

## APLICAÇÃO DA EAP INTEGRADA AO LEAN MANUFACTURING NO SETOR DE CALDEIRARIA INDUSTRIAL

LEONARDO FINOTI MOREIRA<sup>1</sup>, MARIA DE LOURDES MARTINS MAGALHÃES<sup>2</sup> e MARCO ANTONIO GRECCO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia Mecânica, COPPE UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, leonardo.finoti@yahoo.com;

<sup>2</sup>Dra. na Área Ambiental em Eletrodialise, UNIVATES, RS, Professora e Pesquisadora Produtividade do Curso de Engenharia, UNESA, Rio de Janeiro-RJ, malumartins.live@gmail.com;

<sup>3</sup>Engenheiro e Professor do Curso de Engenharia Mecânica, UNESA, Rio de Janeiro-RJ, marco.grecog@gmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
4 a 6 de outubro de 2022

**RESUMO:** A busca pelo desenvolvimento faz com que o setor industrial aponte um grande interesse em novos projetos destinados à linha de produção e serviços. Ao longo dos anos, a indústria mecânica apresenta uma grande importância para o desenvolvimento da economia. A caldeiraria é uma área dentro da indústria mecânica onde peças de ferro e aço são moldadas de acordo com projetos, compondo a fabricação de estruturas metálicas. Deste modo, torna-se necessária a procura por práticas inovadoras na engenharia e ferramentas que, quando corretamente aplicadas, proporcionem melhorias nos projetos. O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos nas atividades de um projeto para atender aos seus requisitos. O Project Management Body of Knowledge (PMBOK) é um guia das melhores práticas do gerenciamento de projetos elaborado pelo Project Management Institute (PMI). A abordagem dos procedimentos de gerenciamento elencados no PMBOK ocorre de modo que sua aplicabilidade ocorra durante o ciclo de vida do projeto, onde os processos de gerenciamento de projeto, além de interagir entre si, interagem também com diversas áreas do conhecimento e de forma integrada ao Lean Manufacturing. Desta forma, o objetivo do presente trabalho é aplicar uma metodologia de gerenciamento de projetos de forma intimamente integrada ao Lean Manufacturing em uma empresa parceira do setor de caldeiraria industrial, situada no Município de Santo André-SP, de acordo com o PMBOK, a fim de incrementar os resultados em termos de produtividade e lucratividade. Com a introdução de novas tecnologias, obteve-se melhores resultados, proporcionando maiores ganhos e minimizando impactos desfavoráveis ao projeto, elevando a empresa a um nível de maior maturidade e sucesso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Caldeiraria Industrial, EAP, Gerenciamento de Projetos, Lean Manufacturing, PMBOK.

### APPLICATION OF WBS INTEGRATED TO LEAN MANUFACTURING IN THE INDUSTRIAL BOILING SECTOR

**ABSTRACT:** The search for development causes the industrial sector to show great interest in new projects for the production line and services. Over the years, the mechanical industry has been of great importance for the development of the economy. Boilermaking is an area within the mechanical industry where iron and steel parts are molded according to projects, making up the manufacture of metallic structures. Thus, it is necessary to search for innovative practices in engineering and tools that, when correctly applied, provide improvements in projects. Project management is the application of knowledge to the activities of a project to meet its requirements. The Project Management Body of Knowledge (PMBOK) is a guide to project management best practices developed by the Project Management Institute (PMI). The management procedures listed in the PMBOK are approached so that their applicability occurs during the project life cycle, where the project management processes, in addition to interacting with each other, also interact with different areas of knowledge and in an integrated way with the Lean Manufacturing. In this way, the objective of the present work is to apply

a project management methodology closely integrated to Lean Manufacturing in a partner company in the industrial boiler sector, located in the municipality of Santo André-SP, according to the PMBOK, in order to increase the results in terms of productivity and profitability. It should be noted that, with the introduction of new technologies, better results are obtained, providing greater gains and minimizing unfavorable impacts to the project, raising the company to a level of greater maturity and success.

