separação das fases dois e três. Elas foram separadas somente para melhor entendimento do mecanismo de aplicação (Shingo, 1985).

Um exemplo de melhoria em otimização do tempo de *setup*, a partir da execução bem-sucedida dos estágios anteriormente citados, foi na Toyota Motor Company. O tempo de *setup* interno para fabricação de parafusos era de oito horas, e foi incrivelmente reduzido para cinquenta e oito segundos, demonstrando assim a eficiência desta ferramenta enxuta (Shingo, 1985). Outro exemplo facilmente reconhecido, é a troca rápida de pneus durante o *pitstop* nas corridas de Fórmula 1. Os engenheiros e mecânicos ficam a postos esperando o piloto encostar com o carro, e assim a troca é executada da forma mais rápida possível, pois qualquer segundo a mais faz a diferença no tempo do piloto.

A troca rápida de ferramenta, ou SMED, possibilita além da diminuição do tempo de

setup, a redução dos tamanhos dos lotes e, conseqüentemente, a minimização da necessidade de estoques, contribuindo para a essência do sistema enxuto que é a eliminação de desperdícios. Dessa forma, o SMED é capaz de promover uma maior flexibilidade da produção, alterando procedimentos rapidamente, economizando assim tempo e dinheiro (Ferreira, 2004).

O esquema ilustrado na Figura 4 auxilia tanto a implementação das etapas do SMED, como também na análise que será efetuada posteriormente.

	Pergunta		Considerar a ação
O que	Qual motivo?	Pergunte Por que 5 vezes	Eliminar atividades desnecessárias
	Esta atividade é necessária?		
	Pode ser eliminada?		
Onde	Onde está sendo realizada?		Combinar ou mudar o local
	Onde poderia ser realizada?		
	Por que precisa ser realizada neste local?		
Quando	Quando isso é feito?		Combinar ou mudar a sequência de tempo
	Por que isso está sendo feito agora e não outras coisas?		
	Quando isso poderia ser feito?		
Quem	Quem é o responsável?		Combinar ou mudar os envolvidos
	Por que esta pessoa está fazendo isso?		
	Quem deveria ser o responsável?		
Por que	Por que é feito dessa forma?	Simplificar e/ou melhorar o método	
	Tem outra maneira mais simples ou melhor de se fazer atingindo o mesmo resultado?		
	Como poderia ser feito?		
Como	O que fez a atividade demorar mais?	Padronizar o método	
	O que fez a atividade ser mais rápida?		

Figura 4 Quadro de questionamento para SMED. Fonte: Adaptado de Ferreira (2004).

3. METODOLOGIA

A metodologia escolhida para a elaboração deste trabalho foi dividida nas seguintes etapas, conforme a Figura 5:

1ª Etapa

Identificação do problema, possibilidade de aplicação da metodologia *Lean* a fim de propor soluções pertinentes e trazer resultados satisfatórios para a empresa. Reunião inicial com a gerência de manufatura para aprovação do projeto, alinhamento e conciliação dos objetivos entre ambas as partes.

2ª Etapa

Realização de pesquisa bibliográfica acerca dos temas envolvidos para a elaboração deste trabalho, usando as palavras chaves: Troca rápida de ferramenta, *Lean Manufacturing* e troca de bobina. Foram utilizadas as bases científicas Scielo e Scopus para melhor embasamento do assunto. Também foram definidas quais as ferramentas *Lean* que seriam utilizadas na implementação do projeto.

3ª Etapa

Levantamento de dados relevantes para a atividade em questão, através do detalhamento das ações dos operadores e seus respectivos tempos de duração obtidos através dos registros de atividade da linha de fabricação.

4ª etapa

Aplicação das etapas do SMED e das outras ferramentas *Lean* escolhidas para o projeto. Elaboração de gráficos para auxiliar nas tomadas de decisões.

5ª etapa

Análise dos resultados para a implementação das melhorias, avaliação dos objetivos alcançados, estruturação do método de implementação do projeto nas outras áreas da empresa.

