

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
FILIFE RODRIGUES BRAZ

**MELHORIA DE ACESSIBILIDADE E REDUÇÃO DE CUSTO NO PROCESSO DE
MANUTENÇÃO NA MÁQUINA ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE
CILINDRO ÚNICO**

Varginha
2018

FILIPPE RODRIGUES BRAZ

**MELHORIA DE ACESSIBILIDADE E REDUÇÃO DE CUSTO NO PROCESSO DE
MANUTENÇÃO NA MÁQUINA ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE
CILINDRO ÚNICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob orientação do prof. Esp. Sidnei Pereira.

Varginha

2018

FILIFE RODRIGUES BRAZ

**MELHORIA DE ACESSIBILIDADE E REDUÇÃO DE CUSTO NO PROCESSO DE
MANUTENÇÃO NA MÁQUINA ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE
CILINDRO ÚNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro
Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG,
como pré-requisito para obtenção do grau de
bacharel pela Banca Examinadora composta
pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Ms.

Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por ter me guiado durante todo esse período, à minha família, e amigos pelo incentivo e paciência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram a elaborar este trabalho, principalmente à minha família, amigos e aos professores pelo conhecimento transmitido que foi aplicado no cotidiano.

“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

RESUMO

Uma das diretrizes e missões do engenheiro é propor métodos e soluções para os problemas técnicos para a melhoria contínua de um maquinário ou processo. Assim, baseia-se em diversos critérios que envolvem o planejamento de materiais, tecnologia, segurança, custos, entre outros. Os resultados devem atender aos objetivos predefinidos. O objetivo predefinido deste estudo é demonstrar impactos positivos implementando melhor acessibilidade, resolução de problemas de manutenção e redução de custos. Esta finalidade será alcançada através da implementação de um novo modelo de capô se utilizar um material mais leve e eficiente e a assertividade do uso de um sistema de elevação por mola a gás que facilite a abertura do capô e o custo acessível ao cliente final. Os principais instrumentos de análise de dados serão análise de falha e necessidade, pesquisa de mercado, modelo matemático tridimensional, cálculos realizados através do estudo tridimensional, dimensionamento do sistema de elevação e redução de custos visando o cliente.

Palavras-chave: Melhoria. Acessibilidade. Análise.

ABSTRACT

One of the engineer's directives and missions is to propose methods and solutions to the technical problems for the continuous improvement of a machinery or process. Thus, it is based on several criteria that involve the planning of materials, technology, safety, costs, among others. The results should meet the predefined goals. The goal of this study is to demonstrate positive impacts by implementing better accessibility, solving maintenance problems and reducing costs. This purpose will be achieved through the implementation of a new hood model using a lighter and more efficient material and the assertiveness of using a gas spring lift system that facilitates the opening of the hood and affordable cost to the end customer. The main instruments of data analysis will be analysis of failure and necessity, market research, three-dimensional mathematical model, calculations made through the three-dimensional study, sizing of the lifting system and cost reduction targeting the customer.

Keywords: *Improvement. Accessibility. Efficient.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Obstrução na Acessibilidade de Manutenção.	15
Figura 02: Máquina BW2012. Fonte: Catálogo Bomag (2018).	16
Figura 03: Máquina Rolo compactador XS123PDBR	18
Figura 04: Aplicação de Fibra de vidro em máquinas.....	20
Figura 05: Detalhamento do novo design do capô	21
Figura 06: Montagem do novo capô no Rolo Compactador	22
Figura 07: Aplicação do processo Spray up	23
Figura 08: Modelo matemático estrutural tridimensional	24
Figura 09: Modelo matemático estrutural bidimensional.....	24
Figura 10: Centro de gravidade da peça	26
Figura 11: Posicionamento do suporte fixo da mola a gás.....	26
Figura 12: Posicionamento do suporte móvel da mola a gás	27
Figura 13: Posicionamento da fechadura, capô aberto.....	27
Figura 14: Posicionamento da fechadura, capô fechado	28
Figura 15: Aplicação da mola a gás dimensionada.	28
Figura 16: Acessibilidade projeto atual, gerando obstrução.....	32
Figura 17: Acessibilidade projeto proposto.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Comparação de Custos total do projeto atual: Custo projeto atual já aplicado no custo do equipamento.	29
Tabela 02 - Comparação de Custos total do projeto novo proposto: Custo projeto será aplicado no custo do equipamento.....	30
Tabela 03 - Comparação de Custos: Custo total do sistema hidráulico de elevação do capô atual	33
Tabela 04 - Comparação de Custos: Custo total do sistema com mola a gás de elevação do capô proposto.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Análise de viabilidade comparativa do projeto	31
Gráfico 02: Análise de viabilidade comparativa do projeto do sistema de elevação.	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REPROJETO.....	13
2.1 Conceito	13
2.2 Tipos de Projeto	13
2.3 Falhas em Projetos	14
2.4 Pesquisa de Mercado para Aplicação do Reprojeto.....	16
2.5 Plano de Trabalho	16
3 A MÁQUINA	17
3.1 Tipos de Rolos compactadores vibratórios de Cilindro único.....	17
4 ENGENHARIA APLICADA AO REPROJETO	19
4.1 Definição dos Materiais.....	19
4.1.1 Fibra de vidro	19
4.2 Detalhamento de Projeto.....	21
4.3 Determinação do Método de Processo Aplicado.....	22
4.4 Detalhamento dos Desenhos Técnicos Estruturais	23
4.5 Dimensionamento do Sistema de Elevação do Capô	25
4.5.1 Dimensionamento dos pontos de fixação da mola a gás	25
5 RESULTADOS	29
5.1 Análise dos Custos	29
5.2 Análise de Melhoria de Acessibilidade	31
6 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Entre os diversos métodos para se melhorar a eficiência das máquinas e equipamentos das indústrias em geral, o reprojeto de máquinas é, em vários casos, a solução escolhida pela empresa na tentativa de melhorar suas condições em vez de continuar executando as manutenções com paradas significativas na efetividade produtiva do equipamento.

Esse trabalho será sobre a resolução de um problema de uma máquina Rolo compactador vibratório de cilindro único de uma indústria fabricante de máquinas pesadas onde foi realizado um estudo de caso baseado em reprojeto e seus tipos, planos de execução e critérios que possibilitam a tomada de decisão para o mesmo. Quando o reprojeto não é total, que é o caso deste, o processo de realização se torna mais dedicado e o estudo e acompanhamento prévio da máquina são de extrema importância para a obtenção de um resultado satisfatório.

A máquina de estudo não possuía uma boa acessibilidade para realização de manutenção, gerando uma série de dificuldades e aumento significativo do custo de manutenção, principalmente para os clientes. Devido ao entrave das obstruções frequentes, o bom funcionamento do processo era impossibilitado acarretando em consequências, tais como:

- Risco de acidente;
- Baixo desempenho;
- Tempo de parada do equipamento;
- Custos com manutenção;
- Baixa confiabilidade da equipe de manutenção.

Para a solução foi necessário à implementação de reprojeto baseado em novos projetos de acessibilidade implementados no mercado de máquinas onde foram associados dois sistemas para que a solução do problema fosse possível. Além da eliminação de falhas e acessibilidade de manutenção, a melhoria teve outros objetivos, tais como:

- Aumento da produção e eficiência da máquina;
- Redução do tempo de parada para manutenção;

- Aumento da segurança da máquina;
- Redução de custo do projeto do capô.

