

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

RODRIGO DE SOUZA E SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CENTRAL DE LUBRIFICAÇÃO EM UM
IMPLEMENTO RODOVIÁRIO**

CAXIAS DO SUL

2014

RODRIGO DE SOUZA E SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CENTRAL DE LUBRIFICAÇÃO EM UM
IMPLEMENTO RODOVIÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
como requisito para a conclusão da disciplina
Estágio II do curso de Engenharia Mecânica
na Universidade de Caxias do Sul.
Supervisor: Prof. Dr. Engº. Marcos Alexandre
Luciano

**CAXIAS DO SUL
2014**

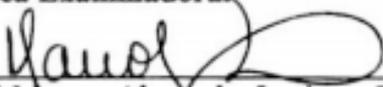
RODRIGO DE SOUZA E SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CENTRAL DE LUBRIFICAÇÃO EM UM
IMPLEMENTO RODOVIÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
como requisito para a conclusão da disciplina
Estágio II do curso de Engenharia Mecânica
na Universidade de Caxias do Sul.
Supervisor: Prof. Dr. Eng^o. Marcos Alexandre
Luciano

Aprovado em 18 / 06 / 2014

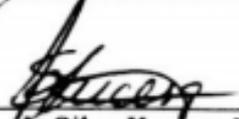
Banca Examinadora:



Prof. Marcos Alexandre Luciano, Dr. Eng.
Universidade de Caxias do Sul



Prof. Carlos Alberto Costa, PhD.
Universidade de Caxias do Sul



Prof. Sergio da Silva Kucera, MSc. Eng.
Universidade de Caxias do Sul



Sr. Eduardo Biasi Rodrigues, Eng.
Randon Implementos

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me ajudar nas minhas escolhas e conquistas.

Também agradeço aos meus pais Adair Antônio da Silva Souza e Dalva de Souza e Souza, que sempre acreditaram em mim e me deram amor, dignidade, educação e a perseverança para a busca dos objetivos, tanto profissionais como pessoais.

A minha irmã que sempre esteve presente nas horas de dificuldade como também nas horas de conquistas durante o curso.

A minha namorada e companheira Bruna Silvestre Bonho, pela paciência e compreensão nas horas que tive que me ausentar, pelo compromisso assumido com a elaboração deste trabalho.

Aos colegas de trabalho Gilberto Kister, Eduardo Biasi Rodrigues e André Pinguela pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho dentro da empresa, onde a ajuda de vocês foi essencial para que o trabalho fosse desempenhado de uma maneira clara e competente.

A empresa Randon Implementos pela oportunidade de desenvolver o trabalho de conclusão de curso dentro das suas dependências e assim elaborar uma nova tecnologia para os seus produtos, com base nos conhecimentos adquiridos durante o curso de engenharia.

Aos colegas do curso de engenharia mecânica, pelo incentivo e auxílio nas horas de dificuldade.

RESUMO

A lubrificação possui um papel importante no bom funcionamento de produtos industriais, pois está diretamente ligada a sua durabilidade dos mesmos. O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema centralizado de lubrificação, para ser incorporado a um semirreboque basculante deslizante. As atividades foram realizadas nas dependências da empresa Randon Implementos, tendo como base de dados os projetos do produto e histórico de pós-vendas, relevantes ao problema de lubrificação nos implementos. A verificação do produto específico, a possibilidade de modularização do sistema para uso em outros produtos fabricados pela empresa e também verificações de casos utilizados em outros ramos de engenharia, propostos no mercado, foram realizados utilizando atividades determinadas sequencialmente. A parte funcional de testes se deu no setor de protótipo da empresa. Os resultados se mostram condizentes com o proposto nas pesquisas de pós-vendas, mostrando que o sistema atendeu a quantidade de lubrificante necessária de 15g por ponto e, por ser automático, o investimento ficou dentro do proposto pelos clientes e consultores técnicos.

Palavras-chave: Central de lubrificação, lubrificante, desgaste, projeto de produto, projeto de desenvolvimento de produto, modularização.

ABSTRACT

The lubrication system has a main role in the correct operation of industrial products, because it is strictly connected to their durability. This work presents the development of a lubrication central system, to be implemented in a slider tipper semi-trailer. The activities were performed on the dependencies of the Randon Implementos Company, the product projects and after-sales historical were used as data base, all information used is related to the lubrication system. The specific product verification, the possibility to modularize the system in order to use in other products manufactured by the company and also verify some other engineering application areas, available on the market, were executed according to the sequence that was previously defined. The obtained testing results were consistent with the after sales query, showing that the system delivers the amount of lubrication needed of 15 g by output and even though is an automatic system, the investment needed was inside of what the clients and technicians proposed.

Key-Words: Lubrication Central, lubricant, wear, product project, product development project, modularization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aspectos globais de desenvolvimento	13
Figura 2 - Pontos de difícil acesso para lubrificação de um implemento.....	15
Figura 3 - Atividades sequenciais.....	22
Figura 4 - Força lateral no contra pino	30
Figura 5 - Aplicação máquina agrícola.....	35
Figura 6 - Resultado dos questionários dos clientes.....	38
Figura 7 - Resultado dos questionários dos consultores técnicos.....	39
Figura 8 - Diagrama da bomba.....	46
Figura 9 - Diagrama esquemático de funcionamento do sistema.....	47
Figura 10 - Conexões, parafuso e porcas do sistema projetado.....	48
Figura 11 – instalação da fonte.....	49
Figura 12 - Protótipo da central de lubrificação	50
Figura 13 - Regulagem e equalização dos pontos	51
Figura 14 - Calibração e equalização dos pontos	52
Figura 15 - Copos numerados conforme saídas do manifold	52
Figura 16 - Comparativo de medições protótipo	54
Figura 17 - Sistema montado com o manômetro.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produtos com pontos de lubrificação	27
Quadro 2 - Configurações da família de semirreboque basculante	29
Quadro 3 - Configurações da família de semirreboque basculante	31
Quadro 4 - Dados de custos da lubrificação	32
Quadro 5 - Etapas para a realização do trabalho	33
Quadro 6 - Dados de aplicações	36
Quadro 7 - Comparações de investimentos	41
Quadro 8 - Comparações de chassis	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comparação de fornecedores	46
Tabela 2 - Tempo teórico calculado	53
Tabela 3 - Tempo real calculado	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO	12
1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	14
1.3 LOCAL DO ESTÁGIO	15
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 Objetivo Geral	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO.....	17
2.1.1 Conceitos gerais.....	17
2.1.2 Tipos de lubrificantes e suas propriedades.....	17
2.1.3 Tribologia.....	19
2.1.4 Problemas ocasionados pela falta de lubrificação.....	19
2.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	21
2.3 MODULARIDADE DE PRODUTO.....	24
3 ETAPAS DO TRABALHO	26
3.1 CENÁRIO ATUAL	26
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	30
3.3 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES.....	33
3.4 SOLUÇÕES DE MERCADO.....	34
4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	36
4.1 APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES DE MERCADO	36
4.2 PESQUISA DE PÓS-VENDAS COM CLIENTES	37
4.3 ANÁLISE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE MERCADO	40
4.4 PROJETO E TESTE DE PROTÓTIPO.....	42
4.4.1 Dados técnicos considerados	42

4.4.2 Projeto do sistema protótipo	42
4.4.3 Protótipo	49
4.4.4 Métodos de teste do protótipo	50
5 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES	53
6 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICE A – COLETA E ANÁLISE DE DADOS DE PÓS-VENDAS	61
APÊNDICE B – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	62
APÊNDICE C – PROJETO DO MANIFOLD DISTRIBUIDOR	63
APÊNDICE D – PLANILHA DE CÁLCULOS DO PROTÓTIPO	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

O transporte de cargas utilizando implementos rodoviários vive uma constante busca de alternativas de melhoria, tanto na durabilidade quanto eficiência de seus produtos. A tecnologia embarcada utilizada nos implementos torna-se um diferencial para reduzir paradas para manutenção corretiva, contribuindo para um melhor retorno financeiro a quem os adquire.

Tendo como base esse cenário, um dos maiores temas de análise de manutenção se dá na lubrificação dos seus pontos críticos de desgaste. Um dos motivos pelo qual ocorre o problema é a falta de lubrificação conforme indicado no manual do proprietário ou também por uso de lubrificante não recomendado pelo fabricante.

O mercado nacional possui implementos rodoviários responsáveis pelo transporte dos mais variados tipos de carga, porém alguns necessitam de maior atenção porque trabalham em regime intenso e ambientes agressivos, que por ventura devem possuir paradas programadas para avaliações e/ou trocas de componentes de desgaste. Um exemplo de produto que trabalha nessas condições é o Semirreboque Basculante Deslizante.

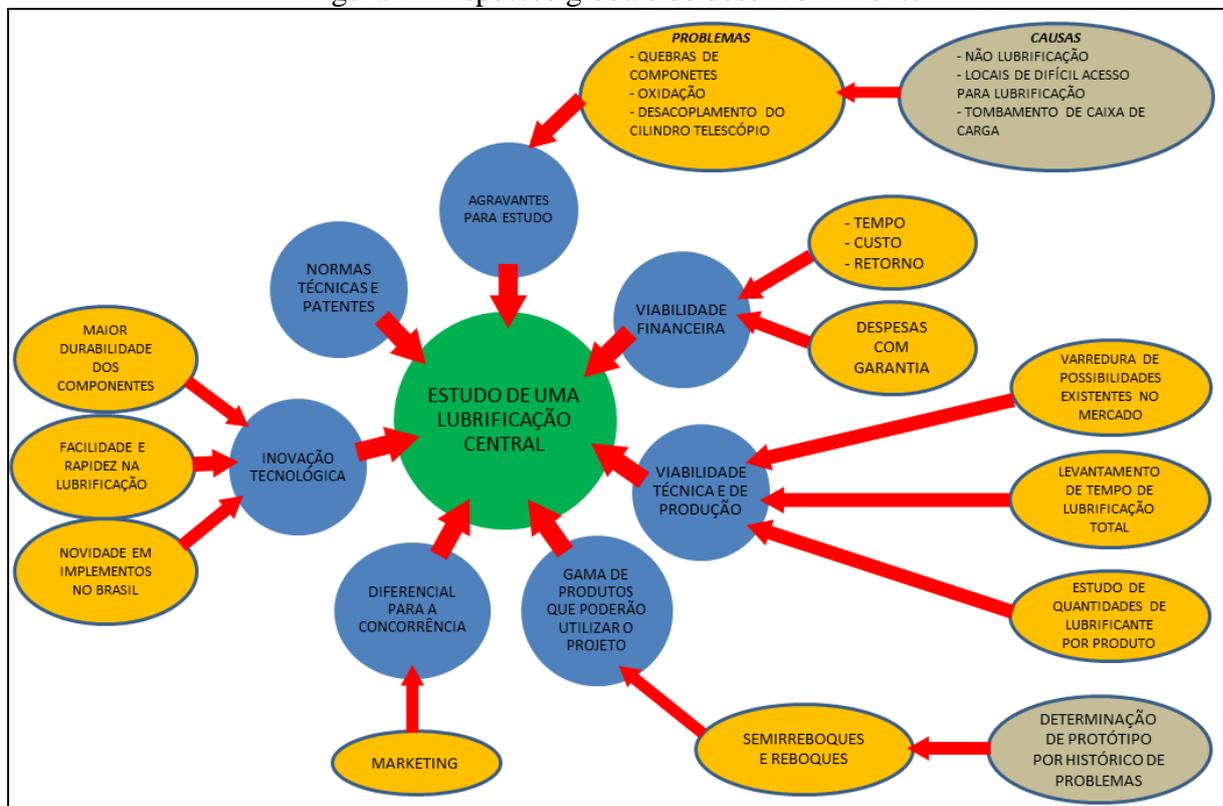
Relacionando o tipo de produto ao ambiente mercadológico mencionado anteriormente, observa-se uma oportunidade de estudar novos conceitos no que diz respeito à durabilidade. Com isso os novos protótipos e ideias desenvolvidas pelos setores de engenharia de produto devem ser testados com alto rigor, para obter uma solução segura e satisfatória, possuindo credibilidade e coerência com as expectativas dos clientes.

Os produtos rodoviários utilizados em transporte de minérios, areia, brita e terra, sofrem desgaste prematuro de seus componentes de contato, pelo fato de estarem passíveis aos agentes nocivos ao desgaste, como pós-abrasivos (pó de areia, terra, pó de brita), oxidação e impactos. Os produtos usados frequentemente nessas aplicações possuem variações de 4 a 16 pontos de lubrificação. Outro fato relevante na utilização destes produtos é que eles trabalham por várias horas sem parar, assim não sobrando tempo para uma lubrificação adequada, ou uma simples verificação para o bom funcionamento. A frequência de funcionamento dos mecanismos dos produtos varia de um para outro, podendo ter duas movimentações a cada dia ou sessenta por dia. O tempo de paradas para lubrificação para estes casos fica a cada 10.000 km para produto pouco acionado e a cada 250 horas para produto muito utilizado. Esses pontos para lubrificação muitas vezes por estarem cobertos de

sujeiras, não são verificados conforme especificado pelo fabricante. Essas informações particulares de paradas são indicadas no manual do proprietário, e deveriam ser realizadas. Com isso os usuários destes produtos acabam por burlar as indicações contidas nos manuais para os tempos de lubrificação reduzindo a vida útil dos componentes.