Etapas do Método de Pesquisa

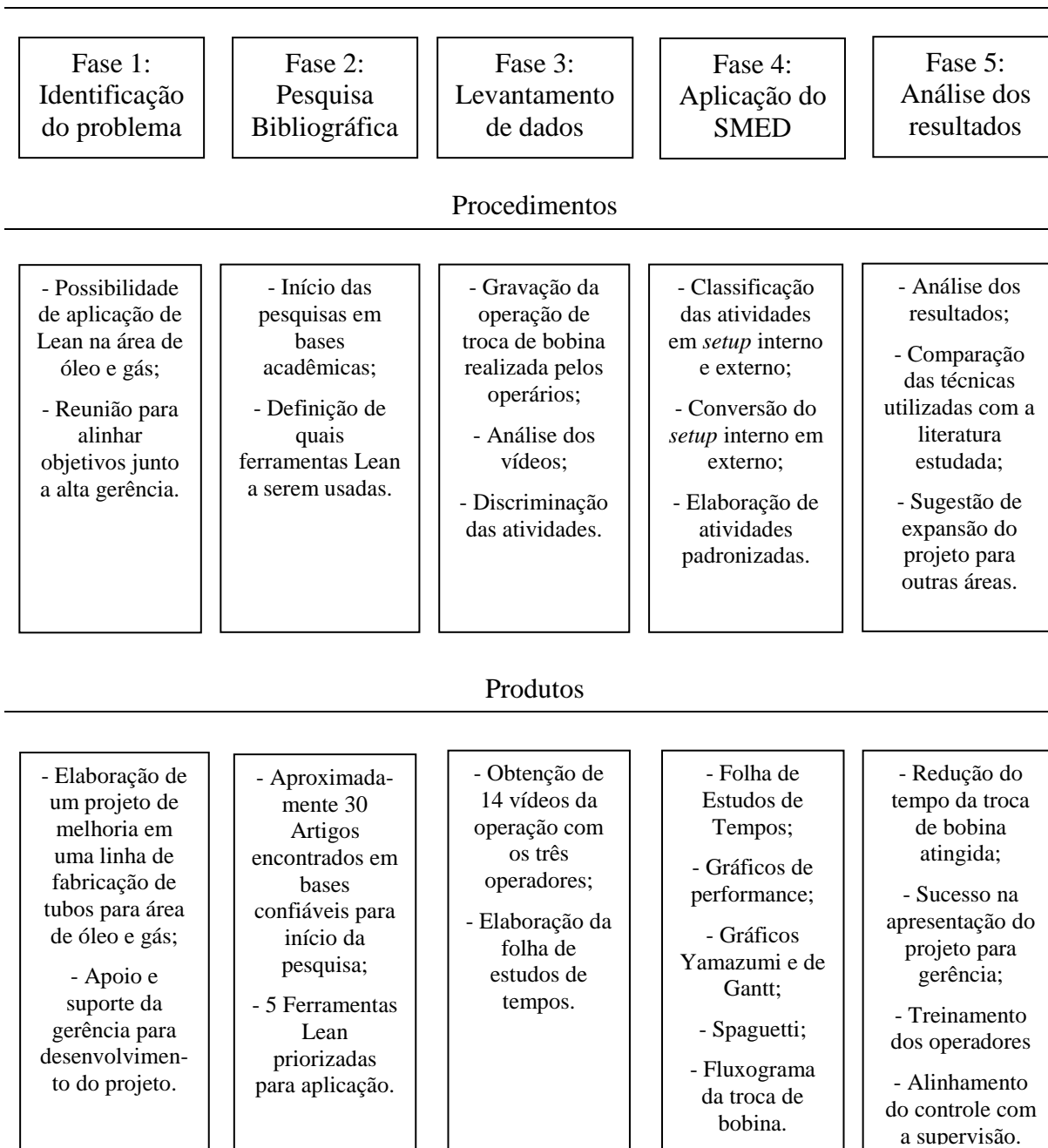


Figura 5 Modelo conceitual com diagrama contendo etapas, procedimento e produtos da pesquisa. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DO PROJETO

Diante da crise econômica em que o mundo está inserido, e principalmente o setor de Óleo e Gás, o momento é oportuno para a constante busca pela redução de gastos. Neste sentido, a *Baker Hughes, a GE Company*, apresentou uma abertura para implementação do sistema enxuto em uma de suas linhas de produção.

Alinhados com a alta gerência, reuniões foram feitas para discutir os objetivos e procedimentos que seriam realizados, a fim de tornar este trabalho de importante aplicabilidade e estudo, contribuindo não só para o uma implementação de melhorias, mas também como sendo um incentivador da relevância da aplicação da metodologia *Lean*.

De acordo com o posicionamento determinado, a atenção, então, foi voltada para a troca de bobina que ocorre na fabricação de uma das camadas de tubo flexível da *Baker Hughes, a GE Company*. Esta atividade foi escolhida, pois representa 44% do *lead time* da linha de fabricação estudada, sendo considerada como principal *downtime* (tempo de inatividade) da linha. Desta forma, foi considerado um excelente ponto de partida para inicialização do estudo a fim de se atingir a diminuição deste tempo.

Por conseguinte, o objetivo do projeto foi definido como sendo a redução do tempo de troca da bobina em 25%, esperando-se, conseqüentemente, a redução do *lead time* em até 11%.

Em consonância com o conteúdo da Manufatura Enxuta, o SMED foi eleito como a ferramenta mais apropriada para se aplicar ao problema, uma vez que uma troca rápida de ferramenta é exatamente o foco da questão.

4.2 APLICAÇÃO DO SMED

Em consonância com o conteúdo da Manufatura Enxuta, o SMED foi eleito como a ferramenta mais apropriada para se aplicar ao problema, uma vez que uma troca rápida de ferramenta é exatamente o foco da questão.

4.2.1 Fase Zero do SMED

A fim de se iniciar a aplicação do SMED, a fase preliminar foi organizada da seguinte maneira.

Primeiramente, coletou-se quinhentos e trinta e quatro (534) registros de troca de bobina, no mês de março de 2017, para se extrair o tempo médio da atividade e analisar a variação existente entre os tempos máximos e mínimo e, então, poder avaliar como os funcionários executavam a mesma função.

De acordo com o Gráfico 2, pode-se observar que existe uma grande variação do tempo em relação à média anteriormente obtida. Além do mais, houve ocorrências de atividades que levaram até o dobro do tempo estipulado pela média. Mais um ponto de atenção, é que esta oscilação está presente em todos os turnos e horários, logo, não apresenta nenhum tipo de padrão específico que possa ser extraído.

Outra proposição analisada pelos resultados dos Gráficos 3, 4 e 5 foi que em 64% das vezes, trezentos e quarenta e dois (342) trocas, a atividade foi realizada entre a média calculada e o tempo proposto pela empresa. Entretanto, devido à inexistência de um padrão a ser seguido, ainda assim tem-se uma alta variação.

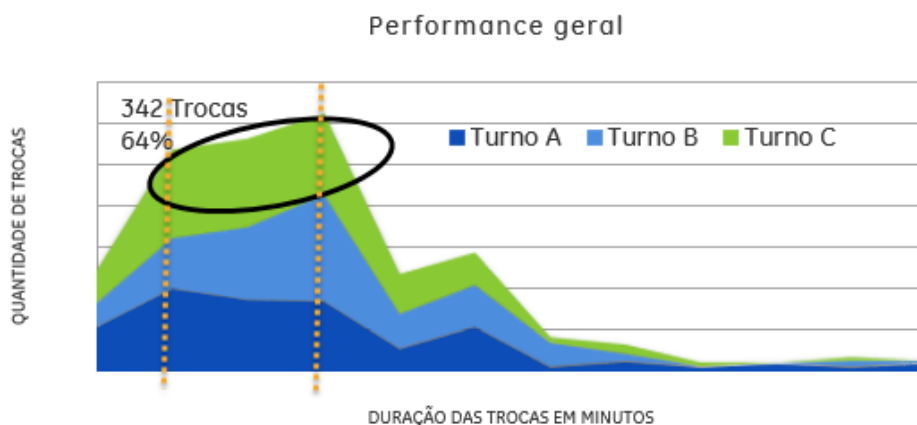


Gráfico 2 Quantidade de trocas realizadas x Duração das trocas em minutos. Fonte: Pelos próprios autores (2017).