**KEYWORDS:** Industrial Boilermaker, WBS, Project Management, Lean Manufacturing, PMBOK.

## INTRODUÇÃO

Com a aplicação da EAP (Estrutura Analítica de Projetos) integrada ao Lean Manufacturing no gerenciamento de projetos no setor de caldeiraria industrial é possível alcançar resultados significativos, alavancando o desenvolvimento da empresa e de seus processos, através das soluções presentes nas áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos pelo PMBOK e da análise viabilidade econômica do projeto, dentro de uma perspectiva sustentável.

O setor de caldeiraria industrial, é amplo e divide-se em diferentes segmentos, onde são fabricados diversos materiais e equipamentos tais como: Fabricação de Tubos e Conexões; Skids, Caldeiras e Fornos; Vagões de Carga Ferroviária; Equipamentos aeroespacial e siderúrgicos; Equipamentos destinados a navios. A fabricação desses equipamentos, exige além de grandes conhecimentos de engenharia, bem como, em gerenciamento de projetos com alta complexidade, exigindo uma série de atenções importantes relacionadas ao projeto, fabricação, montagem e testes. Ainda observa-se o alto custo de investimento para a fabricação e projetos, conseqüentemente, seu papel importante na continuidade operacional do processo. A fabricação costuma-se ser de longo prazo, fazendo-se necessário, um planejamento minucioso de todo o projeto e ao longo do projeto, tendo sempre em mente o escopo, cronograma, riscos, custos, dentre outras importâncias dentro de cada projeto e processos de fabricação.

A fabricação dos vasos de pressão que são uma das especialidades da empresa parceira, são fabricados de acordo com mais das diversas normas, dentre elas: ASME, NR13, ANSI, API, dentre outras. Adicionalmente, tais equipamentos são complexos, pois possuem grandes tensões internas e externas, principalmente nas juntas soldadas, onde ocorrem grandes concentrações de tensões.

O gerenciamento de projetos abarca processos que atendem ao ciclo de vida do projeto e ainda valorizam seu resultado final, uma vez atendidos os seus objetivos em termos de escopo, tempo, custos, riscos, entre outros. Deste modo, torna-se necessária a procura por práticas inovadoras de gerenciamento de projetos e ferramentas como Lean Manufacturing que, quando corretamente aplicadas, proporcionem melhorias nos projetos. Assim, o projeto justifica-se pela inserção de um gerenciamento que atenda a essa demanda em uma empresa do setor de caldeiraria industrial, promovendo um gerenciamento que minimize as ameaças e maximize as oportunidades em uma perspectiva de sucesso para a empresa e para as partes interessadas ao projeto.

Os vasos de pressão, são compostos basicamente do casco do vaso e dos tampos de fechamento. Os cascos dos vasos, com raras exceções, têm o casco com uma das três formas básicas: cilíndricas, cônicas e esféricas, ou combinações dessas formas. Quanto à posição de instalação, os vasos de pressão podem ser verticais, horizontais ou inclinados.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Gerenciamento na Empresa

O presente trabalho inicia-se pela afirmativa de conhecimento e aplicação por todos os envolvidos no gerenciamento do projeto. A necessidade de construção e apresentação dos recursos necessários, objetivos definidos, motivação da equipe são essenciais, já que o maior ativo de uma empresa são seus colaboradores, que na realidade são seus maiores parceiros de negócios. Dessa forma, foi realizada uma visita à empresa para conhecimento e coleta de dados. Com o intuito de demonstrar o direcionamento do presente trabalho.

Ao analisar os dados gerados após a visita a empresa, foram percebidas oportunidades de melhorias para implementação ao longo do tempo, e de acordo com as condições possíveis em relação a permissibilidade devido à crise sanitária oriunda do covid-19 e os custos para tais implementações.