Para diminuir os casos de não lubrificação dos produtos e sanar contas e gastos com garantia desses produtos, verifica-se a hipótese de implantação de um sistema central de lubrificação, semelhante aos existentes em máquinas operatrizes de usinagem. Esses sistemas podem ser do tipo acionamento manual ou automático, dependendo da viabilidade do projeto. Abaixo se verifica na figura 1 os aspectos globais de desenvolvimento.

Figura 1 - Aspectos globais de desenvolvimento



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

Os aspectos globais de desenvolvimento são uma ferramenta de identificação de pontos estratégicos para um estudo detalhado de uma concepção de projeto em engenharia, como proposto por Kaminski (2000). O projeto é composto por várias ramificações, dependendo da complexidade na qual será utilizado.

O desenvolvimento central, identificado no balão verde, demarca o objetivo a qual o projeto deve chegar ao final das etapas subsequentes. O balão azul enfatiza os principais estudos macros para o desenvolvimento do projeto central, onde nesta etapa primária é

possível iniciar as pesquisas relevantes a vários temas. O exemplo comenta sobre a gama de produtos que podem ser utilizados no estudo macro. O balão laranja indica as minúcias de estudo para iniciar o ciclo de coleta de dados e assim estabelecer os parâmetros para iniciar o projeto. No balão cinza apresenta dados para o início do estudo, como por exemplo, o índice e o histórico dos problemas de um determinado implemento, justificando assim o projeto.

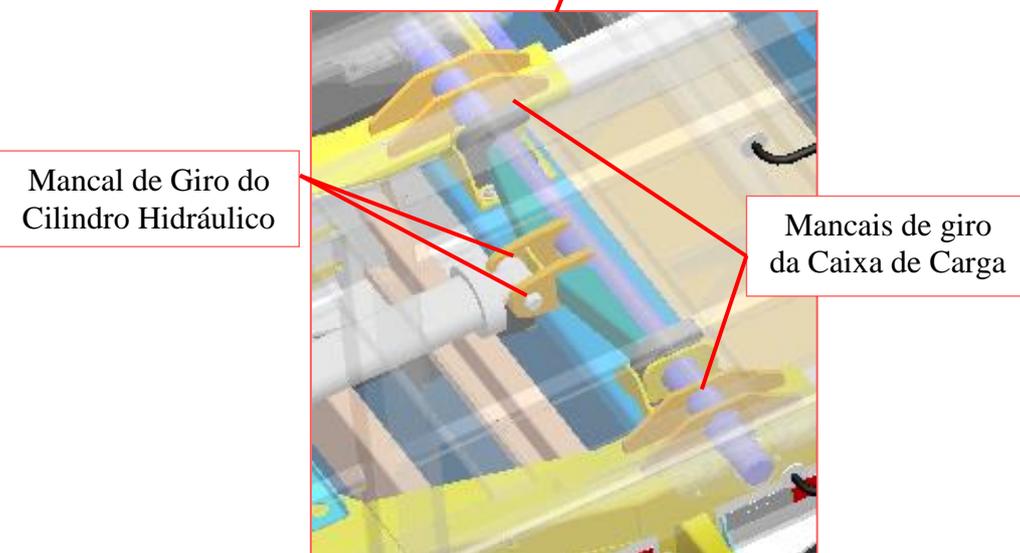
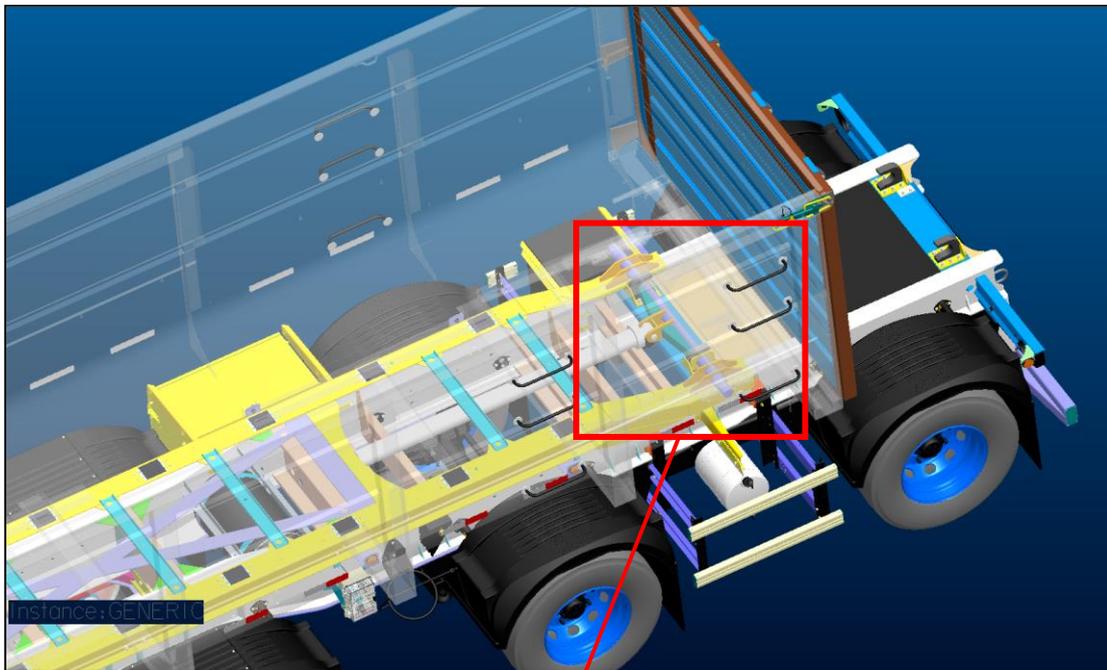
1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Os mecanismos, de uma maneira geral, necessitam de lubrificação para amenizar os desgastes ocasionados pelos seus componentes. Como ocorre com os veículos automotores e máquinas de uma maneira geral, as correções e paradas devem ser mais breves possíveis. O tempo e a facilidade de manutenção são determinantes na escolha de um bom produto, pelo fato de ser mais acessível financeiramente na hora de parar e fazer reparos preventivos. Produtos que demandam muito tempo são menos competitivos, pois a demora em uma manutenção pode custar muito por não envolver somente o lado de parar para lubrificar, mas o tempo que esta parada implicará no lucro de produtividade do cliente.

Na figura 2 mostra-se um exemplo, onde os pontos de lubrificação são de difícil acesso. Para aplicar o lubrificante nos mancais de giro, tanto do cilindro hidráulico como os da caixa de carga respectivamente, o responsável pela manutenção do implemento deverá acessar a parte inferior do mesmo, dificultando assim sua locomoção e agilidade na operação.

Diante do problema de engenharia identificado, o presente trabalho justifica-se em verificar uma maneira de posicionar as graxas de todos os pontos de lubrificação da caixa de carga de um implemento rodoviário, em um mesmo local, melhorando o acesso do usuário e também a frequência de lubrificação. Desta forma essas graxas, poderão ser acionadas por um sistema central manual ou automático. O estudo de implantação de uma central de lubrificação fará com que o próprio motorista do cavalo mecânico lubrifique os pontos de maior desgaste da caixa de carga do implemento, dispensando as paradas na oficina para tal propósito e passando mais tempo atuando. A efetivação deste estudo acabaria por resolver alguns casos de negligência de manutenção preventiva por parte dos donos e operadores dos implementos rodoviários.

Figura 2 - Pontos de difícil acesso para lubrificação de um implemento



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

1.3 LOCAL DO ESTÁGIO

O desenvolvimento será efetuado nas dependências da Randon Implementos, empresa que detém atualmente 29% do mercado nacional de implementos rodoviários.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de lubrificação central para um implemento rodoviário de carga.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) pesquisar possibilidades existentes no mercado, e respectivas aplicabilidades no implemento Semirreboque Basculante Deslizante;
- b) pesquisar na área de pós-vendas, verificando juntamente com os assistentes técnicos da empresa e também os clientes usuários do implemento, no que impactaria este novo sistema central de lubrificação;
- c) analisar juntamente com a EBC (Engenharia de Basculantes e carrega-tudo) e fornecedores de sistemas de lubrificação, as aplicações desse sistema ao produto específico e também a possibilidade de sua modularização;
- d) realizar uma análise econômica do produto;
- e) projetar o sistema e adaptar o implemento Semirreboque Basculante Deslizante para receber a central de lubrificação.
- f) checar e ajustar sua operacionalidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO

2.1.1 Conceitos gerais

Segundo Carreteiro e Belmiro (2008), lubrificação é a separação de duas superfícies atritadas entre si, por meio de um fluido líquido ou sólido chamado de lubrificante. Esta separação faz com que haja redução de desgaste e ruído na movimentação entre os componentes. Para Belinelli (2011), a lubrificação é uma forma antiga de manutenção preventiva, a qual evita quebras desnecessárias, aumentando assim a vida útil de mecanismos.

A lubrificação também deve ser realizada de uma forma limpa não contendo impurezas nos fluidos a serem utilizados, porque a existência dessas pode acarretar danos aos componentes de um determinado sistema, com isso demandando tempo, custo de manutenção e equipamento deixando de desempenhar funções, conforme Llewellyn (2011).

Os sistemas ou dispositivos de lubrificação são aplicados conforme a solicitação de cada equipamento. Podem ser definidos pelo aumento de produtividade, prolongamento da vida útil, quantidade de lubrificante, lubrificação correta evitando excesso, mas todos visam o bom funcionamento e a redução de quebra. Para determinar a aplicação correta de cada um, foram desenvolvidos alguns modelos de sistemas de lubrificação, que podem ser aplicados a diversos mecanismos. Os tipos de dispositivos ou sistemas de lubrificação mais comuns são: os dispositivos de lubrificação a óleo, dispositivos de lubrificação a graxa, lubrificador mecânico, lubrificador hidroestático, sistema centralizado e lubrificação por névoa, conforme mencionado por Carreteiro e Belmiro (2008).

A regra da solicitação particular de cada mecanismo, também deve ser levada em conta na escolha do tipo de lubrificante, pois existem os lubrificantes líquidos e os sólidos, e dependendo da aplicação, um dos dois pode não corresponder de uma maneira satisfatória ao resultado esperado como se vê na visão de Carreteiro e Belmiro (2008).

2.1.2 Tipos de lubrificantes e suas propriedades

Carreteiro e Belmiro (2008) dizem que todo o fluido pode ser um lubrificante, como também alguns sólidos podem desempenhar este papel, e que para ser válida a qualidade de uso para um lubrificante deve-se comprovar seu desempenho em campo em diversas

aplicações. Para Laranja, Aguiar e Sobrinho (2012), os lubrificantes são usualmente empregados em formato de graxas e óleos, originados do petróleo, tendo a viscosidade dependente da temperatura a qual o lubrificante é empregado.

As graxas são materiais sólidos e semi-sólidos providos de óleo juntamente com um espessante, no caso sabão, que dá a consistência necessária, (Texaco ,1994). Para Hissa (1991), a graxa trata-se de um lubrificante mais complexo que o óleo, pois envolve fatores e considerações de aplicação, para que obtenha de uma forma satisfatória o resultado na aplicação determinada. Além disso, Hissa (1991, p. 7) considera que “a graxa lubrificante pode ser considerada como um produto resultante do espessamento de um óleo lubrificante, levando-o para um estado sólido ou semi-sólido, por meio de um agente espessante ou espaçador”. De forma semelhante, Carreteiro e Belmiro (2008, p.109) indicam que “os lubrificantes sólidos devem possuir forte aderência a metais, pequena resistência ao cisalhamento, estabilidade em altas temperaturas, ser quimicamente inertes e ter elevado coeficiente de transmissão de calor”. Todos os autores mencionam de uma mesma forma a ideia de como são elaboradas as composições básicas das graxas, comentando também que devem ter uma alta aderência com os materiais que sofrem os movimentos deslizantes.

Já os óleos lubrificantes são fluídos que tem a função de lubrificar componentes e sistemas mecânicos e podem ser dos tipos: minerais, graxos, compostos e sintéticos. Os óleos dependem de uma propriedade fundamental para sua escolha, a viscosidade, de acordo com Carreteiro e Belmiro (2008). O fator de viscosidade de um óleo deve ser adequado ao seu trabalho específico, fazendo com que o lubrificante escolhido tenha um bom rendimento na sua aplicação, conforme Hissa (1991).

Shigley, Mischke e Budynas (2005) indica que a viscosidade de um fluído é a propriedade que determina a sua resistência ao cisalhamento. Além disso, afirmam que a escolha adequada do fluído por essa propriedade fará com que o rendimento final seja satisfatório ou não. Para medir essa propriedade usa-se o instrumento recomendado pela norma ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), o viscosímetro.