Gráfico 3 Quantidade de trocas realizadas x Duração das trocas em minutos do Turno A. Fonte: Pelos próprios autores (2017).



Gráfico 4 Quantidade de trocas realizadas x Duração das trocas em minutos do Turno B. Fonte: Pelos próprios autores (2017).



Gráfico 5 Quantidade de trocas realizadas x Duração das trocas em minutos do Turno C. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

A fim de entender o porquê da ocorrência dos valores de tempos discrepantes, realizou-se uma análise da filmagem efetuada, para melhor entendimento de cada atividade e

como elas são executadas. Para tal, utilizou-se a Folha de Estudos de Tempos. Este documento foi preparado após a análise dos quatorze (14) vídeos, discriminando cada atividade com o maior grau de detalhamento possível e o tempo que foi desprendido em cada uma delas.

A Folha de Estudos de Tempos exemplificada na Figura 6, foi dividida em vinte e um (21) elementos, designando para cada operador a descrição da respectiva atividade e o tempo levado em cada uma delas, durante os quatorze (14) vídeos.

Elemento	Operador	Descrição	Observações de Tempos [Seg]														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	OP1	Atividade 1	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
2	OP2	Atividade 2	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
3	OP3	Atividade 3	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
4	OP2	Atividade 4	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
5	OP1	Atividade 5	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
6	OP2	Atividade 6	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
7	OP3	Atividade 7	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
8	OP1	Atividade 8	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
9	OP1	Atividade 9	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
10	OP2	Atividade 10	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
11	OP1	Atividade 11	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
12	OP2	Atividade 12	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
13	OP3	Atividade 13	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
14	OP1	Atividade 14	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
15	OP2	Atividade 15	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
16	OP1	Atividade 16	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
17	OP2	Atividade 17	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
18	OP3	Atividade 18	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
19	OP1	Atividade 19	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
20	OP2	Atividade 20	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
21	OP3	Atividade 21	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##

Figura 6 Time Observation Sheet. Fonte: Zidel (2006).

Outra atividade realizada a partir da análise dos vídeos foi a elaboração de um relatório contendo informações relevantes sobre o que era feito para tornar determinada ação mais rápida e também o que prejudicava no desempenho de outras, registrando as ferramentas e insumos que levaram a tal diferença de tempo, direcionado de acordo com a Figura 6, Folha de Estudos de Tempos.

O próximo passo foi retirar da Folha de Estudos de Tempos, dois indicadores para a elaboração de gráficos de balanceamento dividido por operador (Gráfico 6), o Yamazumi, mostrando o tempo mínimo que cada operador consegue realizar a atividade e a respectiva variação:

1. O máximo tempo levado por cada elemento;
2. O tempo mínimo que mais se repetiu.

O gráfico Yamazumi é estratificado e relaciona cada atividade com seu respectivo tempo. Cada tom de cor representa uma atividade, e sua altura, seu tempo. As últimas barras tracejadas representam a soma das maiores variações atingidas no processo.

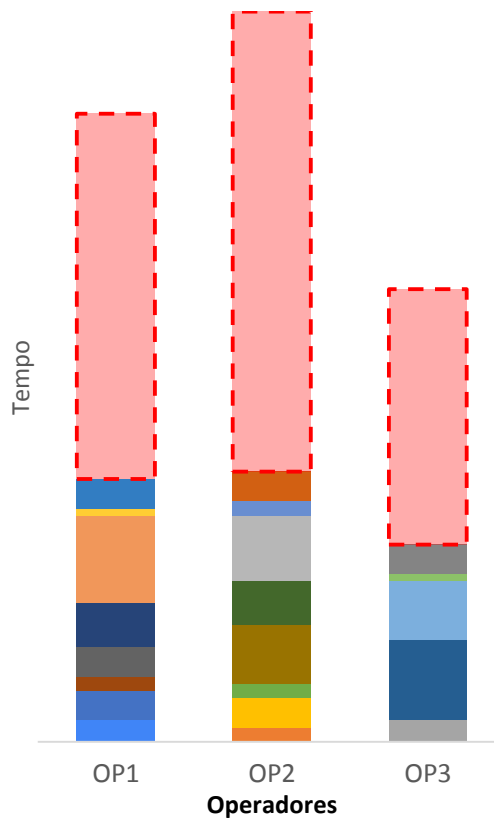


Gráfico 6 Yamazumi - Tempo mínimo das atividades por operador e sua variação. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

Outro gráfico retirado da Folha de Estudos de tempo foi o gráfico de balanceamento por operação (Gráfico 7), outro gráfico Yamazumi, destacando o tempo mínimo levado por cada elemento, e sua respectiva variação, independente do operador, também tracejada na parte superior das barras.