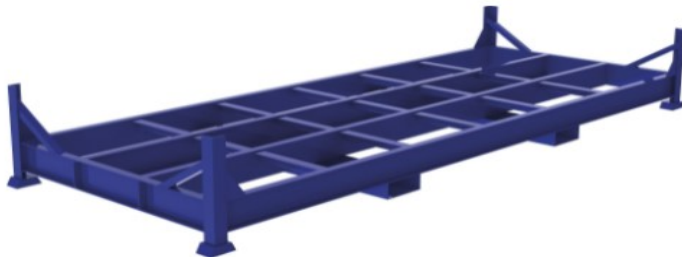
Após reuniões com a diretoria da empresa, e uma incursão às dependências da fábrica, foi possível identificar algumas oportunidades adicionais de melhoria, necessitando assim, realizar uma

priorização daquelas seriam mais adequadas serem implementadas devido ao momento de pandemia gerada pela covid-19, e que viesse a ter um retorno econômico significativo, gerando assim, expressivos resultados positivos para a empresa. De forma, a maximizar as oportunidades de se destacar em um mercado tão competitivo, e paralelamente obter um processo de baixo custo de investimento, sendo ele financeiro e/ou de profissionais dedicados a ele durante a sua implementação.

Desta forma, devido a ações assertivas e eficientes na aplicação da EAP no gerenciamento de projetos, como as boas práticas de fabricação, ferramentas adequadas ao processo, habilidades, técnicas bem aplicadas, sendo bem compreendida pela a equipe de trabalho devido a estrutura de conhecimentos elaborada, foi possível multiplicar o conhecimento adquirido e desenvolvido durante a realização deste trabalho de tal forma, que os colaboradores, são capazes de treinar futuros colegas de trabalho, transformando assim, uma cultura e forma de se fazer e desenvolver novas atividades de trabalho, mantendo os processos em melhoria contínua.

Ao integrar a EAP juntamente com as metodologias do Lean Manufacturing que consiste em criar otimizações nos processos e a possibilidade de analisar com maior clareza as oportunidades de melhoria, observou-se que dentro das instalações da empresa, existiam materiais que poderiam ser melhor aproveitados, onde foram aplicadas boas práticas de fabricação, construindo-se um porta-chapas com materiais que não seriam utilizados em outros projetos conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1. Armazenamento de chapas metálicas



Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, ao buscar um aumento na produtividade aplicando a EAP em conjunto com o Lean Manufacturing, é possível ampliar as possibilidades na qualidade, otimizar tempo e custos, na busca por aperfeiçoamento dos processos dentro da organização no ambiente fabril, o que é fundamental para obter ganhos, sem necessariamente realizar investimentos financeiros na forma direta.

A aplicação adequada das ferramentas da qualidade dentro do processo de fabricação de equipamentos torna-se uma grande aliada para se ter um diferencial, pois além de se ter um ambiente mais organizado, permite-se ter um maior controle e preservação das matérias-primas, além de prevenir acidentes ao movimentar os materiais de um ponto ao outro.

## Escopo

A arte de se gerenciar as mudanças, assegura a viabilidade do projeto e as especificações de projeto aprovadas, protegendo de certa forma o bom andamento do mesmo. A estrutura analítica do projeto (EAP), vem colaborando com diversos projetos ao redor do mundo com sua forma estrutural e analítica, tornando as mudanças, mais simples de serem gerenciadas, aplicadas e entendida por todos os envolvidos no projeto de forma detalhada.

A empresa de projetos de caldeiraria, com visão de futuro, possui a visão que ela não vende apenas produtos, mas sim, engenharia, tecnologia e inovação. Ela está, e estará sempre à disposição de seus clientes para ajudá-los a encontrarem as melhores soluções tecnológicas para seus negócios, mas sempre se reservando no direito, de se ter todas as solicitações dentro de um contrato técnico-comercial firmado entre as partes.

## Cronograma

Uma vez, conhecido o prazo final de entrega do projeto, estabelece-se um cronograma, onde inicia-se o planejamento do gerenciamento do cronograma, incluindo as políticas, desenvolvimento, gerenciamento, os procedimentos e a documentação para o planejamento e a execução, e elencando todas as atividades do projeto. Muitas empresas, utilizam-se de softwares baseados, por exemplo, no

gráfico de Gantt, com o intuito de garantir, que todas as fases do projeto ocorram dentro do prazo estipulado.