Para promover o rendimento funcional dos lubrificantes, tanto as graxas como os óleos podem ter adicionados na sua composição química aditivos de variadas características, conforme Laranja, Aguiar e Sobrinho (2012), dependendo do fenômeno a ser combatido.

2.1.3 Tribologia

O estudo de lubrificantes eficazes foi muito importante para a solução de muitos problemas tribológicos. Porém com o avanço tecnológico e a utilização de mecanismos em ambientes de alta severidade, a questão de atrito de superfícies necessita de maiores velocidades e solução. Conforme Portela et al. (2012) tribologia é a ciência responsável pelo estudo do atrito entre partes em movimento, onde são estudados os principais fatores que originam o desgaste prematuro ou a boa condição de utilização de um determinado componente, sujeito ao fenômeno atrito. Um parecer mais aprofundado tecnicamente é mencionado por Krim (1996), o qual alega que o atrito é proporcional à força normal entre superfícies comprimidas.

Define-se o tipo de atrito pela maneira de contato em que superfícies estão sobrepostas, e podem ser dos tipos atritos sólido e fluído. O tipo sólido ocorre quando há atrito entre duas superfícies sólidas. Este tipo de atrito se subdivide em atritos de deslizamento e de rolamento. Já o do tipo fluído se dá quando existe uma camada fluída separando as partes deslizantes. As causas do atrito dependem do modo de como as superfícies estão relacionadas entre si e podem ser do tipo cisalhamento, onde as partes mais altas das superfícies se encontram e se contatam; ou por adesão, na qual as superfícies ao invés de possuírem partes mais altas como no cisalhamento, possuem partes retas, fazendo com que haja uma acomodação entre as partes móveis e assim dificultando o movimento, segundo Carreteiro e Belmiro (2008).

Para Passos e Silva (2012), o atrito e a sua medição vem sendo verificado ao longo dos anos, por ser de grande importância e pelo fato de englobar os mais variados ramos científicos. Nesse apanhado de variedade, tenta-se descobrir em qual situação os mecanismos de atrito existentes se encaixam. Um exemplo de variedade de estudo é a redução de desgaste dos componentes, proveniente muitas vezes pela escassez de lubrificação.

2.1.4 Problemas ocasionados pela falta de lubrificação

O tipo de desgaste é muito relevante e tem efeito global no comportamento tribológico de materiais, segundo Cozza, Tanaka e Souza (2009). Diante desse comentário, a ligação dos efeitos que o desgaste tem com o estudo das superfícies é de extrema importância para a elaboração de componentes mais resistentes a este fenômeno.

O desgaste pode gerar o fenômeno de fadiga por submeter os materiais a esforços repetitivos, fazendo com que haja esfoliação afirma Carreteiro e Belmiro (2008). Na visão de Lima e Batista (2012), conceitua-se como fadiga a falha ocorrida em algum componente na qual sofreu cargas cíclicas ao longo da sua vida. Com o alcance do seu limite de carga de ciclos, o componente vem a apresentar trincas e perda de capacidade estrutural e com isso a falha do componente. Além disso, o dano de um componente se dá quando o mesmo tem perda parcial da sua funcionalidade e com isso torna-se irreversível depois de um certo número de ciclos de trabalho. “Em geral, o dano é causado pelas variações de carregamentos que podem ser representadas pelas sequências equivalentes de picos e vales de tensões” conforme Lima e Batista (2012, p. 3).

Outros fenômenos agravantes são atribuídos à redução de vida e ao aumento efetivo da troca de componentes metálicos sem lubrificação. Esses fenômenos podem ocorrer em sistemas movimentados não lubrificados corretamente. Os fenômenos são corrosão e oxidação, que por sua vez, ficam em contato com o ambiente e por causa disso, mais suscetíveis às intempéries do clima.

Callister (2012) explica que a corrosão de um metal vem a ser o ataque destrutivo, não intencional e eletroquímico, iniciado na maioria das vezes na superfície do metal. Para Gentil (2011), a corrosão é a deterioração de um material metálico pelos agentes químicos e eletroquímicos do meio ambiente, juntamente com esforços mecânicos ou não. Além disso, indica que a deterioração por corrosão é responsável por 5% dos gastos totais da indústria, tanto com reparos de manutenção e substituição de componentes afetados, como com prevenções para a não ocorrência deste dano, porém de uma maneira geral, se aceita a penetração da corrosão nos materiais a uma taxa de 0,05mm/ano.

Callister (2012) prossegue evidenciando que os ambientes onde os materiais de um componente metálico são expostos têm grande relevância na sua resistência à corrosão, pois tanto na atmosfera como em águas de uma maneira geral, o corpo humano e o solo possuem agentes nocivos ao ataque químico de superfícies dos metais.

Já a oxidação de um material metálico, refere-se à aparição de uma camada de oxido na superfície da peça, pelos fatores ambientais a qual o material é submetido, conforme mencionado por Callister (2012). Por outro lado Souza et al. (2010) consideram que a oxidação é a reação na qual são produzidos os íons.

2.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Para Romeiro F^o et al. (2010) a palavra projeto tem como significado de realizar, efetuar, esboçar e promover algo para o futuro, mediante a execução de todos os pontos pensados e definidos previamente antes do início da sua execução, contendo uma equipe proposta para executar variadas tarefas, complexas ou não. A ação de projetar tem o fundamento de resolver problemas, construindo etapas organizadas para elaboração, com a integração de todos os membros pensantes envolvidos, onde suas ideias são expostas para o grande grupo e debatidas, buscando sempre a melhor solução para cada caso. Após um pré-acordo se inicia as etapas do projetista, que elabora detalhadamente aquilo que foi acordado com a equipe, com isso facilitando o entendimento.

Conforme Scheuer, Romano e Santos (2010), o projeto deve ser realizado de uma maneira rápida e sistemática, para ser competitivo com a concorrência, contendo processos de gerenciamento de tarefas eficazes. De maneira nenhuma o projeto deve ser iniciado e realizado de uma maneira empírica, ou seja, sem um procedimento.

De uma maneira geral não existe explicação correta para ensinar a projetar, pois essa atividade engloba conhecimentos práticos adquiridos ao longo dos anos. Existem três formas de conhecimentos que se fazem necessários para projetar: a geração de ideias, conhecimentos para avaliar conceitos e conhecimentos sobre a estruturação do projeto do produto. A geração de ideias acontece quando se depende de habilidades específicas e conhecimento dominante sobre o assunto em questão. Os conhecimentos para avaliar conceitos são adquiridos com experiência e com a qualificação em cursos técnicos e de engenharia. A estruturação do projeto do produto é obtida com treinamento formal. Todo esse apanhado é mencionado por Scheuer, Romano e Santos (2010).

O projeto na visão de Kaminski (2000) é elaborado por etapas, onde se determina a metodologia de organização de transformação das necessidades e meios para obtê-las e após formaliza-se as indicações de necessidade de materiais, recursos humanos, tecnológicos e financeiros para obter o produto pronto. Segundo o autor são normalmente definidas sete fases para a elaboração do produto, quais sejam: estudo de viabilidade, projeto básico, projeto executivo, planejamento da produção/execução, planejamento da disponibilização ao cliente, planejamento do consumo ou utilização do produto e planejamento do abandono do produto. O projeto também pode ser atualizado visando melhorias e correções, diante disso Maffei et al. (2010) explicam a existência do reprojeito de algum produto, aplicado quando os resultados

esperados não foram conforme as especificações iniciais, mas também visa à melhora na fabricação e na montagem.

Observando a opinião de Back et al. (2008), verifica-se que o projeto é designado por etapas, nas quais dividem as atividades e responsabilidades com os departamentos envolvidos, para que haja um entendimento e envolvimento sobre planejamento e execução do projeto. As atividades sequenciais são demonstradas na figura 3.

Figura 3 - Atividades sequenciais



Fonte: Back et al. (2008).

A etapa do planejamento do projeto ocorre na fase inicial, onde são envolvidos os clientes diretos e indiretos, parceiros, marketing e integrantes organizacionais da elaboração do projeto. Com isso se obtém o caminho para o gerenciamento de tarefas, abordagem de características especiais sobre o produto a ser concebido, a justificativa de projeto e escopo de como serão efetuadas as transições de uma etapa para outra.

Na etapa de projeto informacional, o marketing mantém foco para absorver e identificar o comportamento do mercado, assim orientando os demais envolvidos sobre as variações que podem modificar a ideia inicial de concepção do projeto. Nessa fase começam os desenvolvimentos propriamente ditos sobre temas como ergonomia, modularidade, estética, segurança e confiabilidade do produto. Com posse dessas informações, são buscadas as influências impactantes de manufatura e fornecedores para posteriormente obter aprovações e dar continuidade ao desenvolvimento.

A etapa de projeto conceitual destina-se à definição do funcionamento global do produto. Quando definida, se estabelece a elaboração da sua estrutura funcional, pesquisando qual será mais adequada para o produto projetado em questão. Nessa fase também são abordadas as questões de fabricação interna ou externa e os prazos para entrega de componentes por parte dos fornecedores.

Na etapa de projeto preliminar, define-se o layout final do produto contendo todas as informações sobre dimensional, forma, componentes fabricados e adquiridos, como também a utilização dos meios computacionais para auxiliar no desenvolvimento. Também são tratadas as questões de viabilidade técnica e econômica do projeto.

A última etapa, “Projeto detalhado” é onde são detalhados os desenhos, as informações de manufatura para fabricação, de suprimentos e de negociações com fornecedores. Nessa etapa ocorre a construção do protótipo para aprovação das partes envolvidas.

Conforme mencionado por Garcia, Celestino e Geraldelli (2010), o processo de desenvolvimento de produtos visa à competitividade entre as empresas de um mesmo ramo, onde a novidade e absorção das necessidades do mercado determinam o sucesso. A empresa por sua vez, deve buscar inovações e facilidades para seus produtos, verificando sempre qual é a tendência mercadológica, e assim ir à busca sempre da estratégia de chegar primeiro ao cliente, utilizando toda a sua experiência e diferencial, ambos adquiridos ao longo do tempo. No meio fabril, as empresas devem suprir suas necessidades de fabricação com menos custo, qualidade e rapidez, para que no final tenham um lucro considerável e também uma aceitação de seus produtos no mercado, tendo sempre um preço final competitivo. A competitividade, por sua vez, conceitua-se como antecipar-se todas as necessidades dos clientes.

Para Romeiro Fº et al. (2010), o desenvolvimento de produto deve ser encarado como um processo de negócios que possui marketing, horas de engenharia, conhecimento de causa por parte dos envolvidos técnicos e comerciais, normas e padrões a serem elaborados e seguidos para a obtenção de um resultado físico parcial como um protótipo. O PDP também pode ser conhecido por outras definições, como desenvolvimento de produto, projeto de desenvolvimento do produto, processo de planejamento e projeto, processo de desenvolvimento de novos produtos e desenvolvimento de novo produto ou processo de desenvolvimento.

Já na visão de Moraes e Santoro (2012), o desenvolvimento de um produto deve ser analisado considerando o modelo de projeto e linha de fabricação, simulando as etapas de construção com meios computacionais, para que adiante se obtenha resultados previamente verificados. Para obter maiores entendimentos, existem as metodologias de projeto.

Para Romeiro Fº et al. (2010), as metodologias de projeto são vistas como um conjunto de conhecimentos técnicos que abordam a preocupação por parte do projetista em estabelecer critérios eficazes na elaboração de um projeto, não agradando somente do ponto de vista estético do produto, mas também de sua funcionalidade, dentro da realidade tecnológica disponível no mercado. Nessa busca por métodos adequados, visam-se alguns pontos básicos para a iniciação de um projeto, que são: enunciado do problema, identificação dos aspectos e funções, limites para o projeto, disponibilidade técnica, criatividade e modelos.

2.3 MODULARIDADE DE PRODUTO

Segundo Kong et al. (2009), a procura de redução de custos, diversificação e inovação de produtos, gerou demanda para resolução dessas necessidades, de uma maneira personalizada. Verificou-se então, a competência das empresas em resistir aos mais variados mercados, e um desses exemplos foi a adoção da modularidade por parte delas. Consiste na adoção de sistemas menores, módulos, para a elaboração de um produto final mais eficaz e funcional. Ela proporciona a elaboração de uma gama de produtos, respeitando as exigências da cadeia de suprimentos e a customização, mas tendo também a probabilidade de trabalho simultâneo nas mais diversas montagens, não dependendo de um método sequencial. A modularidade proporciona também a utilização de componentes em comum para variados produtos, padronizando e aumentando a redução de custo no desenvolvimento.

Kong et al. (2009) definem produtos modulares como módulos menores que combinados entre si, desempenham o funcionamento de um produto. Os módulos são fabricados independentemente, porém juntados em um só conjunto exercem uma função determinada. São caracterizados por serem padronizados e intercambiáveis, onde com isso ganham agilidade na substituição.