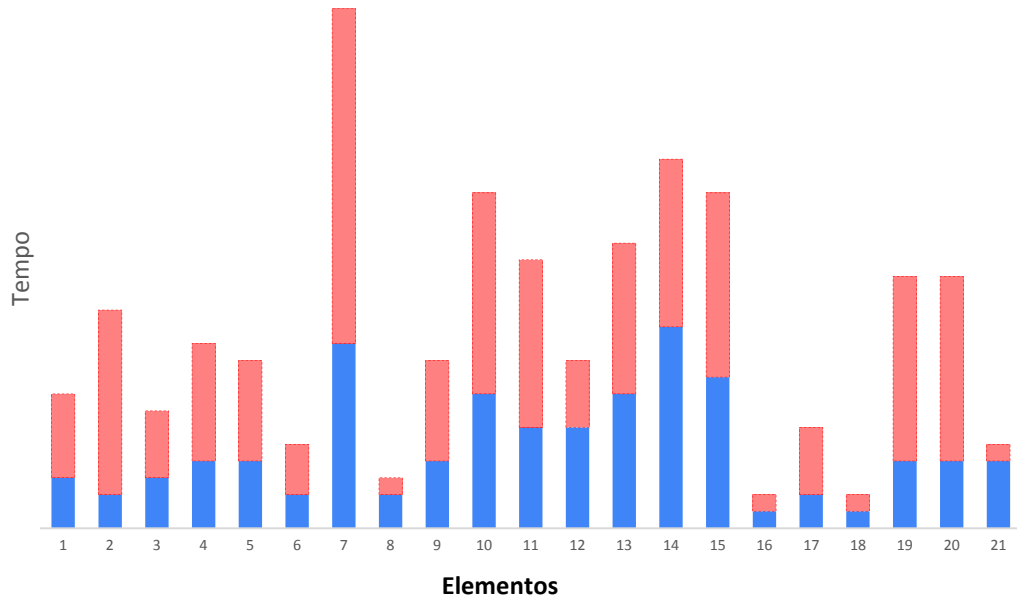


Gráfico 7 Gráfico de balanceamento por operação :Tempo mínimo de cada elemento e sua variação. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

Outro detalhamento gerado a partir da Folha de Estudos de Tempos foi um gráfico de Gantt. Este tipo de gráfico é ideal para a visualização da duração e ordenação de tarefas. As barras horizontais indicam quando uma tarefa é iniciada e terminada, sendo fácil a compreensão do tempo levado na mesma. Desta maneira, todo procedimento pode ser facilmente entendido, e seu fluxo mapeado, conforme mostra o Gráfico 8.

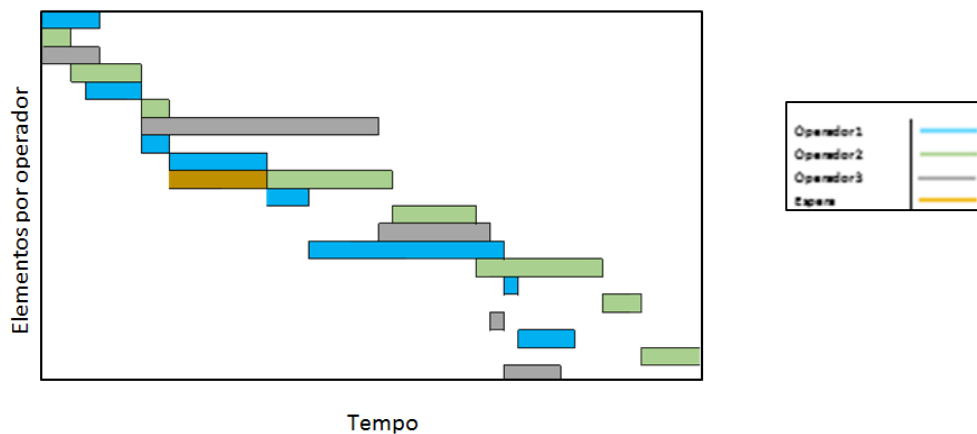


Gráfico 8 Gráfico de Gantt: Ordem e duração das atividades. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

Seguindo ainda com os resultados obtidos, foi possível traçar um diagrama espaguete, Figura 7, a fim de mapear se há algum tipo de desperdício durante a movimentação dos operadores que estão sendo avaliados. Este diagrama é direcionado para a modelação de processos e é muito utilizado em projetos *Lean*.

Esta ferramenta também é capaz de auxiliar no estabelecimento de um layout industrial ou administrativo. Em sua maioria, é utilizada quando se necessita avaliar a movimentação de objetos com o auxílio de linhas (Senderská, Mares & Václav, 2017).

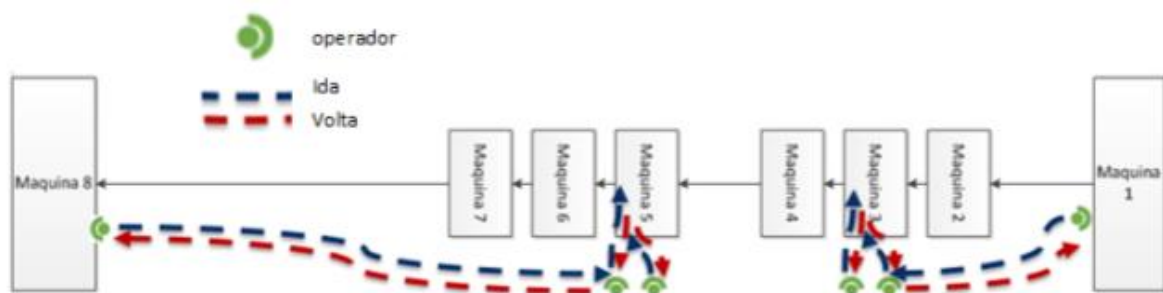


Figura 7 Diagrama Espaguete. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

4.2.2 Primeira Fase do SMED

A primeira fase do SMED foi caracterizada na sessão 2.8 como sendo a etapa de classificação das atividades em dois grupos: *setup* interno e *setup* externo.

Através da gravação das atividades, foi possível perceber que não havia nenhum tipo de

padrão durante a execução do procedimento por parte dos operadores. Sobretudo no que diz respeito à sequência e à metodologia utilizada ao se realizar cada atividade. Entretanto, foram identificadas duas atividades do *setup* interno que poderiam ser realizadas como *setup* externo, ou seja, com a máquina em funcionamento. A classificação dos vinte e um (21) elementos dividiu-se da seguinte maneira:

- *Set Up* Interno. Elementos: 1 a 6; 8 a 12; 14 a 21.
- *Set Up* Externo. Elementos: 7 e 13.

4.2.3 Segunda Fase do SMED

Seguindo com a implantação do SMED, a segunda fase determina a máxima conversão de *setup* interno em externo. Dessa maneira, agiliza-se o processo em questão. Como foram identificadas duas atividades que se enquadram nesta situação, utilizou-se outra ferramenta *Lean*, o *Kaizen*, mais conhecido como melhoria contínua, para auxiliar na conversão das atividades 14 e 15.