2 REPROJETO

2.1 Conceito

Para Pahl, et al (2005) projetar se trata de um processo de otimização com objetivos pré-determinados segundo uma atividade intelectual, criativa e que necessita de uma base segura de conhecimentos nas áreas de matemática, física, química, mecânica, termodinâmica, mecânica dos fluídos, eletrotécnica, resistência dos materiais, ciência dos materiais, etc.

Segundo Almeida (2005) o prefixo “re” tem sua origem do latim com o significado de repetição ou reforço. Desta forma, a palavra tem o significado de repetição ou reforço do ato de projetar com o objetivo de reforçar as medidas a fim de alcançar objetivos definidos no conceito do trabalho. Assim o reprojeto acaba por ser uma ação que está contida dentro do projeto por se tratar das constantes repetições que o projetista toma antes de concluir seu trabalho.

2.2 Tipos de Projeto

Stemmer (1982) apresenta uma classificação para o projeto que leva em consideração o nível de dificuldade para a execução. São eles:

- **Execução Original**, que é a tarefa mais difícil e complexa, reservada apenas aos engenheiros projetistas mais inteligentes e talentosos. Ex.: Máquina a vapor, locomotiva, automóvel, avião, entre outros;
- **Aperfeiçoamento**, que é a tarefa que procura um preenchimento mais perfeito da função de eliminação de falhas e melhoria da construção, apesar de partir de um

modelo, o resultado final pode diferenciar-se muito dele. Exige bom preparo e profundos conhecimentos;

- **Adaptação**, que se trata da tarefa projetista mais usual, onde são realizadas pequenas modificações numa construção para atender as exigências especiais do comprador;
- **Novas Construções**, que consistem no aproveitamento de uma construção original, porém para outras finalidades, outros materiais ou outros sistemas de fabricação. Ex: O torno comum no qual foram implantadas diversas novas construções: o torno de placa, o torno revolver, o torno copiador, entre outros.

2.3 Falhas em Projetos

As falhas em máquinas podem ter seu índice aumentado como resultado de um projeto mal modelado, falta de manutenção ou especificação inadequada da máquina para o processo. Segundo Stemmer (1982, p. 5), falhas em máquinas são “[...] na maioria das vezes são devido à falta de estudo das exigências e insuficiente formulação do problema construtivo”.

Segundo Nepomuceno(2002, p. 61), “uma falha é qualquer enguiço num sistema ou circuito que permanece até que sejam tomadas providências corretivas”.

No caso específico da máquina deste estudo, os motivos tomados como mais relevantes que levam a improdutividade do sistema de acessibilidade de manutenção e alto custo de projeto são:

- Dimensionamento do sistema de abertura do capô através do sistema hidráulico, pois trazendo ao projeto alto custo, gerando um período maior de montagem fabril e após a venda do equipamento e assim gerando alto custo de manutenção ao cliente;
- Dimensionamento estrutural do sistema do capô através do conjunto tripartido, utilizando duas partes fixas ao chassi e assim gerando um desconforto na acessibilidade de para realização de montagem fabril e manutenção do equipamento;
- Dimensionamento dos cilindros hidráulicos do sistema do capô, gerando interferência na acessibilidade para realização de manutenção nos filtros do equipamento.

- Material aplicado no projeto, foi necessário a aplicação de um material para evitar a oxidação das peças no campo de trabalho e ao mesmo tempo reduz o ruído de vibração do equipamento.



Figura 01: Obstrução na acessibilidade de manutenção.
Fonte: O Autor.

A obstrução do acesso apresentado na figura, pode demonstrar com clareza a dificuldade na acessibilidade de manutenção, possíveis riscos à segurança do trabalhador e ao mesmo tempo a obstrução dos cilindros e demais peças na manutenção de sistemas do equipamento.

2.4 Pesquisa de Mercado para aplicação do Projeto

Objetivos de uma pesquisa de mercado devem ser de preferência específicos, mas, no entender de Kotler (2000), nem sempre podem ser tão específicos. A pesquisa pode ser exploratória, cuja meta é demonstrar a real natureza do problema e sugerir soluções ou novas ideias; pode ser descritiva, que procura determinar certas dimensões e pode ser causal, cujo propósito é testar a relação de causa e efeito. Para Mattar (1997, p. 60):

- A que ocorre para coleta de dados no mercado, para a implementação de melhorias de acordo com as reais necessidades do público alvo;
- A que ocorre para a demonstração do problema e avaliação das medidas a serem tomadas para solucionar as ocorrências.

A pesquisa de mercado foi realizada no ramo de máquinas de construção, com o objetivo de verificar se os problemas que estavam sendo relatados pelos clientes ocorriam nas máquinas concorrentes.

Foram visitadas algumas máquinas concorrentes, após a realização da coleta de dados pode se verificar que as máquinas concorrentes já estavam adequadas com as necessidades do público alvo.



Figura 02: Máquina BW2012. Fonte: Catálogo Bomag(2018).

2.5 Plano de Trabalho

Para a execução de um trabalho de projeto é sempre importante determinar um plano de trabalho e, caso necessário, discriminar essas atividades em um cronograma.

Stemmer (1982) estabelece as seguintes etapas que podem facilitar o desenvolvimento de um projeto ou de um reprojeto:

- Definição exata do trabalho, determinação das condições de serviço e esclarecimento de todos os problemas correlatados;
- Estudo das soluções possíveis que pode ser através de representações esquemáticas e escolha da melhor solução;
- Seleção do material mais apropriado;
- Estudo dos problemas de execução;
- Conformação adequada;
- Determinação do custo.

3 A MÁQUINA

Diversos são os tipos de máquinas de pavimentação utilizada no ramo de máquinas de construção fora de estrada. No caso de máquinas fora de estrada, depende do tipo de aplicação, seja ela, preparação de solo, nivelamento, compactação, escavação, etc.

Os Rolos compactadores vibratório de cilindro único são máquinas utilizadas no processo de compactação de solo para preparação inicial de pavimentação.

3.1 Tipos de Rolos compactadores vibratórios de Cilindro único

Os Rolos compactadores vibratórios de cilindro único, quanto ao sistema de aplicação, podem se dividir basicamente em:

- Rolo compactador vibratório de cilindro único: Classe A (< 9 Toneladas);
- Rolo compactador vibratório de cilindro único: Classe B (>9 - < 13 Toneladas);

A primeira sua aplicação é dada em campos operacionais que necessitam de um equipamento com dimensões reduzidas, portanto se trata de um equipamento com a capacidade de trabalho inferior devido suas dimensões reduzidas, assim como sua potência que é inferior a Classe B.

A segunda sua aplicação é mais ampla sendo destacada como máquina padrão, suas dimensões são maiores e assim seus parâmetros de eficiência de desempenho no trabalho são superiores a Classe A.

3.1.1 Rolo compactador vibratório de cilindro único classe B

Máquina utilizada no ramo de compactação de solo, é geralmente utilizado em canteiro de obras que possuem dimensões amplas e com o rolo com as dimensões maiores pode operar satisfatoriamente com eficiência elevada.

Trata-se de uma máquina com sistema de transmissão hidráulica, assim como um sistema hidráulico isolado somente para o comando de vibração no cilindro frontal.



Figura 03: Máquina Rolo compactador XS123PDBR.
Fonte: XCMG Brasil

Essa máquina necessita do auxílio de 1 trabalhador que fica diariamente oito horas em operação, possuindo uma capacidade de compactação de 530 m³/h.