Conforme abordado por Scalice et al. (2012), os conceitos de modularidade aplicam-se em determinar várias configurações de aplicação para um mesmo sistema, aumentando a sua capacidade de produção, dando maior gama de uso, sem ter um custo tão elevado como se fosse um sistema único.

“A modularidade pode então ser definida como o processo de definir um produto complexo a partir de subsistemas de menor escala, que podem ser projetados independentemente, mas que funcionam juntos como um todo” de acordo com Romeiro Fº et al. (2010, p. 229-230). A visão de modularização de um produto também pode ser conhecida por muitas empresas como arquitetura de produto.

Na visão de Romeiro Fº et al. (2010), produtos são constituídos de vários componentes, que unidos designam uma função determinada. Nessa visão o autor utiliza o termo arquitetura de produto, na qual mapeia o arranjo funcional entre os elementos e as suas relações entre si. A arquitetura pode ser do tipo modular ou integrada. A arquitetura integrada é a qual seus componentes são projetados em regime dependente, onde cada componente tem sua função no subsistema, distribuindo assim as funções entre os componentes. Na arquitetura modular, os componentes são projetados independentemente, com isso cada módulo projetado pode exercer uma ou mais funções. Para isso as variáveis de utilização dos produtos são

relevantes para a boa elaboração dos projetos, determinando a eficácia ou não no emprego da modularidade.

Na abordagem de Carnevalli, Miguel e Salerno (2013), na década de 90 o aumento da entrada de novas montadoras automobilísticas no Brasil impulsionou a adoção da modularidade, pois a distribuição de atividades e responsabilidades, como também a especialização de cada empresa fornecedora, facilitou a estratégia de aumentar a produtividade, atendendo assim ao mercado com maior eficiência. Modularidade pode ter envolvimento com várias perspectivas, porém são mencionadas as seguintes: modularidade de projeto, modularidade de produção, modularidade de processos organizacionais-alterações e modularidade de uso. No entanto o foco deste trabalho é a modularidade de projeto, onde seu objetivo é projetar módulos com funções e interfaces independentes, mas que no trabalho em conjunto, sejam interdependentes. Também se verifica que o projeto de modularidade dá liberdade para os engenheiros projetar variados módulos sem depender diretamente de outras partes do produto, conforme descrito por Silva e Miguel (2006).

3 ETAPAS DO TRABALHO

3.1 CENÁRIO ATUAL

Os produtos da marca Randon Implementos são destinados ao transporte de cargas rodoviárias. A grande variedade faz com que haja muitos produtos especiais, dimensionados de acordo com a solicitação específica de cada cliente, respeitando sempre as normas e legislações cabíveis para tal. A variação de aplicação faz com que o produto possua uma frequência maior de lubrificação ou não, dependendo da condição a qual o implemento será utilizado.

Com o intuito de manter o implemento em condições ideais de uso, a empresa possui um manual de instruções, baseado em testes e recomendações de fornecedores dos componentes utilizados, para que a manutenção preventiva do produto seja realizada segundo as informações escritas, tais como: limite de quilômetros rodados e horas de serviço para as devidas verificações. Numa das recomendações deste manual refere-se à lubrificação dos pontos de desgaste da caixa de carga. Pelo fato dela ser utilizada várias vezes, e dependendo do tipo de produto geralmente em ambientes com grande severidade, os pontos de desgaste são os mais propícios a apresentarem problemas com lubrificação.

Produtos que rodam por terra, minas e também são acionados por muitas vezes ao dia apresentam um desgaste maior em seus mecanismos. Os desgastes diante desses ambientes agressivos de trabalho são normais e provenientes principalmente do atrito entre as superfícies. Porém existem alguns implementos que apresentam um desgaste prematuro, que podem ser por falha do material utilizado, tipo de material incorreto para tal aplicação, mas na maioria das vezes é por falta de lubrificação nos pontos indicados.

Por não realizar as lubrificações nas paradas indicadas no manual do proprietário, os locais que sofrem grande desgaste, implicam em paradas sem programação, ocasionando a troca prematura de peças e por muitas vezes a substituição da própria caixa de carga. Devido à necessidade de muita rapidez no transporte, os clientes alegam nem sempre são levadas em conta as programações de paradas para manutenções. Muitos nem possuem programação de paradas. O quadro 1 apresenta algumas características, como a quantidade de pontos de lubrificação de cada produto, a aplicação e também a família a qual pertencem.

Quadro 1 - Produtos com pontos de lubrificação

<i>PRODUTO</i>	<i>PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO</i>	<i>APLICAÇÃO</i>	<i>FAMILIA DE PRODUTO</i>
SEMIRREBOQUE TANQUE	6 Pontos no Quadro de Rala	Transporte de líquidos	SR TQ
			
<i>PRODUTO</i>	<i>PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO</i>	<i>APLICAÇÃO</i>	<i>FAMILIA DE PRODUTO</i>
RODOTREM CANAVIEIRO	3 Pontos por Caixa de Carga. 1 ponto por mancal de Giro	Transporte de cana	RD CN
			
<i>PRODUTO</i>	<i>PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO</i>	<i>APLICAÇÃO</i>	<i>FAMILIA DE PRODUTO</i>
SEMIRREBOQUE CARREGA-TUDO	8 Pontos na Caixa de Carga	Transporte de implementos, vagões, máquinas	SR CT
			

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

No quadro verificam-se as famílias, que são as abreviaturas do nome dos produtos demonstrados nas fotos ilustrativas, na qual a primeira sigla refere-se ao tipo de implemento e a segunda sigla denomina a qual família o implemento pertence. Para melhor entender, seguem abaixo as abreviaturas com os respectivos nomes ao lado.

SR TQ – Semirreboque (implemento) tanque (família)

RD CN – Rodotrem (implemento) canavieiro (família)

SR CT – Semirreboque (implemento) carrega-tudo (família)

Outra família que possui aplicação no transporte de cargas, sendo responsável por transportar minério, areia, brita, lixo e grãos é a família de basculantes. Essa família possui a particularidade de articular a caixa de carga para descarregar, através de um cilindro telescópico hidráulico e com isso se movimentam componentes promovendo atrito entre eles, sofrendo assim desgaste e necessitam de frequentes paradas para lubrificação. Este produto trabalha em regime intenso quando carrega minério, onde é acionado de 10 a 15 vezes por dia, trabalhando 24 horas, sendo utilizado em distâncias curtas.

Esse implemento trafega por variadas estradas, mas o fato relevante para o presente estudo são os terrenos e as condições ambientais onde se efetua a operação de descarga, pelo fato de serem primordiais para segurança. As especificações de segurança são mencionadas no manual do proprietário, onde se indicam as maneiras corretas e incorretas de utilização do produto. Nesse manual é apresentado como se deve articular a caixa de carga e os terrenos onde isso deve ser feito. Porém muitas vezes acaba por ocorrer o desacoplamento e tombamento da caixa de carga do chassi, pelo fato de folgas ou rompimentos nos pinos de articulação, que podem quebrar ou exercer força lateral rompendo assim os contra pinos de segurança. Os problemas mencionados acima provêm da não lubrificação dos componentes de articulação da caixa de carga ou pela utilização de lubrificante não recomendado pelo fabricante do implemento, com isso a durabilidade de lubrificação pode ser afetada. O lubrificante recomendado para todos os mecanismos utilizados no implemento é a graxa EP2 para aplicações de extrema pressão.

Nesta família de basculantes, existem várias configurações possíveis para diversos tipos de aplicações de transporte de cargas, onde as especificações são de acordo com o tipo de material a ser transportado e também capacidade de carga. Alguns modelos destas configurações são ilustradas no quadro 2, onde são demonstradas três configurações deste modelo de implemento.

Quadro 2 - Configurações da família de semirreboque basculante

<i>PRODUTO</i>	<i>PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO</i>	<i>APLICAÇÃO</i>	<i>FAMILIA DE PRODUTO</i>
SEMIRREBOQUE BASCULANTE DESLIZANTE	10 Pontos combinados entre a Caixa de Carga Deslizante	Transporte de areia, minério, brita	SR BA
			
<i>PRODUTO</i>	<i>PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO</i>	<i>APLICAÇÃO</i>	<i>FAMILIA DE PRODUTO</i>
SEMIRREBOQUE BASCULANTE	8 Pontos na Caixa de Carga	Transporte de areia, minério, brita	SR BA
			
<i>PRODUTO</i>	<i>PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO</i>	<i>APLICAÇÃO</i>	<i>FAMILIA DE PRODUTO</i>
BITREM BASCULANTE MONOLATERAL	6 Pontos na primeira caixa de carga e 8 pontos na segunda caixa de carga	Transporte de grãos	BT BA
			

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Para este trabalho o implemento estudado, foi da família de basculantes, na configuração semirreboque basculante deslizante. A escolha deste implemento em específico se deu pelo fato de possuir casos de pós-vendas envolvendo negligência de manutenção preventiva e corretiva por parte dos clientes. Quando é constatado este tipo de caso, a empresa se reserva o direito de não incluir danos consequente à garantia do produto, e posteriormente não responde por esses danos. Um caso muito comum é o rompimento dos contra pinos dos pinos que prendem o cilindro hidráulico de basculamento. Quando não há lubrificação nos pinos, os mesmos tendem a girar e se deslocar lateralmente, forçando os contra pinos. Na figura 4a é demonstrado o contra pino sendo forçado lateralmente e na figura 4b, verifica-se o dano causado pelo rompimento do contra pino, no mancal de giro do cilindro hidráulico telescópico.

Figura 4 - Força lateral no contra pino



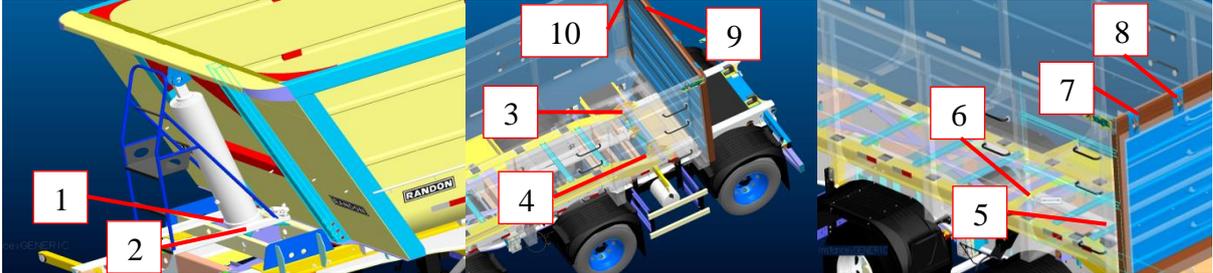
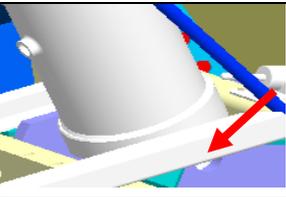
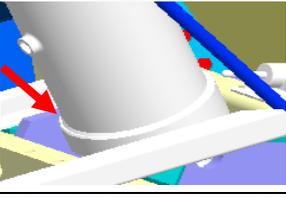
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

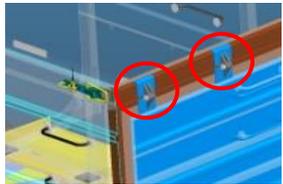
Posterior ao rompimento ocorre o desacoplamento do pino do mancal da caixa de carga e da base ou ponteira do cilindro hidráulico, danificando o sistema de basculamento. Com o presente estudo se verifica a possibilidade de melhorar o acesso de lubrificação de todos os pontos da caixa de carga, fazendo com que haja uma maior frequência de lubrificação do implemento e também acabar com qualquer descontentamento de garantia por parte da empresa e do cliente.

O início do estudo se deu na coleta de dados atualizados e adquiridos na montagem final da empresa, onde ocorre o processo de lubrificação. Os dados coletados foram: verificação de quantidades de lubrificante por ponto e os tempos para aplicação do lubrificante na caixa de carga. Os pontos foram lubrificados com uma engraxadora pneumática que possui um ciclo de aplicação, acionado por um gatilho na mangueira de

aplicação. O tempo de lubrificação coletado de cada ponto foi verificado desde o operador empunhar a mangueira e acionar o gatilho da engraxadora, até ser completo o ciclo de lubrificação. As informações são demonstradas no quadro 3.

Quadro 3 - Configurações da família de semirreboque basculante

				
				
IMAGEM DO PONTO	PONTO	QT. DE LUBRIFICANTE	TEMPO DE LUBRIFICAÇÃO	TIPO DE LUBRIFICANTE
	1	0,015kg	15s	GRAXA EP2
	2	0,015kg	15s	GRAXA EP2
	3 e 4	0,015kg	10s	GRAXA EP2
	5	0,015kg	20s	GRAXA EP2

	6	0,015kg	20s	GRAXA EP2
	7, 8, 9 e 10	0,015kg	80s	GRAXA EP2

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

Para a situação em campo, o tempo de lubrificação é maior devido à necessidade de limpeza, dificuldade de acesso e movimentação do implemento. Segue abaixo o quadro 4, contendo informações comparativas de gastos com manutenção no implemento semirreboque basculante deslizante.