A melhoria realizada nas duas atividades foi baseada no mecanismo de uma parede secreta, ou seja, uma superfície vertical giratória que possibilita a inversão da posição do material. Antes a atividade era realizada do lado de dentro do *cage* (em português gaiola: local onde fica o maquinário e, por questões de segurança, é protegido por grades) com a máquina parada. A partir da aplicação do *Kaizen*, a atividade passou a ser feita do lado de fora do *cage*, enquanto a máquina está em operação (*setup* externo).

4.2.4 Terceira Fase do SMED e Implementação de Outras Ferramentas *Lean*

Na terceira e última etapa do SMED, em que se prioriza a sintetização das atividades essenciais de ambos *setups*, o foco foi, então, reduzir a variação de todos elementos possíveis, balancear as atividades entre os operadores, melhorar a estação de trabalho com 5S, realizar *Kaizens* e um sistema *Poka Poke* para reduzir o tempo de cada elemento. Iniciado com a ferramenta base do *Lean*, o 5S, aplicou-se todos os cinco conceitos.

- Descarte: todas as ferramentas e quantidades foram analisadas de forma a filtrar o que era realmente necessário para a execução da operação. Verificou-se a necessidade de uma ferramenta de corte adicional e de uma máquina pneumática, padronizando a quantidade de máquinas realmente necessárias.

- Arrumação: ordenação do local de trabalho da melhor forma possível, com cada ferramenta em sua posição ideal de acordo com sua funcionalidade.
- Limpeza: o ambiente de trabalho foi limpo para auxiliar a gestão visual e espacial.
- Padronizar: houve a distribuição de fotos do suporte de ferramentas com a quantidade exata e local que as mesmas devem ficar e fotos do fluxograma com o sequenciamento da atividade pela estação de trabalho.
- Disciplina: conscientização junto aos operadores dos benefícios da técnica 5S tanto para o dia a dia do trabalho de cada um, quanto para a saúde organizacional da empresa, através de pequenas reuniões no ambiente da máquina (*Toolbox Talks*) para os funcionários de todos os três turnos.

Neste momento, também se utilizou o *Kaizen*. Uma vez definidos os vinte e um elementos, foi possível perceber que quatro, se realizados de uma maneira diferente, já gerariam melhorias nos resultados, agilizando assim o procedimento. Dessa forma, foi possível mostrar que simples mudanças contribuem diretamente no desempenho e eficiência das atividades, e, principalmente, quando são desempenhadas com baixo investimento para a empresa.

Continuando com as implementações, surgiu também a oportunidade da elaboração de um sistema *PokaYoke* para eliminação de erros por parte dos operadores durante a operação. A aplicação consistiu em modificar um sistema rosqueado para um novo dispositivo a base de molas e linguetas, similar a uma fechadura de portas. O projeto foi desenvolvido e aplicado com êxito. Devido ao seu sucesso, já foi pensada e proposta a possibilidade de ampliação do método para ser replicado em todos os outros segmentos da fábrica onde há a atividade de troca de bobina.

Finalmente, após todas as modificações tanto espaciais, quanto comportamentais, foi possível padronizar as atividades da melhor forma possível, a fim de atingir os objetivos traçados na redução do tempo da troca de bobina.

A partir da instalação de todas as melhorias, foi gerado um fluxograma, Figura 8, do trabalho padrão com o passo a passo de cada atividade. Paralelamente, o treinamento dos operadores também foi feito para que desenvolvam cada etapa da maneira correta, de acordo com o fluxograma, garantindo assim a eficiência do processo e da metodologia enxuta.