4 ENGENHARIA APLICADA AO REPROJETO

4.1 Definição dos Materiais

Segundo Faires (1985) para determinar qual será o melhor material a se utilizar, devem-se considerar inicialmente as solicitações de esforços relativos à sua função, durabilidade e as exigências relativas à sua fabricação, bem como os custos de fabricação e os problemas de obtenção dos materiais. Também se podem relevar os resultados obtidos através de experiências já realizadas e empregar materiais comuns de propriedades comuns. Então, nos projetos do sistema do capô de Rolos compactadores vibratórios de cilindro único pode ser obter melhores informações sobre as aplicações do mercado atual através da pesquisa de mercado, onde foram obtidos os dados que geralmente utiliza-se o material fibra de vidro.

4.1.1 Fibra de vidro

As fibras de vidro são as mais utilizadas mundialmente devido as suas boas propriedades físicas e mecânicas, a sua grande aderência fibra/matriz e, na maioria dos casos, seu baixo custo. Ressalta-se, também, um crescimento acentuado da utilização de fibras naturais (a maioria de origem vegetal), inclusive em aplicações estruturais de pequeno e médio desempenho (Silva et al., 2000).

Devido ao ambiente crítico de trabalho onde são utilizados os equipamentos de compactação, os materiais a base de fibra de vidro tem sido aplicados nos sistema do capô devido fatores variados, tais como:

- Baixo peso em relação ao aço;
- Resistencia a corrosão;

- Baixo índice de ruído;
- Melhor acabamento superficial;
- Redução de custo em relação ao aço.



Figura 04: Aplicação de Fibra de vidro em máquinas. Fonte: O autor.

Deste modo, através da figura podemos observar a aplicação de fibra de vidro no projeto do equipamento rolo compactador vibratório de cilindro único já sendo utilizado por concorrentes no campo operacional e assim otimizando a eficiência operacional e ao mesmo tempo reduzindo fatores de falhas e obstruções no equipamento.

4.2 Detalhamento de Projeto

Para o detalhamento do novo design de projeto do capô, o software Creo Parametric pode ser utilizado para determinar a forma estrutural do produto e os pontos de montagem que necessitam de melhor ajuste e assim realizar as primeiras montagens do produto tridimensional no equipamento. Através do desenvolvimento estrutural tridimensional do produto pode-se obter a visualização do design, assim também como determinar os dados técnicos do projeto para realização do dimensionamento do sistema de elevação do capô.. Também se podem relevar os resultados obtidos através de experiências já realizadas e empregar materiais comuns de propriedades comuns. Então, nos projetos de máquinas inicialmente são realizados os detalhamentos iniciais através de softwares para melhor dimensionamento e visualização real do projeto.

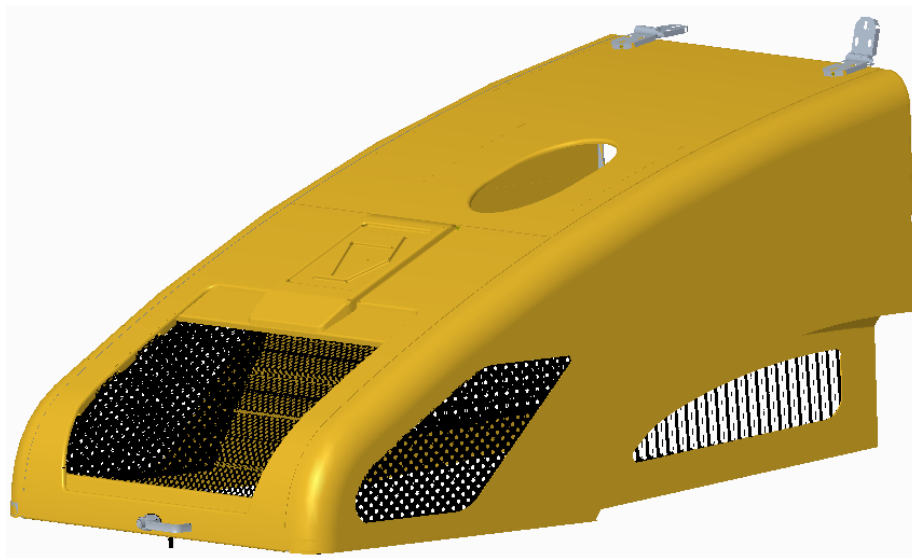


Figura 05: Detalhamento do novo design do capô. Fonte: O autor.

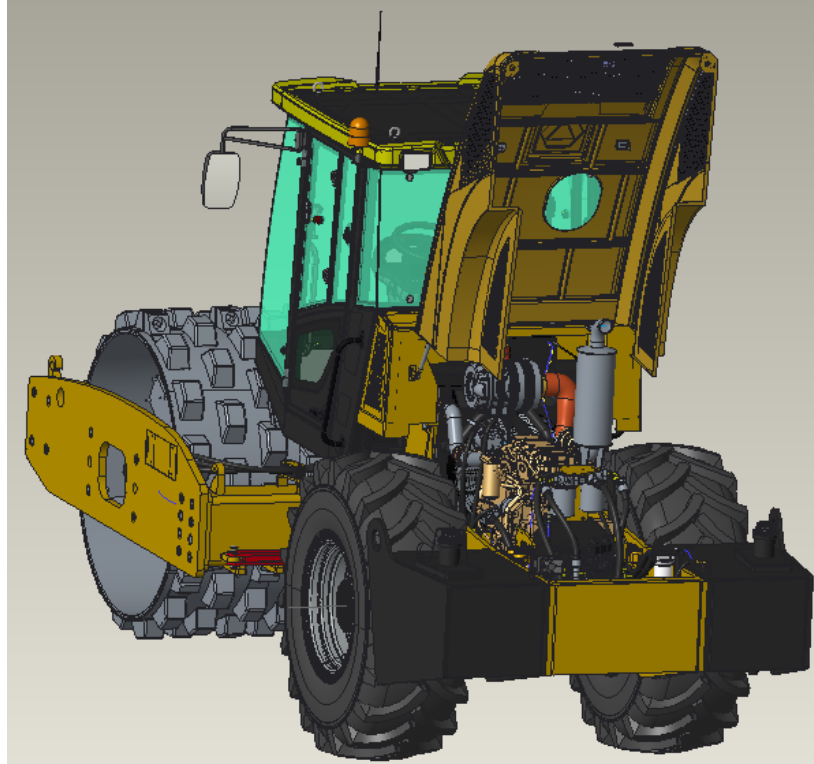


Figura 06: Montagem do novo capô no Rolo Compactador. Fonte: O autor.

4.3 Determinação do Método de Processo Aplicado

Durante o processo de desenvolvimento do novo projeto se fez necessário o estudo do método de processo que deveria ser aplicado para a fabricação da peça e para realização desse estudo vários critérios foram levados em consideração, tais como:

- Dimensões da peça a ser fabricada;
- Custo relacionado ao processo;
- Tempo no processo produtivo;
- Características apresentadas na aplicação do material;
- Investimento e durabilidade do ferramental;
- Características de resistência do produto após processo;

O processo escolhido após a realização do estudo foi o SPRAY UP, se trata do processo de laminação através de pistola e consiste na aplicação simultânea de fibra de vidro e resina sobre o molde. A aplicação é realizada através de equipamentos especiais determinados pelo nome de pistolas laminadoras ou pistolas de laminação, que cortam as

fibras de vidro em comprimentos pré-determinados antes de atirá-las no molde. As fibras de vidro cortadas e a resina poliéster são depositadas simultaneamente sobre o molde, sendo então roletadas com os mesmos roletes usados no processo de laminação manual.