Quadro 4 - Dados de custos da lubrificação

MANUTENÇÃO DESEMPENHADA	Descrição do impacto	Problema do produto	Custo ou tempo
Lubrificação	Produto parado	Lubrificação da caixa de carga	1:00 h
	Custo médio de lubrificação da caixa de carga (mão de obra e lubrificante)	Lubrificação da caixa de carga	R\$ 100,00
	Ganho líquido de produtividade do produto	Lubrificação da caixa de carga	R\$ 30,30 por hora
	Gasto mensal do cliente (4 paradas)	Lubrificação da caixa de carga	R\$ 521,20
	Gasto anual do cliente	Lubrificação da caixa de carga	R\$ 6.254,40
	Reparo médio de tombamento da caixa de carga	Não lubrificação dos mancais do cilindro telescópio	R\$ 40.000,00

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

3.3 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

As atividades a serem realizadas foram organizadas de forma sequencial, visando à utilização das ferramentas e estrutura existentes na empresa. Essas etapas incluem pesquisa, projeto e elaboração de protótipo para análise técnica e econômica da proposta deste trabalho. Para melhor entender este procedimento, o quadro 5, demonstra de maneira esquemática esta sequência de atividades.

Quadro 5 - Etapas para a realização do trabalho

ETAPA		PESQUISAR POSSIBILIDADES EXISTENTES NO MERCADO
1	OBJETIVO	Conhecer as aplicações disponíveis no mercado, dimensionando o melhor sistema para o implemento em estudo, seja ele manual ou automático.
	COMO FOI REALIZADO	Sites, revistas, verificando fornecedores potenciais.
ETAPA		PESQUISA DE PÓS-VENDAS
2	OBJETIVO	Verificar junto ao cliente a aceitação do novo sistema.
	COMO FOI REALIZADO	Pesquisa interna junto a assistentes técnicos de pós-vendas, verificando a opinião de como melhoraria em campo os produtos com essa inovação.
ETAPA		ANALISAR APLICAÇÕES AO PRODUTO ESPECÍFICO
3	OBJETIVO	Verificar a viabilidade técnica e de modularidade.
	COMO FOI REALIZADO	Analisar juntamente com os fornecedores em potencial e a EBC – Engenharia de Basculantes, a melhor aplicação para o produto em estudo, dimensionando bitolas dos pontos a serem lubrificadas e distâncias entre os pontos até a central de lubrificação, para obter vazão e pressão necessárias para alimentação de lubrificante de cada ponto. O estudo também verificará a modularização desse módulo lubrificador para os demais produtos da família de basculantes.
ETAPA		ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA
4	OBJETIVO	Verificar se o valor econômico agregado será vantajoso.
	COMO FOI REALIZADO	Solicitação de cotações de preços juntamente com o setor de suprimentos da empresa. Também foi realizada uma verificação junto ao setor de custos, para um estudo de preço final do produto com essa alteração tecnológica.

ETAPA	PROJETO	
5	OBJETIVO	Alterações e adaptações.
	COMO FOI REALIZADO	Foram realizadas adaptações no projeto atual do produto, para poder receber o sistema central de lubrificação, adequando os melhores locais para serem colocados os componentes.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013.

Inicialmente tinha-se como objetivo utilizar um sistema que possibilitasse a modularização de todos os chassis de produtos, porém o trabalho se direcionou para o estudo efetivo de desenvolvimento do sistema de lubrificação central, verificando suas particularidades para apenas um implemento, no caso a basculante deslizante.

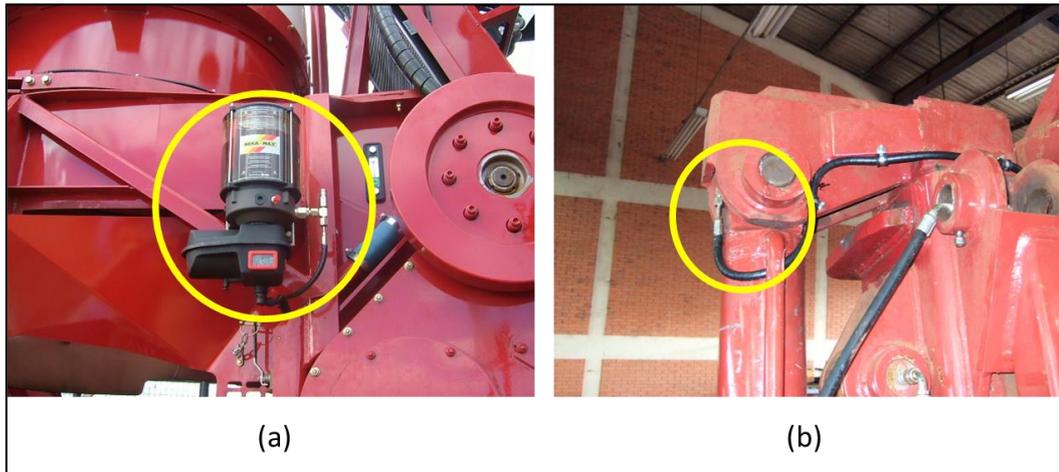
3.4 SOLUÇÕES DE MERCADO

A alternativa verificada para o presente estudo é a implantação de um sistema central de lubrificação, podendo ser automático ou manual. Com o sistema sendo manual, o operador do cavalo mecânico poderá acionar a central no próprio implemento, enquanto espera o carregamento de ar para a liberação dos freios de segurança. Esta central de lubrificação poderá ser também de um modelo automático, acionada de dentro do implemento pelo operador do cavalo mecânico ou ser acionada por um dispositivo eletrônico, onde este fará a dosagem correta de lubrificante.

Este tipo de equipamento já é utilizado na forma automática em centros de usinagem, veículos fora de estrada e máquinas agrícolas. A vantagem deste tipo de produto é a utilização de lubrificante necessário na hora correta, evitando assim desperdícios e consequentemente gastos desnecessários. Um fabricante pesquisado utiliza este tipo de central de lubrificação para aplicação em máquinas escavadeiras e possui capacidade técnica de 4 L na bomba de distribuição de lubrificante e 4,0 psi de pressão. O valor médio estimado de implantação desse sistema em escavadeiras por esse fabricante fica em torno de R\$ 9.000,00.

A lubrificação poderá ser programada com precisão e antecedência, sem que haja parada do implemento para lubrificação. Na figura 5a é apresentado o reservatório com a bomba de lubrificação que combinados formam a central de lubrificação; e na figura 5b verifica-se aplicação de lubrificante comandado pela central em um implemento agrícola.

Figura 5 - Aplicação máquina agrícola



Fonte: Beka, 2013.

4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

4.1 APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES DE MERCADO

Com uma pesquisa a sites e catálogos de fabricantes tais como, os sistema de lubrificação central da Lincoln, Beka e Woerner obteve-se um apanhado específico de sistemas que podem ser utilizados na aplicação de lubrificação do implemento em questão, tendo como base uma central de distribuição de lubrificante automática. Verificaram-se três fabricantes especializados nesse tipo de aplicação. Abaixo, o quadro 6, apresenta os principais dados dos produtos destes fabricantes.

Quadro 6 - Dados de aplicações

FOTO DO SISTEMA	FABRICANTE	VOLUME POR PONTO	CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO	QUANTIDADE DE PONTOS	APLICAÇÕES
 <p>1</p>	Lincoln	0,015kg	2,4kg	10	Escavadeiras, implementos fora de estrada, caminhões e implementos rodoviários.
 <p>2</p>	Beka	0,015kg	1,2kg	10	Implementos agrícolas, caminhões e implementos rodoviários.
 <p>3</p>	Woerner	0,015kg	2kg	10	Prensas, Centros de usinagem.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Na avaliação dos sistemas entre si foram observados parâmetros iguais, como o volume de graxa para cada ponto e também a frequência de lubrificação para esses pontos. O volume de graxa é de 0,015kg por ponto, conforme quadro 6 e a frequência considerada de utilização do sistema central de lubrificação é de uma semana. Com esses parâmetros, os fornecedores especializados em sistemas centrais de lubrificação enviaram suas especificações para uso específico no semirreboque basculante deslizante.

O sistema Lincoln (sistema 1) apresentou reservatório de graxa com capacidade de 2,4kg para aplicação na caixa de carga do semirreboque basculante deslizante. Essa quantidade de lubrificante armazenada no reservatório é capaz de manter a caixa de carga do implemento lubrificada durante quatro meses.

O sistema do fabricante Beka (sistema 2) optou por um reservatório menor, tendo como capacidade de armazenamento 1,2kg. Esse armazenamento de graxa é suficiente para manter a caixa de carga do implemento lubrificada por dois meses. Essa frequência de uso do sistema central de lubrificação cai pela metade em autonomia em relação ao sistema 1 descrito anteriormente.

O fabricante Woerner (sistema 3) apresentou um reservatório com capacidade de 2,0kg, podendo manter a caixa de carga do implemento com os seus pontos de articulação lubrificados por três meses.

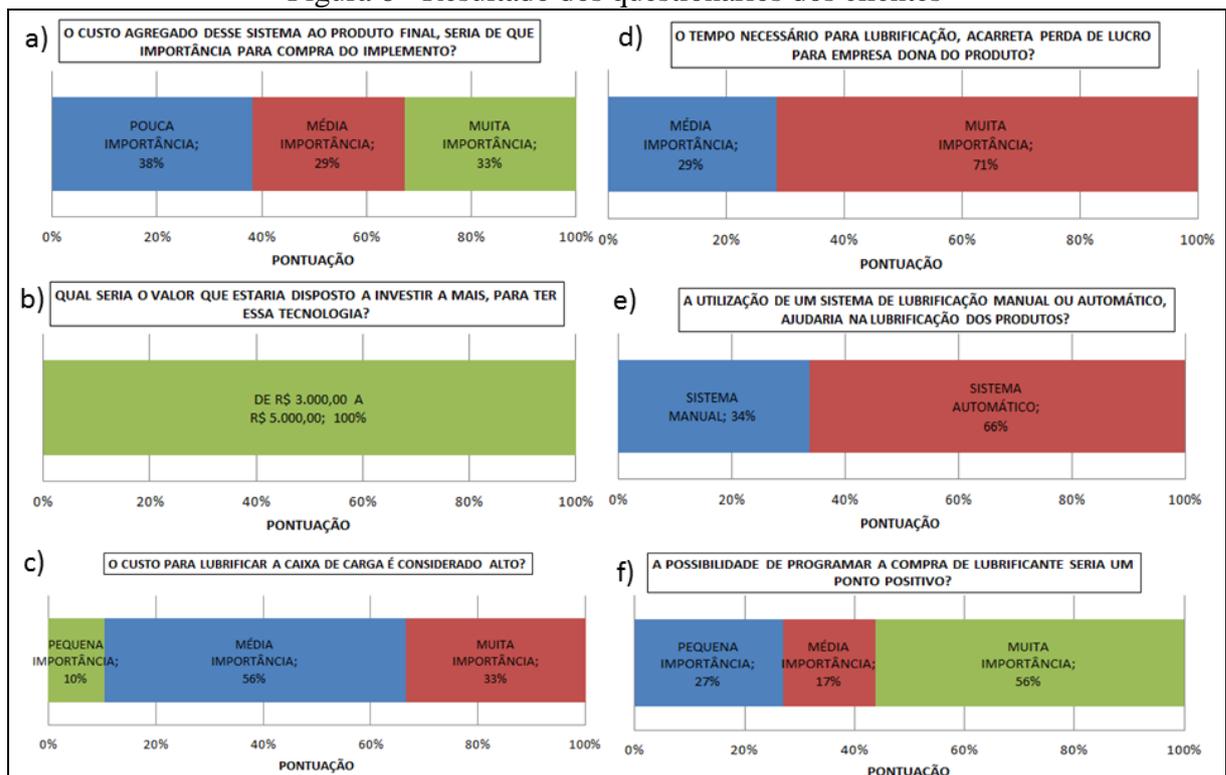
Com base nas alternativas mostradas pelos fabricantes de central de lubrificação, constatou-se que todos podem ser utilizados na aplicação de lubrificação da caixa de carga, porém se diferenciam nas autonomies de abastecimento dos reservatórios de lubrificante.

4.2 PESQUISA DE PÓS-VENDAS COM CLIENTES

Com base em uma pesquisa direcionada a clientes que utilizam implementos para o transporte de cargas como minério e grãos, no caso o semirreboque basculante deslizante, verificou-se que o questionário apresentado a eles pelos consultores técnicos de pós-vendas foi de grande valor para a implantação de um sistema central de lubrificação. Com esses dados pode-se ter uma análise crítica sobre a utilização de um sistema desse porte no implemento, onde demarcou-se os principais pontos, vantajosos ou não, na utilização deste sistema por parte dos usuários. A pesquisa foi realizada por meio de um questionário, que somou as notas mais altas referentes a cada questão fazendo uma relação de importância para determinar um sistema ideal para a aplicação. As notas mais altas descreveram os sistemas que o cliente está necessitando. O questionário se encontra no apêndice A.