FLUXOGRAMA - TROCA DE BOBINA

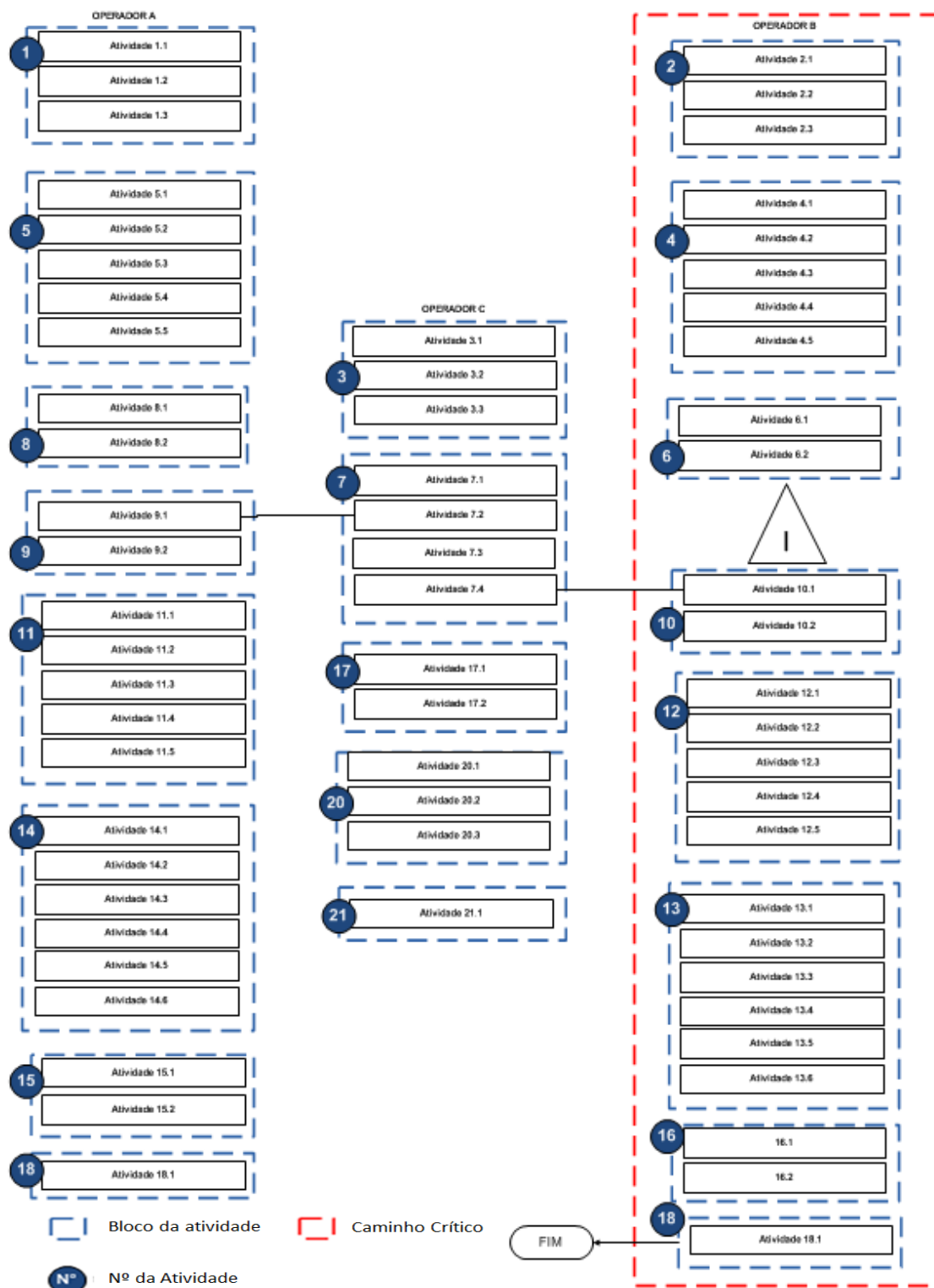


Figura 8 Fluxograma das atividades que envolvem a troca de bobina. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

4.3 RESULTADOS

Como mencionado na seção 1.4, pelas regras de *compliance*, os números quantitativos não podem ser divulgados. Desta maneira, os resultados serão expostos em porcentagem para a melhor compreensão dos resultados obtidos.

Primeiramente, analisou-se o ganho obtido após a terceira fase do SMED antes da realização do sistema *PokaYoke*, e conseguiu-se chegar a uma redução de 25% no tempo de realização da operação de troca de bobina. Posteriormente, após a aplicação do sistema *PokaYoke*, estima-se atingir a marca dos 33% na diminuição do tempo total inicialmente registrado.

Os Gráficos 9, 10 e 11 a seguir, mostram com mais clareza os ganhos obtidos. O primeiro refere-se aos tempos registrados no início do projeto, sem nenhuma melhoria.

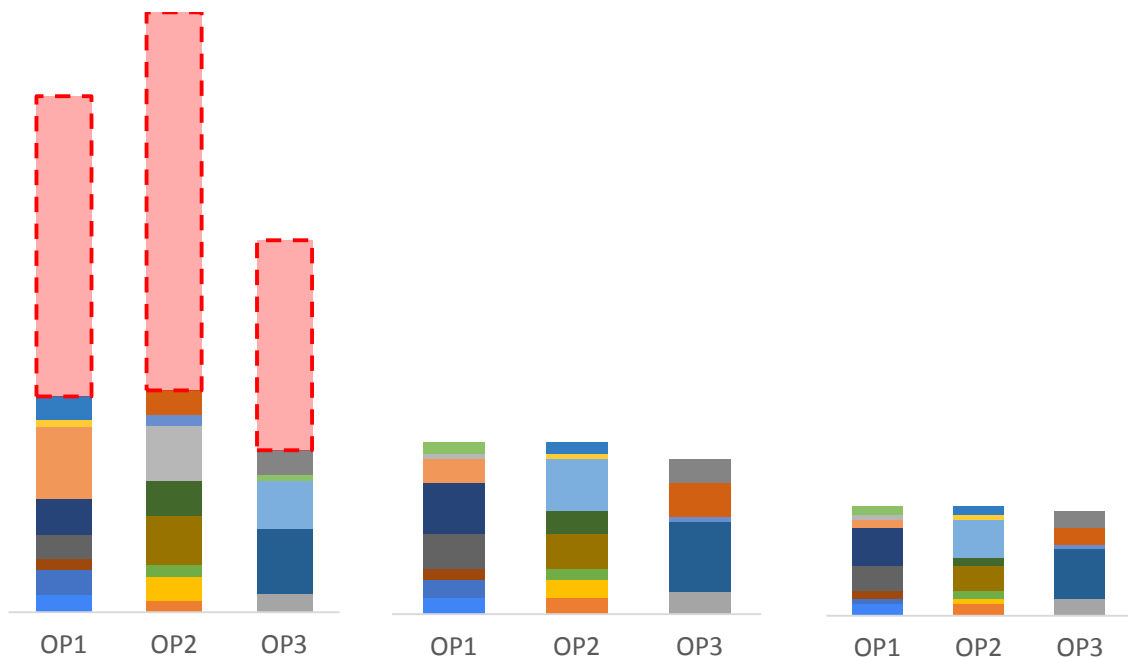


Gráfico 9 Gráfico Yamazumi inicial: tempos das operações sem nenhuma melhoria iniciada. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

Gráfico 6 Gráfico Yamazumi após SMED. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

Gráfico 11 Gráfico Yamazumi após PokaYoke. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

A última análise realizada foi um gráfico de Gantt, Gráfico 12, comparativo entre as situações anteriormente citadas. O *As is* corresponde ao momento inicial, o primeiro *To be*, à aplicação das etapas das do SMED, e o segundo, à aplicação do sistema *PokaYoke*.

Esta ferramenta possibilita a rápida compreensão da redução do tempo da atividade através da eficiência da metodologia *Lean*.