A laminação realizada através de pistolas laminadoras pode ser considerada como uma laminação manual mecanizada, sendo vantajosa para a moldagem de peças grandes e complexas, onde a conformação de mantas e tecidos pode apresentar dificuldade. Além disso os custos da laminação a pistola são geralmente mais baixos que os da laminação manual, por serem usados materiais mais baratos e também pela eficiência e rapidez da operação.



Figura 07: Aplicação do processo Spray up. Fonte: Ancel tecnologia

4.4 Detalhamento dos Desenhos Técnicos Estruturais

Finalizado o estudo de design e determinação do processo a ser utilizado para realização da peça estrutural, se inicia o processo de detalhamento estrutural do projeto matemático gerando as especificações técnicas e dimensionais para o processo de

desenvolvimento do produto, assim como dos moldes utilizados no processo de fabricação. A criação do modelo matemático tridimensional foi realizada através do modelador Creo Parametric, sendo possível o desenvolvimento do projeto de acordo com as especificações dimensionais determinadas através de medições no equipamento e padrões já determinados inicialmente pelo projeto original do sistema do capô do equipamento. O modelo matemático é essencial para o processo produtivo, através dele são geradas as informações dimensionais para realização dos moldes utilizados para fabricações do modelo final e juntamente através dele são gerados os desenhos bidimensionais utilizados para aprovação da peça, aprovação de pedido de compras e folhas geradas pelo departamento de engenharia de processo para auxílio na montagem do equipamento na linha de produção.

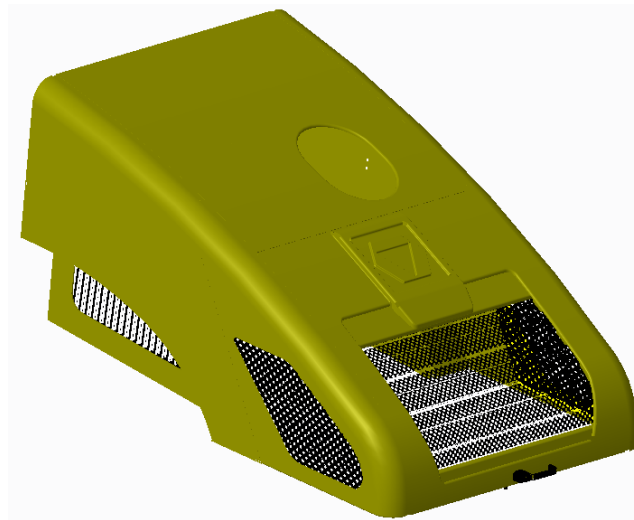


Figura 08: Modelo matemático estrutural tridimensional. Fonte: O autor

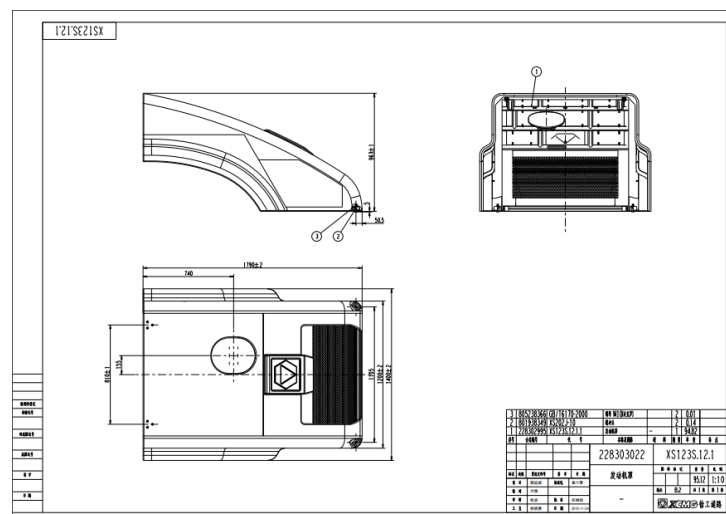


Figura 09: Modelo matemático estrutural bidimensional. Fonte: O autor

4.5 Dimensionamento do Sistema de Elevação do Capô

Devido aos estudos de benchmarking realizados na proposta do projeto foi possível verificar que um dos pontos mais críticos no projeto atual se tratava do alto custo do sistema de elevação do capô, dotado de uma tecnologia avançada através da utilização de um sistema hidráulico isolado. Para solução desse problema foi adotado a proposta de utilização de um sistema simplificado e já muito utilizado no mercado de máquinas de construção, se trata do sistema de elevação manual através da utilização de duas molas a gás e um sistema de trava para segurança do operador ao abrir ou fechar o sistema do capô.

4.5.1 Dimensionamento dos pontos de fixação da mola a gás

Devido a necessidade da utilização de mola a gás no novo sistema de elevação do capô, se fez necessário o dimensionamento dos pontos de fixação da mola a gás, determinação do ângulo de abertura, cálculo de temperatura do sistema do motor, peso do novo projeto do capô e força necessária para fechar o capô após a realização do processo de manutenção. Através do modelo matemático tridimensional foi possível determinar os pontos de fixação da mola a gás, utilizando o ponto de pivotamento na dobradiça de abertura do capô.

Foi adotado o valor do ângulo de abertura do capô como 65° , com esse ângulo de abertura, e remoção dos para-lamas laterais é possível obter um ótimo acesso para realização do processo de manutenção nos sistemas do equipamento. Para que fosse possível determinar e dimensionar os sistema de mola a gás a ser utilizado os seguintes dados técnicos foram determinados e enviados ao fornecedor:

- Ângulo de abertura do capô;
- Ponto de pivotamento do sistema do capô;
- Centro de gravidade da peça;
- Posicionamento do suporte fixo da mola a gás;
- Posicionamento do suporte móvel da mola a gás;
- Posicionamento da fechadura em relação ao pivotamento da dobradiça;