Os dados foram coletados junto a dez clientes. Dois deles eram de grande porte, pois possuíam entre cem e trezentos produtos; seis clientes de médio porte, que possuíam de cinquenta a cem semirreboques; e dois clientes eram de pequeno porte que possuíam de dez a vinte implementos. Os clientes deram seu parecer sobre as questões solicitadas no questionário avaliando o uso dos seus produtos e verificando no que seria vantajosa a utilização de um sistema central de lubrificação. Conforme a pontuação de todas as pesquisas recebidas dos clientes, um sistema automático de lubrificação central se mostrou mais aceitável para utilização no semirreboque basculante deslizante, pois evitaria frequentes paradas para lubrificação da caixa de carga do implemento. O nome dos clientes foi mantido em sigilo por solicitação da empresa. A figura 6 abaixo mostra de uma forma mais clara os resultados dos questionários dos clientes, comentados separadamente por pergunta.

Figura 6 - Resultado dos questionários dos clientes



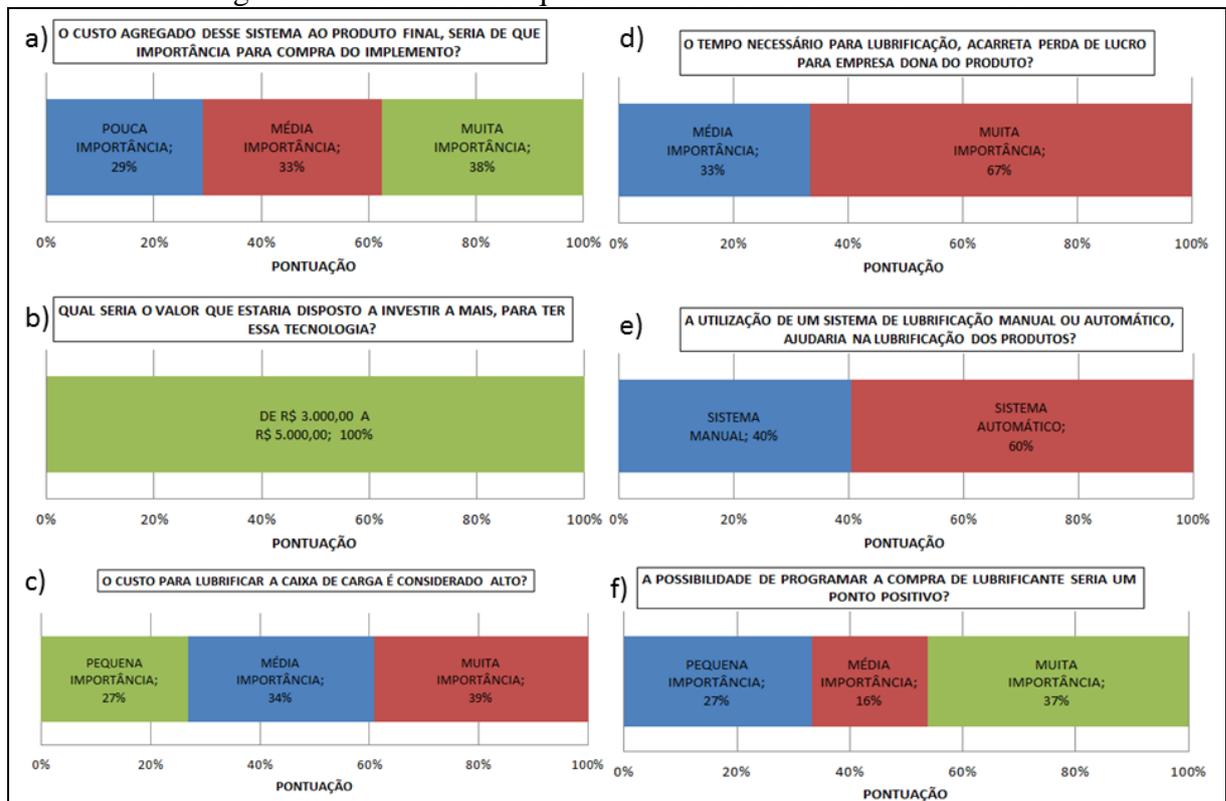
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Verificando os resultados dos questionários enviados, foi possível ver que o custo agregado ao produto mostrado na figura 6a, teve opiniões semelhantes dos clientes sobre a importância, onde 38% julgaram ter pouca importância, 29% média importância e 33% muita importância. A figura 6b, mostrou que 100% dos clientes estariam dispostos a investir valores de R\$3.000,00 a R\$5.000,00 para instalar o sistema central de lubrificação em seus

implementos. Na visão de 56% dos clientes o custo para a lubrificação da caixa de carga do implemento, conforme é visto na figura 6c, é considerada de média importância. A figura 6d mostra que o tempo na qual o implemento fica parado para efetuar a lubrificação é de muita importância para os clientes, pois esse tempo reverte em perda de produtividade do implemento, além de ter o custo com a atividade no distribuidor. A figura 6e mostra que 66% dos clientes que responderam ao questionário consideram o sistema de lubrificação central automático mais eficaz que o manual, para a aplicação em seus produtos. Já 56% dos clientes, conforme mostrado na figura 6f, consideram que a incorporação desse sistema ao implemento facilitaria a programação de parada e compra de lubrificante sem desperdício.

A pesquisa também se estendeu a sete consultores técnicos de pós-vendas, por terem uma visão prática de campo. Na visão deles, o sistema também se mostrou viável para utilizar no semirreboque basculante deslizante, e por esse fato, os resultados foram semelhantes aos coletados na pesquisa dos clientes. A figura 7 mostra os dados coletados dos questionários dos consultores técnicos.

Figura 7 - Resultado dos questionários dos consultores técnicos



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Na verificação dos resultados dos questionários enviados aos consultores técnicos, foi possível ver que o custo agregado ao produto mostrado na figura 7a, teve resultados semelhantes aos dos clientes. A figura 7b mostrou que 100% dos consultores que responderam o questionário concordam o investimento de valores de R\$3.000,00 a R\$5.000,00 para instalar o sistema central de lubrificação nos implementos, tendo assim resultado idêntico ao dos clientes. Na visão de 39% dos consultores o custo para a lubrificação da caixa de carga do implemento, conforme é visto na figura 7c, é considerada de muita importância, porque é considerada alta atualmente, tendo em vista a frequência de parada e o tempo que o implemento deixa de trabalhar. A figura 7d mostra que o tempo na qual o implemento fica parado para efetuar a lubrificação é de muita importância para 67% dos consultores que responderam a pesquisa. Com isso comprova-se que se caixa de carga do implemento estiver com a lubrificação em dia, será menos passível de paradas inesperadas. A figura 7e mostra que 60% dos consultores também concordaram que o sistema de lubrificação central automático seria mais eficaz que o manual. Já 37% dos consultores, conforme mostrado na figura 7f, consideram que a incorporação desse sistema ao implemento facilitaria a programação de parada e compra de lubrificante sem desperdício.

4.3 ANÁLISE ECONÔMICA DE SISTEMAS DE MERCADO

Os sistemas disponíveis encontrados para essa aplicação se mostraram eficientes por atenderem aos parâmetros de volume de 15g e frequência de lubrificação de uma vez por semana, mencionados no capítulo 4.1. Porém o valor final do produto teria um acréscimo variando de 2,4% a 7,8% ao seu preço atual. A margem de lucro em cima do produto vendido também poderia ser modificada conforme essas porcentagens para a implantação desse sistema central de lubrificação, pois a margem de lucro varia conforme a venda realizada, podendo se basear, na quantidade de produtos comercializados; no tipo de pagamento, seja ele à vista ou por financiamento; e também na região na qual é vendido, seja ela nacional ou internacional. O sistema escolhido para realizar o protótipo foi o do fabricante Woerner, por existir uma bomba dessa marca com as mesmas características na empresa. O quadro 7 mostra simplificada as comparações entre os gastos com cada sistema e também quanto seria o acréscimo de valor ou queda de lucro ao produto final fornecido para o cliente Randon. O sistema que se mostrou mais barato foi da marca Beka, na qual é responsável pelo acréscimo do preço do produto em 2,4%.

Quadro 7 - Comparações de investimentos

FOTO DO SISTEMA	FABRICANTE	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA COMPLETO COM CENTRAL DE LUBRIFICAÇÃO	ACRÉSCIMO APROXIMADO AO PREÇO FINAL DO IMPLEMENTO, IMPLANTANDO O SISTEMA
 <p>1</p>	Lincoln	69% a mais que o sistema 3	7,8%
 <p>2</p>	Beka	52,5% a menos que o sistema 3	2,4%
 <p>3</p>	Woerner	Sistema 3 escolhido para o teste de protótipo.	5%

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Para poder ter algo semelhante com a mesma eficiência e aplicabilidade e sem a parte eletrônica, realizou-se uma pesquisa de sistema, onde foi concebida a aplicação de uma bomba e de componentes mais baratos para realização da mesma função. A ideia foi desenvolver um protótipo contendo um manifold central, com as devidas saídas e regulagens de fluxo, para executar a função de central de lubrificação e com isso levar lubrificante a todos os pontos solicitados da caixa de carga do implemento semirreboque basculante deslizante.

4.4 PROJETO E TESTE DE PROTÓTIPO

4.4.1 Dados técnicos considerados

Para realizar a implantação do projeto, verificou-se a quantidade total de pontos passíveis de lubrificação e também a quantidade que cada um necessita para se manter lubrificado. Analisou-se conforme o quadro 3, que cada ponto necessita de 15g para expurgar a graxa já utilizada e suprir a lubrificação dos campos atritados entre si.

O dimensionamento da tubulação teve como base a área interna das graxeiras utilizadas no produto semirreboque basculante deslizante e a quantidade de lubrificante para cada ponto. Os pontos localizados no chassi do produto, como também a distância dos mesmos até a central de lubrificação, foram verificadas, para que fosse repassado aos fornecedores realizarem a cotação. O tempo para atingir a quantidade de lubrificante por ponto não foi um parâmetro considerado no dimensionamento do sistema de lubrificação central.

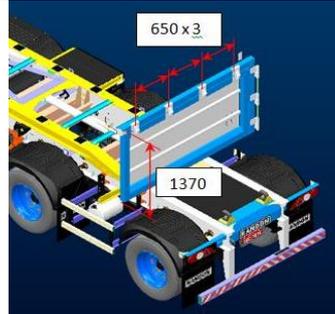
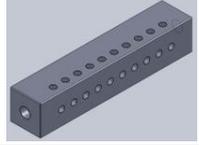
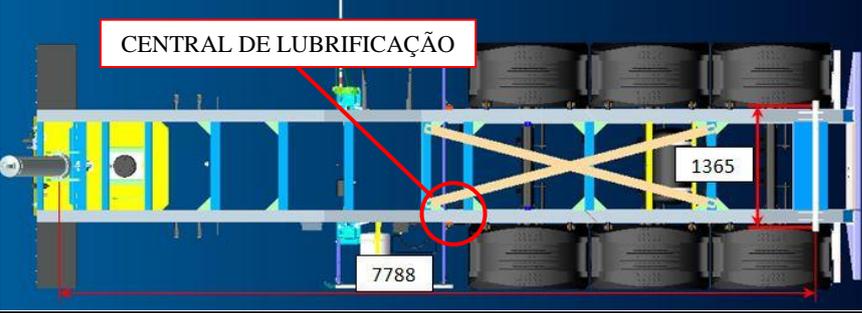
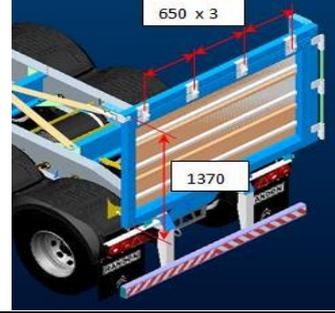
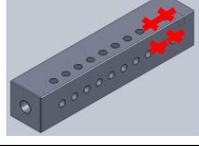
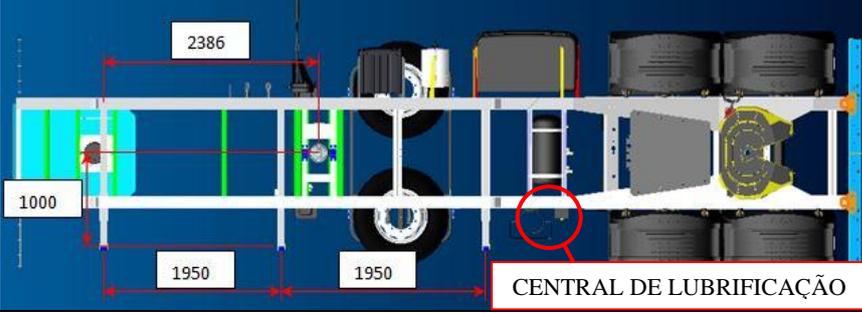
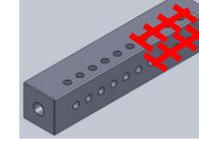
Nessa fase pode-se também ter uma visão mais ampla a respeito da possibilidade de utilizar o sistema central de lubrificação, em outros modelos de chassis de semirreboques da família de basculante, onde foram analisados três, sendo eles o chassi da basculante deslizante, o chassi da basculante e o chassi da basculante monolateral. Foram coletados dados quantitativos de cada um, como quantidade de pontos a serem lubrificados, distância entre os pontos e central de lubrificação e a quantidade de lubrificante para cada ponto. Verificou-se que o sistema pode ser utilizado em comum nos mesmos, porém devem ser realizados alguns ajustes na bomba, como a restrição aos pontos de alimentação não utilizados. A parte de tubulação por sua vez, teria que ser especial para cada implemento.