Um dos grandes problemas das Industrias de Caldeiraria, é não conhecer a fundo seus processos, principalmente em saber onde exatamente se inicia o processo e suas atividades para controle. O ato de sequenciar as atividades, pode parecer para alguns, algo muito metódico, porém necessário para se conhecer exatamente como é seu processo, e então, poder realizar a melhoria continua de seus processos, verificando na prática como é, e como deveria ser seu processo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A garantia de ter um desenvolvimento ou fabricação de produto enxuto, sem perder a qualidade requerida, tem sido, o diferencial para o momento das grandes concorrências e desafios que o mercado tem imposto a um ritmo muito veloz, onde as empresas mais criativas têm desenvolvido processos inovadores, destacando-se no mercado, e conseguindo gerar equipamentos mais eficientes, em um tempo reduzido, com custos competitivos, se utilizando do conhecimento de seus próprios processos não revistos anteriormente.

A exemplo da estrutura analítica do projeto (EAP) aplicada nos processos e diligenciamento na fabricação dos equipamentos, apresenta-se a (Tabela 1), baseando-se nos Cronogramas de Fabricação do fornecimento dos Equipamentos, obtendo assim, uma visão detalhada dos progressos do Projeto. Desta forma, além de demonstrar junto ao Cliente os avanços do Projeto desde a fase de Engenharia até o Data Book, foi possível estabelecer uma sinergia entre os avanços de fabricação com os eventos financeiros, tornando assim, um projeto autofinanciável, ou seja, ao se estabelecer uma relação das etapas do projeto com os eventos financeiros, garantir ao longo projeto, recursos financeiros e evitar, a necessidade de se ter um grande capital de giro para realizar os investimentos necessários para o bom andamento do projeto, proporcionando ao cliente, uma segurança que o projeto está sendo bem gerenciado, e que será entregue dentro dos prazos previstos no contrato de forma clara e objetiva.

Tabela 1. EAP aplicada no processo de fabricação e processos do projeto

TAG	NOME DO EQUIPAMENTO	FORNECEDOR	Avanço de Fabricação					TESTES	INSPEÇÃO FINAL	EMBARQUE	RECEBIMENTO	DATA BOOK				
			% GERAL DE FORNECIMENTO	% GERAL DE FABRICAÇÃO	% PROJETO	20 % DE FABRICAÇÃO	40 % DE FABRICAÇÃO						60 % DE FABRICAÇÃO	80 % DE FABRICAÇÃO	100 % DE FABRICAÇÃO	
V-25126-02	Vaso de Topo da Retificadora de NH3	XXX YYY ZZZ	88%	43%	49%	90%	100%	100%	43%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
V-25126-01	Vaso de Água Ácida	XXX YYY ZZZ	84%	42%	47%	92%	100%	100%	24%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
V-32313-04	Vaso de Carga da Retificadora de Diesel	XXX YYY ZZZ	87%	42%	47%	99%	100%	100%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
V-32313-05	Vaso de Topo da Retificadora de Diesel	XXX YYY ZZZ	78%	32%	31%	89%	89%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
V-32313-07	Vaso de Sução do Compressor do Gás de Reciclo	XXX YYY ZZZ	75%	32%	32%	90%	85%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
V-32313-03	Vaso Separador de Baixa	XXX YYY ZZZ	76%	32%	31%	89%	90%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
V-32323-04	Vaso de Topo da Regeneradora	XXX YYY ZZZ	78%	32%	32%	85%	90%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
V-32323-03	Vaso Separador de Hidrocarbonetos	XXX YYY ZZZ	81%	32%	31%	88%	92%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelos autores

Da forma como a EAP foi aplicada ao gerenciamento de projetos, tornar o gerenciamento de riscos, mais fácil de ser estudado e aplicado exatamente para prever os riscos e monitorá-los, de tal forma, que o projeto não venha ser surpreendido com nada inesperado, não planejado, e não previsto. Pois, quando o risco não previsto ocorre, se tem uma probabilidade de não se estar preparado para os efeitos que ele pode trazer para o projeto, seja ele, financeiro, humano, no prazo de entrega ou até mesmo vir a inviabilizar o projeto, caso cause grandes impactos ambientais não previstos. Por isso, o gerenciamento de risco é realizado através de processos de condução do planejamento, da identificação, da análise, do planejamento das respostas, da implementação das respostas e do monitoramento dos riscos, através de análises de premissas e restrições EAP e matriz de decisões, procurando sempre, mitigar quaisquer impactos negativos no projeto.