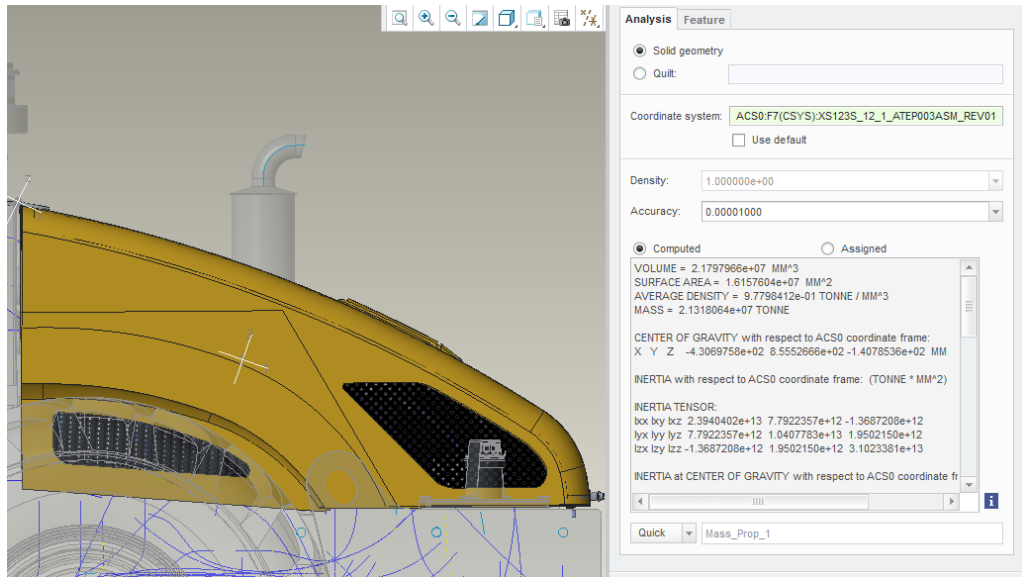


Figura 10: Centro de gravidade da peça. Fonte: O autor

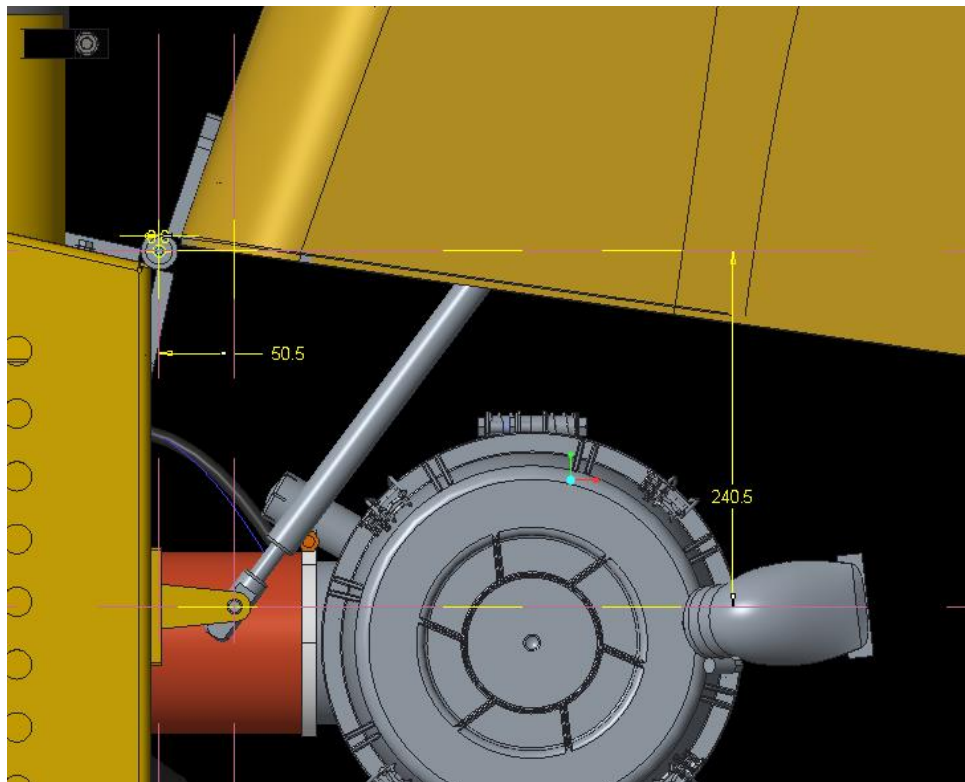


Figura 11: Posicionamento do suporte fixo da mola a gás. Fonte: O autor

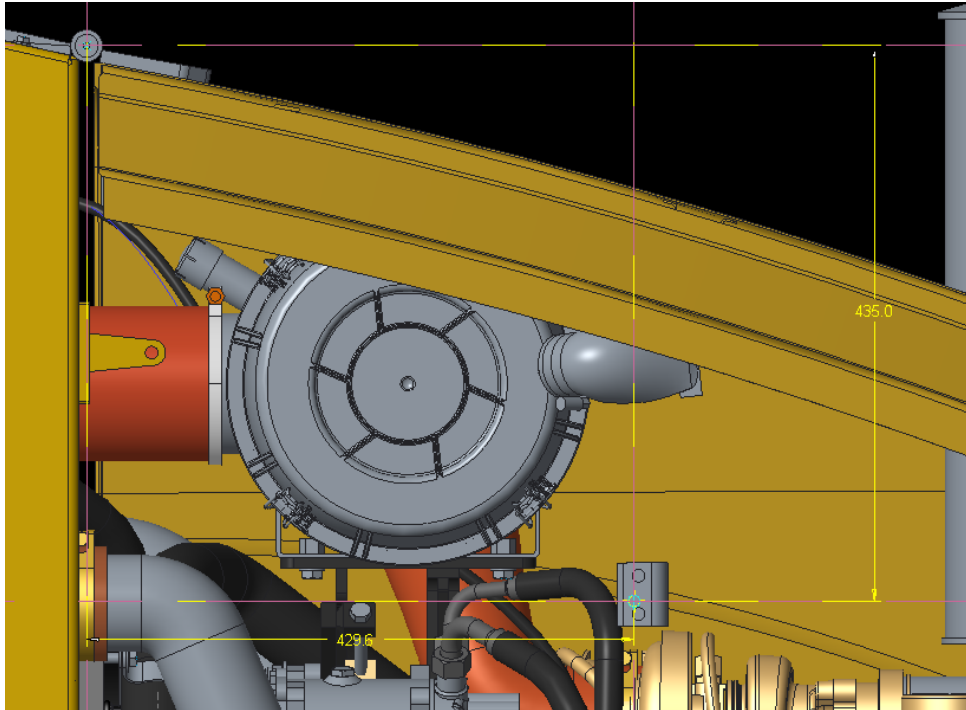


Figura 12: Posicionamento do suporte móvel da mola a gás. Fonte: O autor

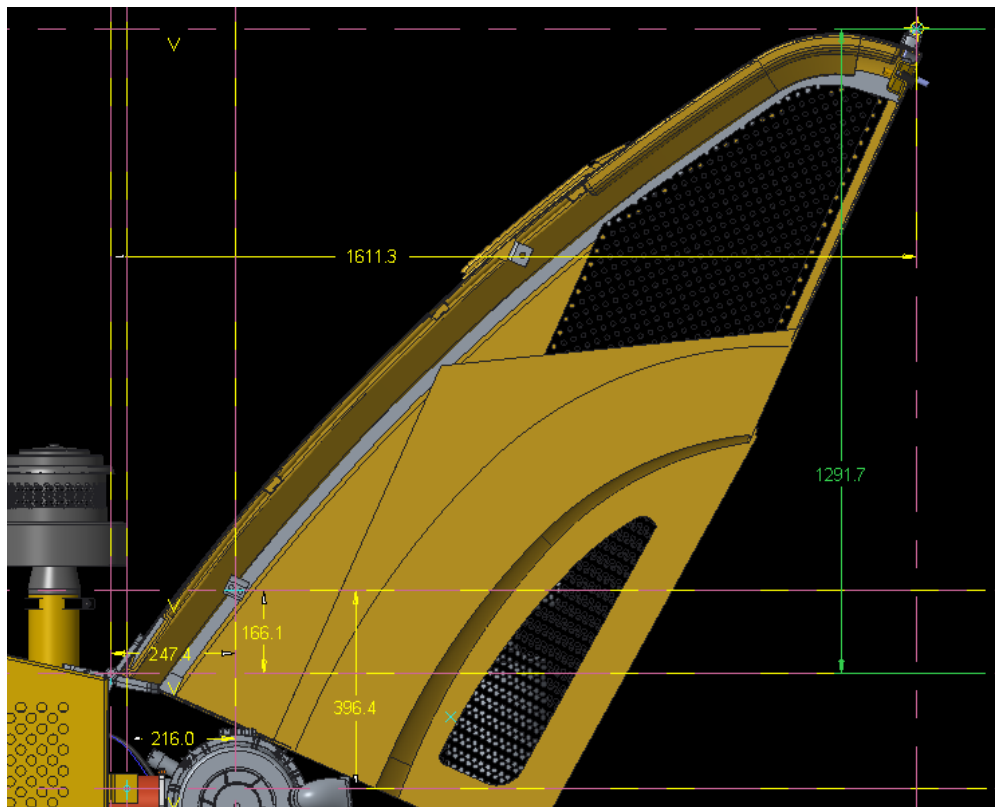


Figura 13: Posicionamento da fechadura, capô aberto. Fonte: O autor

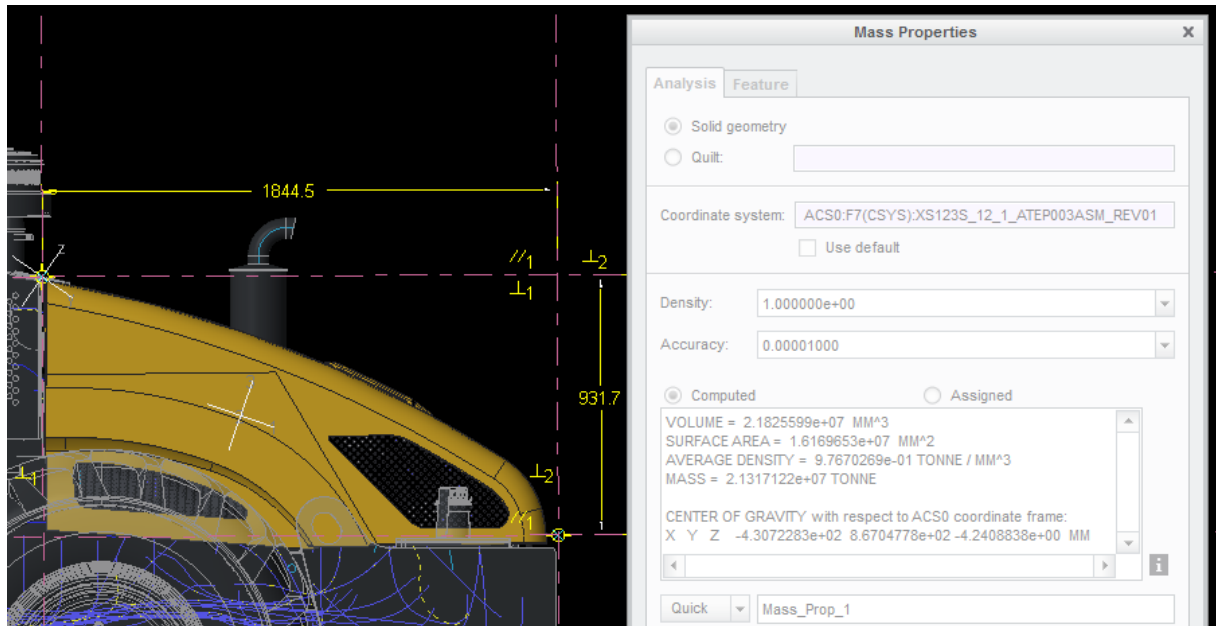


Figura 14: Posicionamento da fechadura, capô fechado. Fonte: O autor

Realizado o envio dos dados técnicos e informações necessárias para o dimensionamento da mola a gás, foi realizado um estudo por parte do fornecedor especializado no ramo onde foram aplicadas ferramentas específicas do ramo de mola a gás e assim o fornecedor pode nos apresentar uma proposta viável e eficiente que seja utilizado em nosso sistema de elevação. Finalizado o período de análise o fornecedor nos propôs a utilização da mola a gás de 760 mm de extensão e 900N de força para realização da abertura do capô, que nos atenderá de forma satisfatória correspondendo todos os requisitos técnicos propostos no projeto.