4.4.2 Projeto do sistema protótipo

O projeto foi elaborado para atender as solicitações dos clientes e dos consultores técnicos de pós-vendas através da pesquisa realizada com o questionário do apêndice A, que combinadas à parte técnica e financeira serviram de ponto inicial para as definições sobre o produto a ser elaborado. Abaixo segue a sequência das atividades realizadas no projeto, conforme um cronograma, mostrado no apêndice B.

A primeira etapa foi verificar a disposição do sistema proposto para projeto em três modelos de chassi, comparando suas particularidades. O quadro 8 abaixo, apresenta as comparações de chassis.

Quadro 8 - Comparações de chassis

01 - CHASSI SEMIRREBOQUE BASCULANTE DESLIZANTE	
	
	<p>10 pontos de lubrificação distribuídos pelo implemento e nenhum ponto do manifold contém restrição.</p> <p>0,150kg de graxa para abastecer todos os pontos de lubrificação</p>
02 - CHASSI SEMIRREBOQUE BASCULANTE	
	
	<p>8 pontos de lubrificação distribuídos pelo implemento e dois pontos do manifold contém restrição.</p> <p>0,120kg de graxa para abastecer todos os pontos de lubrificação</p>
03 - CHASSI SEMIRREBOQUE BASCULANTE MONOLATERAL	
	<p>SEM LUBRIFICAÇÃO NA TAMPA DA CAIXA DE CARGA</p>
	<p>6 pontos de lubrificação distribuídos pelo implemento e quatro dos pontos do manifold contém restrição.</p> <p>0,090kg de graxa para abastecer todos os pontos de lubrificação</p>

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Analisando os chassis da família de basculantes, viu-se que a regulagem que restringe a alimentação de graxa no manifold teria que ser feita de forma diferente para equalizar o fornecimento para os pontos de lubrificação dos outros chassis. Porém poderiam ser usados os mesmos componentes utilizados no protótipo do teste, inclusive o manifold.

Outro fator observado durante a análise dos chassis da família de basculantes foi o do posicionamento da central de lubrificação. A central é posicionada diferente no semirreboque basculante deslizante (produto 01), em relação aos outros produtos da família de basculantes. O semirreboque basculante (produto 02) possui restrições como posição da suspensão e no semirreboque basculante monolateral (produto 03) a movimentação da caixa resulta em outra posição para a central.

A segunda etapa foi calcular a quantidade necessária de lubrificante para atender a demanda de todos os pontos, tendo como informação as áreas das tubulações, peso específico da graxa e vazão das bombas dos fornecedores cotados. A equação 1 mostra o cálculo de vazão para a bomba dos fabricantes que podem variar de 15rpm a 18rpm. A quantidade encontrada foi considerada para 18rpm, pois um pulso das bombas representam 1rpm.

sendo: Q_1 representa a vazão total de lubrificante [cm^3/min]

Q representa a vazão da bomba [$\text{cm}^3/\text{rotação}$]

n representa o número de rotações da bomba [rpm]

$$Q_1 = Q.n \quad (1)$$

$$Q_1 = 0,06\text{cm}^3.18\text{rpm}$$

$$\mathbf{Q_1 = 1,08\text{cm}^3/\text{min}}$$

A quantidade total de lubrificante para cada ponto é mostrada na equação 2.

sendo: Q_1 representa a vazão total de lubrificante [cm^3/min]

N representa o número total de pontos

ρ representa o peso específico da graxa [g/cm^3] na qual vale $0,93\text{g}/\text{cm}^3$

P representa o total de peso por ponto [g/min]

$$P = (Q_1.\rho)/N \quad (2)$$

$$P = (1,08\text{cm}^3/\text{min}.0,93\text{g}/\text{cm}^3)/10$$

$$\mathbf{P = 0,10044\text{g}/\text{min}}$$

Para determinar quantos minutos demora em abastecer todos os pontos com graxa aplicou-se a equação 3, que relaciona a quantidade total de lubrificante necessária para o abastecimento de cada ponto com a quantidade encontrada na (equação 2) em um minuto.

sendo: T1 tempo de abastecimento de lubrificante para todos os pontos [min]

Q2 quantidade necessária de lubrificante por ponto estipulada [g]

P representa o total de peso por ponto [g/min]

$$T1 = Q2/P \quad (3)$$

$$T1 = 15g/0,10044g/min$$

$$T1 = 149,34min$$

A equação 4 mostra em quantas horas será necessário para abastecer.

sendo: T2 tempo de abastecimento de lubrificante para todos os pontos [h]

Q2 quantidade necessária de lubrificante por ponto estipulada [g]

60 representa o valor de minutos em 1 hora [1h/60min]

$$T2 = Q2/60 \quad (4)$$

$$T2 = 149,34min/60$$

$$T2 = 2,49h$$

Para realizar os cálculos acima descritos de uma maneira mais ágil, construiu-se uma tabela com as bombas dos fabricantes Woerner e Beka. O fabricante Lincoln não foi utilizado na tabela por ter ficado acima da faixa de custo de implantação, conforme resultado da pesquisa de pós-vendas apresentada nas figuras 6 e 7. Na tabela 1, abaixo, segue a comparação de fornecedores que se mostraram economicamente viáveis para o projeto, A Beka e a Woerner.

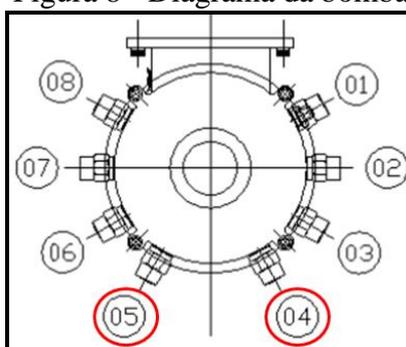
Tabela 1- Comparação de fornecedores

ESTUDO BOMBAS FABRICANTES PARA PROJETO						
BOMBAS DA WOERNER						
Vazão bomba p/18RPM [cm ³]	Qt.pontos	Peso p/ponto	Peso em 1 min	Tempo [min] para 15g p/ponto	Tempo [h] para 15g p/ponto	
1,08	10	0,10044 g/min	0,10044 g	149,34	2,49	
1,44	10	0,13392 g/min	0,13392 g	112,01	1,87	
1,8	10	0,1674 g/min	0,1674 g	89,61	1,49	
2,16	10	0,20088 g/min	0,20088 g	74,67	1,24	
BOMBAS DA BEKA						
Vazão bomba p/15RPM [cm ³]	Qt.pontos	Peso p/ponto	Peso em 1 min	Tempo [min] para 15g p/ponto	Tempo [h] para 15g p/ponto	
0,9	10	0,0837 g/min	0,0837 g	179,21	2,99	
1,2	10	0,1116 g/min	0,1116 g	134,41	2,24	
1,5	10	0,1395 g/min	0,1395 g	107,53	1,79	
1,8	10	0,1674 g/min	0,1674 g	89,61	1,49	

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

A bomba da central de lubrificação escolhida foi a destacada, da marca Woerner, com vazão de 2,16cm³/rotação para 18 rpm, pelo fato de haver uma unidade na empresa para a realização de um teste com protótipo do sistema e também por apresentar o menor tempo de abastecimento de todos os dez pontos de lubrificação. Essa bomba possui oito saídas de alimentação, porém no projeto do protótipo utilizaram-se apenas duas. Abaixo segue figura 8 do diagrama da bomba, contendo todas as saídas e também a identificação dos pontos 04 e 05 utilizados para alimentação.

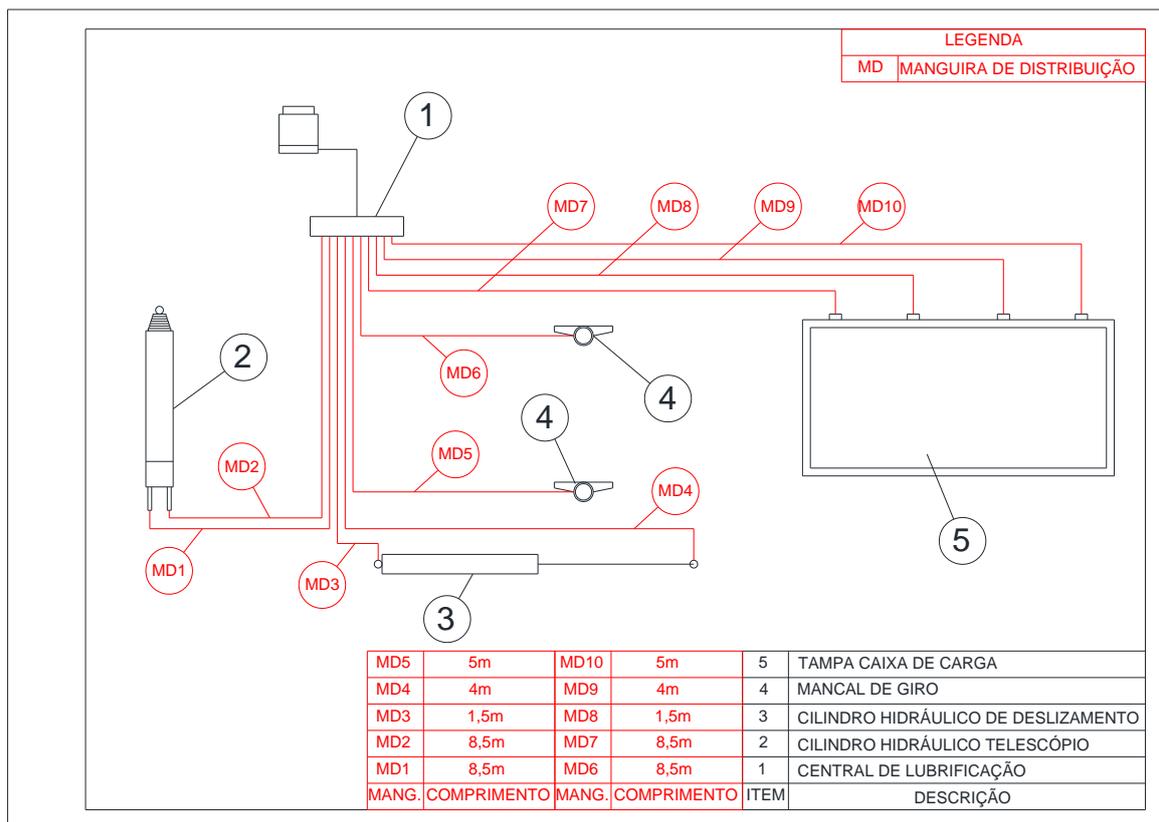
Figura 8 - Diagrama da bomba



Fonte: Woerner sistemas de lubrificação, 2014.

A terceira etapa do projeto foi a elaboração dos desenhos para fabricação e aquisição de componentes. O funcionamento descreve-se com a bomba Woerner de vazão $2,16\text{cm}^3$ alimentando o manifold distribuído, através de conexões pneumáticas e tubulações flexíveis. Após ser alimentado, o manifold distribui o lubrificante, através de dez saídas com regulagens de fluxo e assim simulando o percurso a ser percorrido pelo lubrificante até os pontos de lubrificação da caixa de carga do implemento. O percurso descrito foi com tubulações de diversos comprimentos de 1,5m a 8,5m, saindo do manifold e se dirigindo até os pontos de lubrificação. O volume de graxa para iniciar o sistema é de aproximadamente 6kg, porém o custo da graxa não foi considerado para o projeto. Abaixo na figura 9 é mostrado de uma forma mais clara o funcionamento do sistema de lubrificação central projetado, através de um diagrama esquemático com comprimento da tubulação referente a cada ponto específico.

Figura 9 - Diagrama esquemático de funcionamento do sistema



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Como se vê na figura 9, os balões com códigos numéricos identificam os conjuntos que receberão lubrificante e a central de lubrificação. Possuem funções essenciais para a movimentação da caixa de carga do implemento. Abaixo seguem as explicações referentes a cada conjunto e também sua função na caixa de carga.