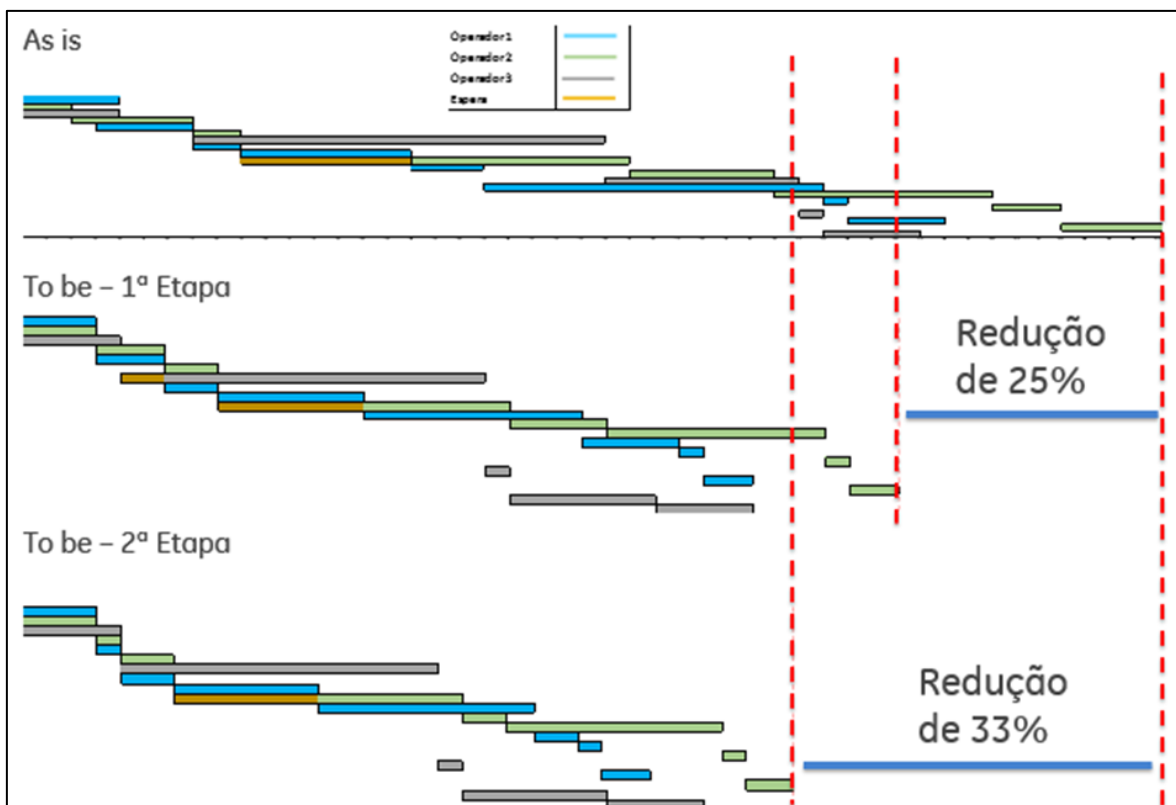


Gráfico 12 Gráfico de Gantt comparativo. Fonte: Pelos próprios autores (2017).

5. CONCLUSÃO E FUTURAS PESQUISAS

Desde o seu surgimento, a manufatura enxuta se mostrou eficiente, primeiramente nas indústrias automotivas e depois quando se expandiu para outras áreas do mercado. Em tempos de crise, as empresas buscam economizar ao máximo, enxugar cada vez mais seus gastos e eliminar desperdícios. Desta forma, a manufatura enxuta se encaixa como uma grande aliada das empresas para sua reorganização.

Com a crise do petróleo iniciada em 2014, nasceu a necessidade da reforma das empresas a fim de se manterem no mercado. Sob esta perspectiva, viu-se a possibilidade de utilização de ferramentas *Lean* em um segmento da *Baker Hughes, a GE Company*.

Após definidos os objetivos deste trabalho, juntamente com a alta gerência, traçou-se um roteiro de estudo e de implementação.

O objetivo geral deste trabalho foi apresentado como sendo a utilização da metodologia *Lean Manufacturing* na atividade da troca de bobina, com a finalidade de redução de seu tempo em 25%. E os objetivos específicos como a identificação das melhores ferramentas *Lean* a serem utilizadas; o detalhamento das atividades envolvidas na troca de bobina, e as melhorias a serem propostas e, por fim, a análise dos resultados a partir das melhorias implementadas.

Felizmente, os resultados obtidos não poderiam ser mais satisfatórios: Com melhor balanceamento de operação, o tempo da troca de bobina atingiu a meta estipulada de 25% de redução, com oportunidades futuras de atingir 33%. Indubitavelmente, as ferramentas *Lean* escolhidas (SMED, 5S, Trabalho Padronizado, *Kaizen*, *PokaYoke*) foram bem executadas, de acordo com o estudo feito com a literatura selecionada, e se mostraram adequadas para a proposta do trabalho.

Além disso, a gravação da operação e o detalhamento das atividades, separadas em sua menor parte (elemento), foram de extrema importância para o entendimento do processo e a posterior proposição e execução das melhorias. E então, a partir dos gráficos foi possível

expor as diferenças alcançadas após as implementações, e demonstrar a eficiência da metodologia enxuta.

No planejamento deste trabalho, o objetivo de se reduzir em 25% do tempo da troca de bobina levaria a um ganho total de 11% no ciclo de produção. Com a redução atingindo 33%, o ganho total no ciclo de produção passa a ser 14,5%. Logo, esta diminuição do *downtime* impacta diretamente no *lead time* e, conseqüentemente, nos lucros da empresa.

O foco foi realizar um projeto com baixo investimento. Entretanto, podem-se ter mais ganhos utilizando um orçamento maior, aumentando o número de operadores e equipamentos e investindo em segurança para eliminar riscos de acidentes.

Por conseguinte, como próximos estudos, sugere-se a abrangência deste projeto para as outras linhas de fabricação da fábrica. E desta forma, contribuir com melhorias e funcionalidades, aumentando assim a produtividade dos envolvidos e da própria empresa.