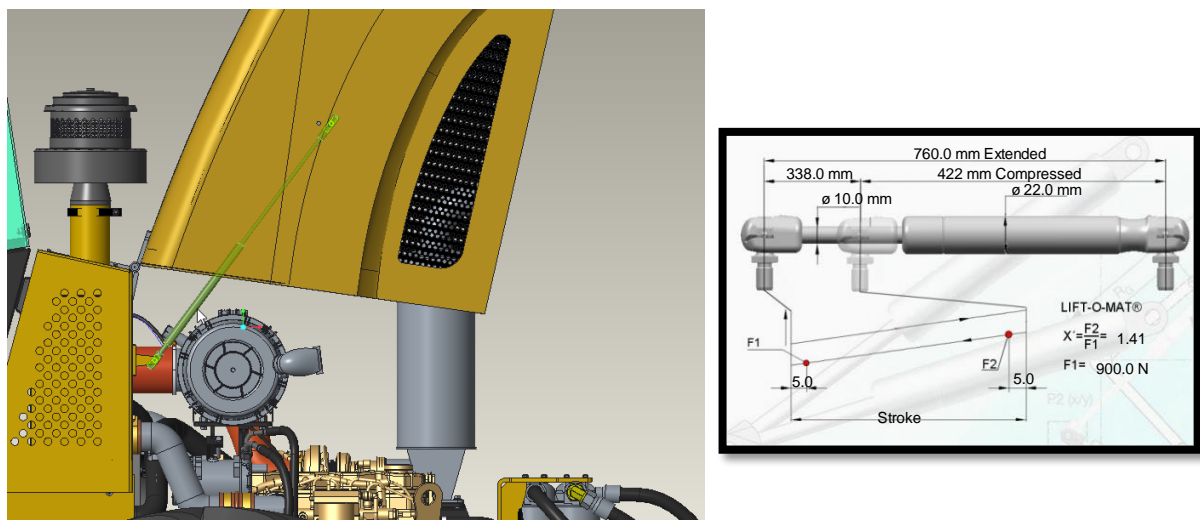


Figura 15: Aplicação da mola a gás dimensionada. Fonte: O autor

5 RESULTADOS

5.1 Análise dos Custos

O custo está presente em todas as atividades de uma empresa. São vários os custos que se relacionam direta ou indiretamente com o uso de uma máquina durante seu ciclo de vida, no entanto, neste trabalho, maior ênfase foi dada aos custos do sistema de elevação do capô através da troca do material e alteração do sistema de elevação, por este refletir melhor na confiabilidade do equipamento e no custo final do produto.

- Foi realizada uma comparação do ciclo de vida das peças do sistema antigo baseado no histórico da máquina e para o sistema novo foi realizado uma projeção, em 4 anos, com base no manual do fabricante dessa máquina (no projeto inicial dessa máquina não foi considerado condições anormais de funcionamento pelo fabricante).

Tabela 01 - Comparação de Custos total do projeto atual: Custo projeto atual já aplicado no custo do equipamento.