Cabe salientar que reinventar-se, e buscar por processos inovadores no qual irá garantir uma maior competitividade, satisfação do cliente, baixa necessidade de crédito financeiro junto as instituições financeiras, demonstra, que a empresa e seus processos, possuem um gerenciamento de projetos ímpar, pois demonstra que seus projetos estão sendo bem gerenciado em todos os aspectos.

## CONCLUSÃO

Diversas vezes, em um projeto de caldeiraria faz-se necessário, uma revisão de prazos junto ao cliente. Caso contrário, seu cronograma de projetos já se inicia apontando um atraso não desejável, um possível risco financeiro, levando-se em conta que os projetos de engenharia na sua grande maioria prever multas por atrasos, e o pior, colocando sua reputação de bom provedor de engenharia em risco.

Para se sequenciar as atividades, precisa-se conhecer quais são as atividades de seu processo, e a partir daí, estimar os períodos de trabalho de cada uma delas, incluindo os recursos necessários, sejam eles humanos, de matéria-prima e horas equipamentos disponíveis. Assim, observa-se o quanto é necessário ter dados extremamente coerentes com a realidade de um projeto de caldeiraria, pois os mesmos serão necessários para as tomadas de decisões durante o momento de se estimar os custos do projeto, e as suas consequências de uma estimativa, não tão bem elaborada para se determinar o orçamento geral do projeto.

Desta forma, conhecer seus processos e colocá-los em prática, será o diferencial na saúde financeira, e no bom andamento do projeto. Cabe ressaltar, que a otimização dos processos e implementação da melhoria contínua ocorre com o melhor uso dos recursos já disponíveis no próprio local. Seja ele da forma de mão de obra, equipamentos e materiais para o desenvolvimento da melhoria desejada. Neste caso específico, foram utilizados os recursos existentes, não se fazendo necessário investimentos financeiros tornando assim, este projeto altamente viável economicamente e sustentável. Além de promover na equipe uma visão mais ampla de como alcançar melhores resultados com as ferramentas relacionadas a qualidade.

Assim, observou-se, que após a análise das metodologias aplicadas, esse estudo demonstrou, a eficácia da aplicação do gerenciamento de projetos integrada ao Lean Manufacturing dentro do setor de caldeiraria industrial, utilizando-se processos que proporcionam a empresa, melhores resultados financeiros, com a redução de custos ao se conhecer e aplicar as melhores práticas de fabricação, minimizando os riscos que todos os projetos de engenharia têm dentro do setor de caldeiraria.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais ao Programa de Pesquisa Produtividade da Universidade Estácio de Sá pelo apoio à fomento e a Empresa Power Systems pelo apoio nos estudos deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ASME. Rules for Construction of Pressure Vessels, ed., vol, Section VIII Division 1, New Yourk: ASME Boiler and Pressure Vessel Committee, 2019.
- KERZNER, H. Gestão de Projetos As Melhores Práticas, 2ª ed. Bookman, 2011.
- KERZNER, Harold. Project Management: A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling. 8ª ed. p. 5, 75 e 76. John Wiley & Sons, 2002.
- PMBOK, GUIDE. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. 2017.
- PMI. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK. 6th. ed. Exposure Draft, Pennsylvania, 2017.
- Project Management Maturity - Maturidade da Empresa -www.maturityresearch.com - Power Systems - 2020 e 2021.
- NR-13. Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento. 2019
- Revista Eletrônica Sistemas & Gestão. Modelo de Maturidade em Gerenciamento de Projeto, v 8, n 3, 2013, pp. 234-243.
- SILVA, P. R. S.; AMARAL, F. G. Modelo para Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais – MAASPI – aplicação em uma fábrica de esquadrias metálicas. Gestão Produção, São Carlos, v. 18, n. 1, p. 41-54, 2011.
- Sistema Glandata, BuddyWin Controller, 1ª ed. p.18, 2010
- SLACK, N. et al. Administração da produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- TELLES, SILVA. Vasos de Pressão, 2ª ed. Rio de Janeiro: TCL, 2007, pp 6-11.