Então, pode-se dizer que o projeto de implementação de ferramentas *Lean* à atividade de troca de bobina pôde ser desenvolvido devido a alguns fatores: a viabilidade da execução de um projeto de graduação em uma empresa do setor de óleo e gás juntamente com o apoio e suporte da gerência; o estudo aprofundado sobre a literatura existente que proporcionou as bases teóricas para auxiliarem o projeto; a seleção das ferramentas a serem utilizadas que levaram às escolhas das melhorias aplicadas; além do comprometimento dos autores e de seus orientadores.

Por fim, além do treinamento dos operadores, elaborou-se uma reunião com os supervisores da linha para que as melhorias se sustentassem no novo padrão dos procedimentos. É importante ressaltar, que as melhorias só se mantêm com a sua correta execução e seguindo os padrões definidos, por isso, foram elaborados passo a passos e estrategicamente posicionados pelo local de trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Darlan; TREVIZAN, Karina. Por que o preço do petróleo caiu tanto? Veja perguntas e respostas: Petróleo caiu pelo quarto dia, renovando a mínima em 12 anos. Queda não se reflete no preço da gasolina no Brasil. **O Globo**, São Paulo, 7 jan. 2016. Disponível em: < <http://g1.globo.com/economia/mercados/noticia/2016/01/por-que-o-preco-do-petroleo-caiu-tanto-veja-perguntas-e-respostas.html> > Acesso em: 22 de ago. 2016.

BERKENBROCK, Tacila; RENÓ, Gece Wallace Santos; MARTINS, Adelmo Anselmo; SEVEGNANI, Gustavo; FISCHER, Diogo Augusto. Estudo do trabalho padrão em linhas de montagem de refrigeradores. Salvador, Outubro, 2009.

BURGEL, Evandro. *Lean Manufacturing Springer*. Negócios, Tecnologia, CAEMP – XIII Semana Acadêmica das Engenharias Mecânica e de Produção. Rio Grande do Sul, Novembro, 2009.

COLLATO, Dalila Cisco; DE SOUZA, Marcos Antonio; DO NASCIMENTO, Anete Pacheco. Interações, convergências e inter-relações entre contabilidade enxuta e gestão estratégica de custos: um estudo no contexto da produção enxuta. *Gest. Prod.* vol. 23. no.4, São Carlos, Dezembro, 2016.

CONSUL, Josiel Teixeira. Aplicação de *PokaYoke* em processos de caldeiraria. *Prod.* vol.25 no.3 São Paulo, Julho/Setembro, 2015.

FILHO, Edson Terra Azevedo; PERESTRELO, Margarida; MOLINA-PALMA, Manuel António. As descobertas do pré-sal e os desafios competitivos da indústria brasileira do setor de petróleo e gás: uma abordagem prospectiva. *Cidades*, no. 31. Lisboa, Dezembro 2015.

FREITAG, A. E. B., QUELHAS, O. L. G. & ANHOLON, R. *Lean Six Sigma* no setor de Óleo & Gás e correlações com o Modelo Toyota de Liker: uma revisão da literatura. Capítulo

do livro “*Lean Six Sigma na Indústria de Óleo e Gás*”, by CALADO, R. *Global South Press Inc TM.*, 1st ed., 2017.

GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: Mais do Que Simplesmente Just-in-Time. *Produção*, vol. 5, no. 2. São Paulo, Julho/Dezembro 1995.

HOLWEG, Matthias. *The genealogy of lean production. Journal of Operations Management*, vol 25, issue 2, Cambridge, Reino Unido, Março, 2007.

LUCCHESI, Celso Fernando. Petróleo. *Estudos Avançados*, vol. 12, no. 33. São Paulo, Maio/Agosto 1998.

MOREIRA, António Carrizo; PAIS, Gil Campos Silva. *Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. Journal of Technology Management & Innovation*, vol.6 no.1, Santiago, 2011.

NALUUSAMY, S.; SARAVANAN, V. *Lean Tools Execution in a Small Scale Manufacturing Industry for Productivity Improvement - A case Study. Indian Journal of Science and Technology*, vol.9, Setembro, 2016.

PEREIRA, Fernando Ferreira. Análise da implantação e um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças. Taubaté, 2004.

PITA, Antônio; NUNES, Fernanda; MAGNABOSCO, André. Petróleo em queda agrava crise da Petrobrás: Em meio à turbulência desencadeada pela Lava Jato, estatal sente com mais força impacto do petróleo mais barato. **O Estado de S.Paulo**, São Paulo, 14 fev. 2016. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,petroleo-em-queda-agrava-crise-da-petrobras,10000016358>> Acesso em: 22 de ago. 2016.

ROOS, Breno Carvalho; DE LOURENÇO, André Luis Cabral. Dos “voos de galinha” ao crescimento sustentado? Projetando o crescimento potencial brasileiro para o período 2013-2020, com ênfase no efeito do setor petróleo. *Nova Economia*, vol. 26, no. 3. Belo Horizonte, Setembro/Dezembro 2016.

SENDERSKÁ, Katarína, MAREŠ, Albert, VÁCLAV, Štefan. *Spaghetti Diagram Application for Workers’ Movement Analysis. U.P.B. Sci. Bull., Series D*, vol. 79, iss. 1, 2017.

SHINGO, Shigeo. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Productivity Press*, Cambridge, 1985.

TAMIZAHARASI, G.; KATHIRESAN, S. *Lean Manufacturing in Carriage Building Press Shop. Journal of Applied Sciences*, 2014.

TODORUT, A. V.; PALIU-POPA, L.; TSELENTIS, V. S.; CIRNU, D. *A Sustainable cost reduction by lean management in metallurgical processes*, 2016.

VIGANO, Gabriela. *Treinamento de 5S na BGHE*. Niterói, 2017.

VIVÍAN, André Luiz; ORTIZ, Felipe Alfonso Huertas; PALIARI, José Carlos. Modelo para o desenvolvimento de projetos *kaizen* para a indústria da construção civil. *Gest. Prod.* vol. 23 no 2, São Carlos, Abril/Junho 2016.

ZIDEL, Thomas G. *A Lean Guide to Transforming Healthcare*. ASQ Quality Press, EUA/2006.