Lista de peças do Sistema de capô					Custo total
228303022	XS123S.12.1 Capô	1	C	1398,74	1398,74
228700691	XS202.1.5A-3 Chapa de Calço T2 0.070KG	2	C	1,81	3,62
228700692	XS202.1.5A-4 Arruela T5 0.165KG	1	C	2,21	2,21
228700556	XS202.01.5A.1 Suporte do Cilindro	1	C	9,13	9,13
805338278	GB/T97.1-2002 Arruela 10(Dacromet)	2	C	0,03	0,06
805338260	GB/T93-1987 Arruela 10(Dacromet)	2	C	0,03	0,06
805004763	GB/T16674.1 Parafuso M10×25 10.9 (Dacromet)	2	C	0,83	1,66
228700691	XS202.1.5A-3 Chapa de Calço T2 0.070KG	2	C	1,81	3,62
228700692	XS202.1.5A-4 Arruela T5 0.165KG	1	C	2,21	2,21
228700556	XS202.01.5A.1 Suporte do Cilindro	1	C	9,13	9,13
805338278	GB/T97.1-2002 Arruela 10(Dacromet)	2	C	0,03	0,06
805338260	GB/T93-1987 Arruela 10(Dacromet)	2	C	0,03	0,06
805004763	GB / T6177.1-2000 porca M10-10 (Dacromet)	2	C	0,83	1,66

803080674	XGYG04-032 Cilindro Hidráulico	2	C	861,21	1722,42
239902372	Conjunto de mangueira F381CACA101005-2600	1	B	44,19	44,19
803105353	ET10LOMDCF Conector	1	C	4,35	4,35
239902372	Conjunto de mangueira F381CACA101005-2600	1	B	44,19	44,19
239902306	Conjunto de mangueira F381CACF101005-2100	1	B	38,46	38,46
226803280	XS202J.12.2A Dobradiça	2	C	8,02	16,04
803006662	330600269(24V) BOMBA HIDRÁULICA	1	C	1.125,55	1125,55
	Conjunto de Para-lamas	1	C	65	65
					4492,42

Fonte: O autor.

Tabela 02 - Comparação de Custos total do projeto novo proposto: Custo projeto será aplicado no custo do equipamento.

Lista de peças do Sistema de capô (Novo)					Custo total
228303022	XS123S.12.1 Novo projeto do capô	1	C	2975	2975
228700691	Ferramental mensal (Fabricação)	1	C	231,8	231,8
228700692	Molas a gás 760 mm 900N	2	C	115,4	230,8
228700556	XS202.01.5A.1 Suporte do Cilindro	2	C	9,13	18,26
					3455,86

Fonte: O autor.

Pelo gráfico abaixo, pode-se notar o momento em que o reprojeto passa a ter viabilidade, analisando redução apresentada de 23,06% em relação ao projeto atual aplicado ao equipamento.

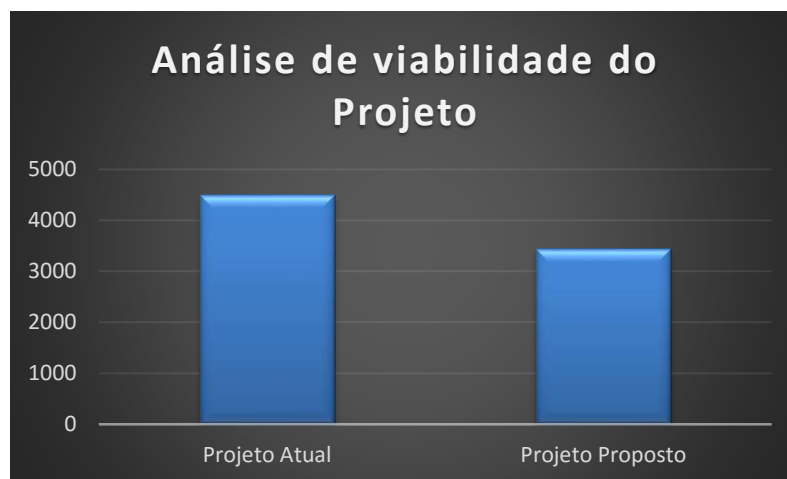


Gráfico 01: Análise de viabilidade comparativa do projeto. Fonte: O autor.

5.2 Análise de Melhoria de Acessibilidade

O processo de realização de manutenção em equipamentos faz parte da rotina operacional de trabalho, portanto afeta consideravelmente a eficiência produtiva e assim como as horas paradas do equipamento, gerando consumo de lubrificantes e demais trocas de peças devido ao desgaste ou quebras ocasionais. Visando a redução de paradas ocasionais do equipamento devido a falhas que afetam diretamente a eficiência, assim como um melhor acesso para o responsável de manutenção possa detectar e solucionar problemas com maior facilidade e comodidade, o novo design do conjunto do capô apresenta a redução de pontos de obstrução que anteriormente afetavam o equipamento causando quebra e vazamentos, assim como retira os para-lamas fixos gerando uma melhor acessibilidade nas plataformas laterais do motor e sistema de refrigeração.

Efetivando a implementação do novo projeto atingiremos também uma melhoria significativa relacionada ao processo de montagem do equipamento, anteriormente o equipamento subdividia-se em 22 peças gerando uma demanda maior de trabalho e assim aumentando relativamente o período de montagem do equipamento, o projeto novo visa a redução de subdivisões em 4 peças possibilitando alta eficiência e redução no custo de manutenção final do equipamento.

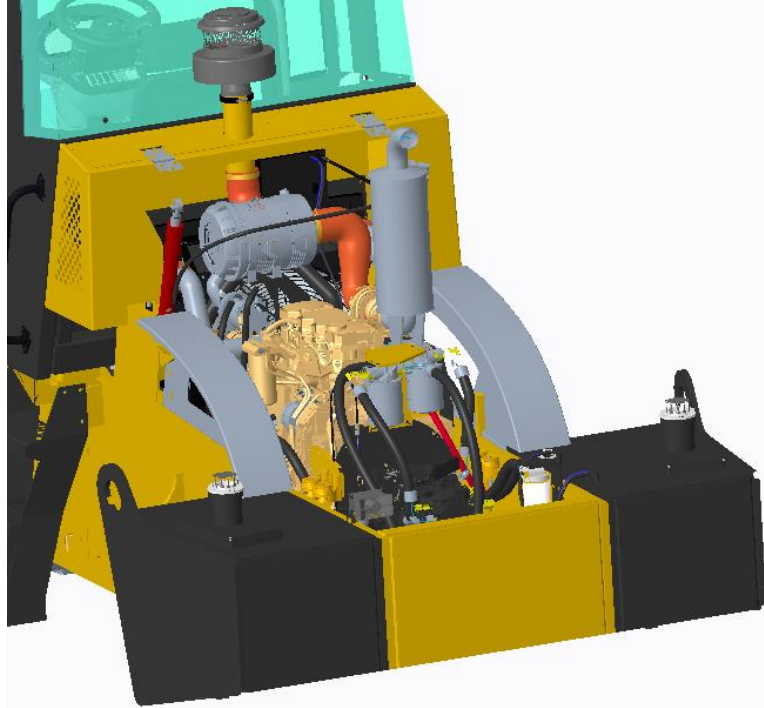


Figura 16: Acessibilidade Projeto atual, gerando obstrução. Fonte: O autor



Figura 17: Acessibilidade Projeto proposto. Fonte: O autor

Pelo gráfico abaixo, pode-se notar uma diferença no custo de manutenção referente ao sistema de elevação do capô, analisando redução apresentada de 23,06% em relação ao projeto atual aplicado ao equipamento e o projeto proposto.

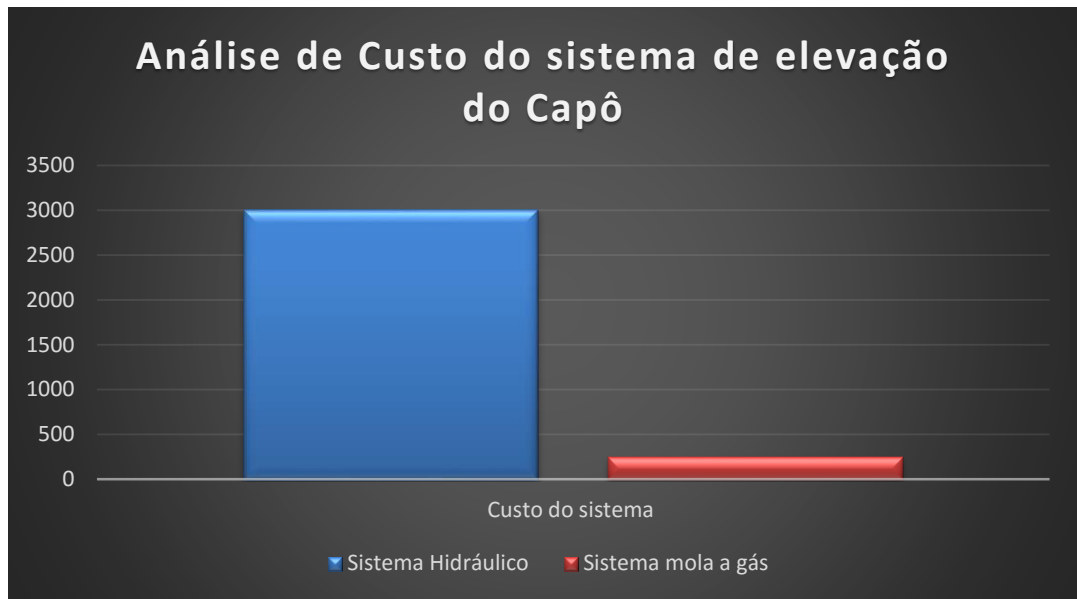


Gráfico 02: Análise de viabilidade comparativa do projeto do sistema de elevação. Fonte: O autor.

Tabela 03 - Comparação de Custos: Custo total do sistema hidráulico de elevação do capô atual.

Lista de peças do Sistema de elevação					Custo total
228700556	XS202.01.5A.1 Suporte do Cilindro	1	C	9,13	9,13
228700691	XS202.1.5A-3 Chapa de Calço T2 0.070KG	2	C	1,81	3,62
228700692	XS202.1.5A-4 Arruela T5 0.165KG	1	C	2,21	2,21
228700556	XS202.01.5A.1 Suporte do Cilindro	1	C	9,13	9,13
803080674	XGYG04-032 Cilindro Hidráulico	2	C	861,21	1722,42
239902372	Conjunto de mangueira F381CACA101005-2600	1	B	44,19	44,19
803105353	ET10LOMDCF Conector	1	C	4,35	4,35
239902372	Conjunto de mangueira F381CACA101005-2600	1	B	44,19	44,19
239902306	Conjunto de mangueira F381CACF101005-2100	1	B	38,46	38,46
803006662	330600269(24V) BOMBA HIDRÁULICA	1	C	1.125,55	1125,55
					3003,25

Fonte: O autor.

Tabela 04 - Comparação de Custos: Custo total do sistema com mola a gás de elevação do capô proposto.

Lista de peças do Sistema de elevação proposto					Custo total
228700556	XS202.01.5A.1 Suporte do Cilindro	2	C	9,13	18,26
228700692	Molas a gás 760 mm 900N	2	C	115,4	230,8
					249,06

Fonte: O autor.

6 CONCLUSÃO

A engenharia é um ramo das ciências exatas e como toda ciência exata, um problema pode ter diversos tipos de soluções. A opção adotada pelo reprojeto da máquina foi uma decisão bem escolhida, pois diversos objetivos traçados foram atingidos como: redução do risco de acidente, aumento da produtividade com o aumento da acessibilidade de manutenção, redução do tempo de máquina parada, redução dos custos com manutenção e autonomia operacional.

A arte de reprojeter faz o profissional constantemente estar revisando e retomando os conceitos teóricos aplicando-os na prática e principalmente para imaginar, ter novas ideias ou de aplicar dispositivos para promover vantagens conforme foi resultado desse trabalho.

Uma consideração fundamental para o reprojeto de máquinas é o acompanhamento pós-execução a fim de corrigir os possíveis problemas e realizar certos ajustes, e também realizar treinamento do pessoal envolvido com o processo produtivo, pois alguns ajustes foram necessários durante o processo de desenvolvimento, pois algumas vezes o novo design desenvolvido demonstrou interferências que influenciavam diretamente da eficiência do projeto, e o com esses pequenos ajuste se tornou possível o cumprimento do objetivos do projeto e realização das melhorias necessárias.

Durante o desenvolvimento desse trabalho pude comprovar a importância da engenharia no desenvolvimento, através do conhecimento técnico e experiências adquiridas no trabalho. Foi possível reprojeter novos sistemas trazendo melhorias de acesso e também redução de custo através da alteração do sistema de elevação do capô, com isso foram utilizados os conhecimentos no ramo de materiais reduzindo peso e ao mesmo tempo aumentando resistência ao desgaste, simplificando o sistema de trabalho através da mola a gás implementada no sistema de elevação facilitando o dia a dia do operador. No fator segurança, não pôde ser mensurado o antes e o depois, entretanto foi alinhada a condição importante de segurança para a máquina conforme previsto na Norma Regulamentadora número 12.

Enfim, o desenvolvimento desse trabalho me fez perceber o quão importante foi ter o contato com altas tecnologias, resultado do contato com a área de desenvolvimento de máquinas de construção e pavimentação de estradas de uma empresa em constante crescimento. A prática e a vivência nesta área me auxiliou muito no desenvolvimento e otimização dessa melhoria para que obtivesse o resultado esperado.

REFERÊNCIAS

ANJOS, Gustavo V M. **Proteção de dutos e tubulações industriais contra meios corrosivos através da utilização da utilização de revestimentos al/polímeros**. Paraná, 2003.mai 9p.

ASHBY, Michael F.; JONES, David, R. H. **Engenharia de Materiais: uma introdução a propriedades, aplicações e projeto**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BURIGO, Leonardo M. **Projeto conceitual de molde resin transfer molding light em escala laboratorial**. Joinville, 2015.jan 60p.

CALLISTER, William D. Jr. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

DIAS, D. **Comportamento ao impacto a baixa velocidade de laminado de epóxido/fibra de vidro, com camada de cortiça**. Porto, 2009.jan 171p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

MATTAR, Fauze Najib. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

MELCONIAN, Sarkis. **Mecânica Técnica e Resistência dos Materiais**. 16. ed. São Paulo: Érica, 2005.

NORTON, Robert L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2008.

NR 12, **Norma Regulamentadora de Segurança em Máquinas e Equipamentos**. Publicação: Portaria GM n° 3.214 de 08 de Junho de 1978. Atualização: Portaria SIT n° 197 de 17 de Dezembro de 2010.

PAHL, Gerhard et al. **Projeto de Engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações.** Tradução Hans Andreas Werner. 6. ed. Alemã. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

REIS, Antonio. **Fibra de vidro laminação e consertos na prática.** New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2011. 862p

SHIGLEY, Joseph E. et. al. **Projeto de Engenharia Mecânica.** 7. ed. São Paulo: Bookman, 2004.

Silva, L. C. F.; Mendes, J. U. L.; Ladchumananandasivam, R.: “**Análise das Propriedades Mecânicas e Térmicas de Tijolos Solo-Cimento com e sem Adição do Pó da Fibra de Coco**”, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 6 p, 2000.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção Centrada Na Confiabilidade: Manual de Implementação.** 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SOUZA, Claudiano J. **Desgaste abrasivo em compósitos metal/cerâmicos: Estudo aplicado ao desenvolvimento de coroas de perfuração.** Ouro Preto, 2011. 89p