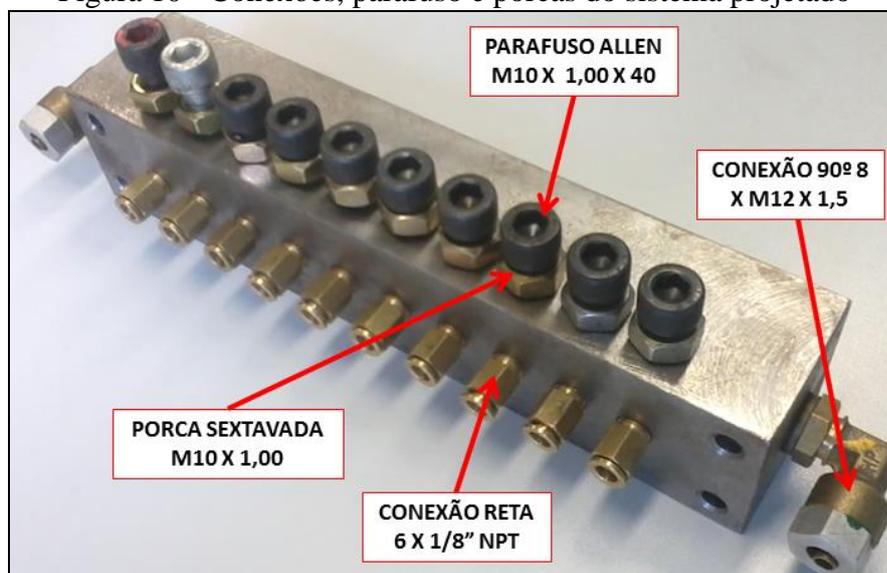
- a) O balão de número 1 indica o conjunto, composto por bomba com reservatório conjugado, manifold, conexões e mangueiras de ligação;
- b) O balão de número 2, mostra o cilindro hidráulico telescópico, responsável pela elevação da caixa de carga do implemento;
- c) O balão número 3 indica o cilindro hidráulico responsável pelo movimento de deslizamento da caixa de carga sobre o chassi;
- d) O balão número 4 indica os mancais de giro, que possuem a função de permitir o giro da caixa de carga;
- e) O balão número 5, indica de uma forma esquemática os pontos localizados na tampa traseira da caixa de carga, que permitem a articulação da tampa para o descarregamento.

Os balões com códigos alfa numéricos, denominados como MD (Mangueira de distribuição), identificam os tubos que saem do manifold distribuidor até os pontos de lubrificação, com os seus respectivos comprimentos. Os comprimentos das tubulações são mostrados no desenho do diagrama.

O manifold foi usinado no setor de ferramentaria, mediante a projeto CAD com dimensões e especificações de matéria-prima. O projeto do manifold distribuidor encontra-se no apêndice C. As bitolas das conexões foram escolhidas conforme as das mangueiras.

Após a elaboração do diagrama de funcionamento e do desenho do manifold, partiu-se para a escolha das conexões para acoplar ao manifold. Abaixo segue a figura 10, mostrando as conexões, parafusos e porcas do sistema projetado.

Figura 10 - Conexões, parafuso e porcas do sistema projetado



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

As bitolas escolhidas foram as 6mm x rosca 1/8" NPT reta, para alimentação dos dez pontos de lubrificação no implemento; e duas de bitola 8mm x rosca M12 x 1,5 90° para as conexões. Escolheu-se parafusos do tipo allen M10 x 1,00 x 40 e porcas sextavadas M10 x 1,00 para o controle de fluxo do manifold.

O projeto visou a utilização de tubulações e conexões pneumáticas, sendo que para a alimentação da bomba para o manifold foram adotadas mangueiras de diâmetros externo 8mm e interno 6mm respectivamente. Já para os pontos que saem do manifold, os diâmetros utilizados foram 6mm externo e 4,3mm no interno, por apresentarem as áreas semelhantes às das graxeiros utilizadas atualmente no implemento. A pressão não foi calculada pelo fato da graxa não ser um fluido newtoniano e por isso não apresentar precisão em cálculos. Optou-se por fazer o teste com o sistema para depois medir a pressão necessária para seu funcionamento.

Observou-se também a utilização de itens já utilizados na linha de fabricação do produto atualmente, como também materiais facilmente encontrados no mercado, para assim facilitar a aquisição e reposição.

4.4.3 Protótipo

Com base nas informações supracitadas acima, foi constituído o protótipo. Tanto o projeto quanto o protótipo não levaram em conta os funcionamentos utilizados pelos fornecedores.

Para por o protótipo em funcionamento, foi necessária a instalação de uma fonte elétrica de alimentação, convertendo a energia recebida da rede elétrica de 220V para 24V. Abaixo segue a figura 11 mostrando a instalação da fonte.

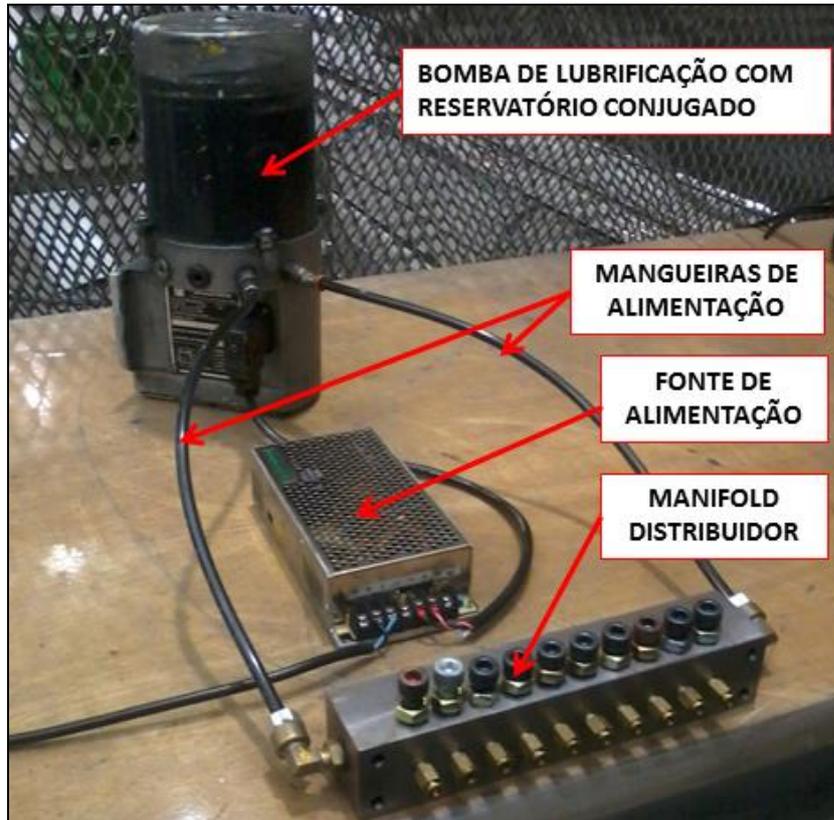
Figura 11 – instalação da fonte



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Após a instalação da alimentação elétrica, realizaram-se as conexões entre as tubulações da bomba até o manifold distribuidor. Abaixo segue a figura 12, demonstrando protótipo da central de lubrificação proposta.

Figura 12 - Protótipo da central de lubrificação



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

4.4.4 Métodos de teste do protótipo

Após a montagem do sistema principal, composto pela bomba, mangueiras de alimentação, fonte e manifold distribuidor em uma bancada, ligou-se o protótipo na rede elétrica e assim seguiu-se uma sequência de atividades preliminares para sua calibração. O método de preparo do teste se deu na seguinte forma:

- 1) montagem do sistema na bancada;
- 2) ligar o sistema na rede elétrica e encher o manifold com graxa;
- 3) regular a distribuição de graxa de uma maneira uniforme em todos os dez pontos;
- 4) pesagem da quantidade de graxa injetada em copos plásticos individuais por ponto, em balança com precisão em gramas;

- 5) montagem das mangueiras distribuidoras para os pontos de lubrificação do implemento (simulação em bancada com mangueiras de diferentes comprimentos);
- 6) nova pesagem de copos com graxa para equalização dos pontos e verificação prática dos cálculos.

Após o enchimento com graxa, iniciou-se a primeira calibração da distribuição de graxa no manifold, onde o sistema ficou ligado alimentando todos os dez pontos. Quando os pontos visualmente estavam parecidos, foi realizada a primeira medição de peso de graxa por ponto. A figura 13a mostra a regulagem dos pontos de distribuição e a figura 13b mostra a equalização dos pontos na calibração.

Figura 13 - Regulagem e equalização dos pontos

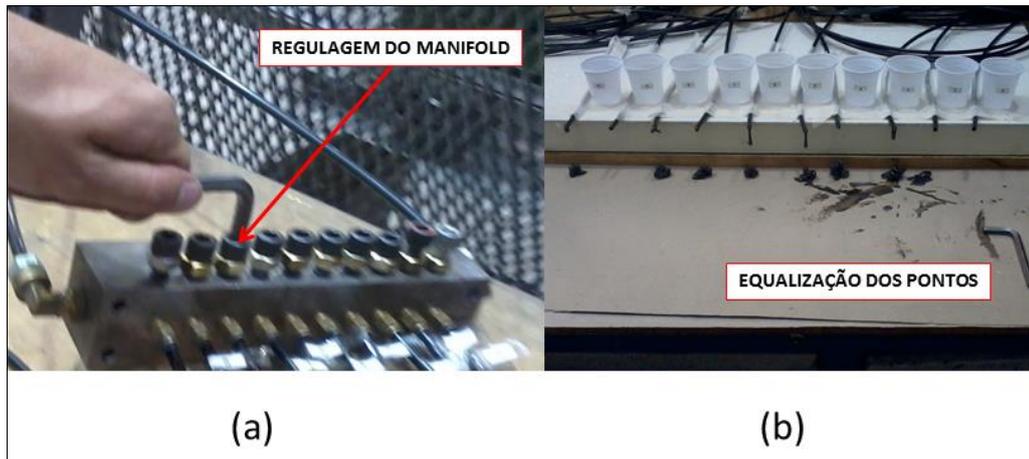


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Os copos plásticos dos dez pontos foram pesados até terem a quantidade de lubrificante parecida com média de 0,84g por ponto a cada 4 min. Assim passou-se para a próxima etapa do processo de teste, que é a montagem das dez mangueiras distribuidoras com os diferentes comprimentos. Com isso simulou-se os percursos que são utilizados no implemento para o lubrificante se deslocar para cada ponto de lubrificação.

Depois de realizado este procedimento, realizou-se uma nova calibração do sistema, equalizando-se cada ponto do manifold distribuidor através do mesmo procedimento especificado para calibração sem as mangueiras acopladas. Na figura 14a é demonstrada a calibração do manifold e na figura 14b é mostrada a calibração no final das mangueiras, que simulam a chegada de graxa nos pontos de lubrificação do implemento.

Figura 14 - Calibração e equalização dos pontos



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Para todas as calibrações e as medições realizadas os copos plásticos específicos de cada ponto foram pesados em uma balança com precisão de 0,001g. Essas medições foram realizadas em cinco vezes e os dados foram coletados para a verificação da homogeneidade de distribuição de graxa entre os pontos de lubrificação. Na figura 15 são mostrados os copos com a numeração correspondente aos pontos regulados na saída do manifold.

Figura 15 - Copos numerados conforme saídas do manifold



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

5 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Com os dados coletados nas cinco medições referentes à pesagem dos copos com as quantias de graxa, obteve-se um resultado semelhante para o protótipo testado, que teve uma diferença de três minutos a menos que o calculado de 1:24h ficando a desejar no tempo de lubrificação, que foi considerado alto levando em conta o tempo de lubrificação dos mesmos na montagem do implemento e a manutenção para esse fim no distribuidor.

A homogeneidade de distribuição de lubrificante entre os pontos foi eficiente na demanda de lubrificante até os pontos no implemento. Mas uma observação importante que foi considerada a favor da utilização do sistema central de lubrificação automático, é que o implemento não precisa estar parado para a realização da lubrificação dos dez pontos, portanto o tempo de lubrificação não é um fator impactante na utilização do sistema.

Os resultados teóricos e práticos foram analisados e com esses se verificou que os tempos ficaram relativamente próximos, validando assim o uso desse tipo de sistema para a lubrificação de um implemento. Abaixo segue a tabela 2 onde é mostrando o tempo teórico calculado e a tabela 3 mostra o tempo real calculado medido.

Tabela 2 - Tempo teórico calculado

BOMBA DA WOERNER						
Vazão bomba p/18RPM [cm ³]	Qt.pontos	Peso p/ponto	Peso em 1 min	Tempo [min]		
				para 15g p/ponto	Tempo [h] para 15g p/ponto	
1,08	10	0,10044 g/min	0,10044 g	149,34	2,49	
1,44	10	0,13392 g/min	0,13392 g	112,01	1,87	
1,8	10	0,1674 g/min	0,1674 g	89,61	1,49	
2,16	10	0,20088 g/min	0,20088 g	74,67	1,24	

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Tabela 3 - Tempo real calculado

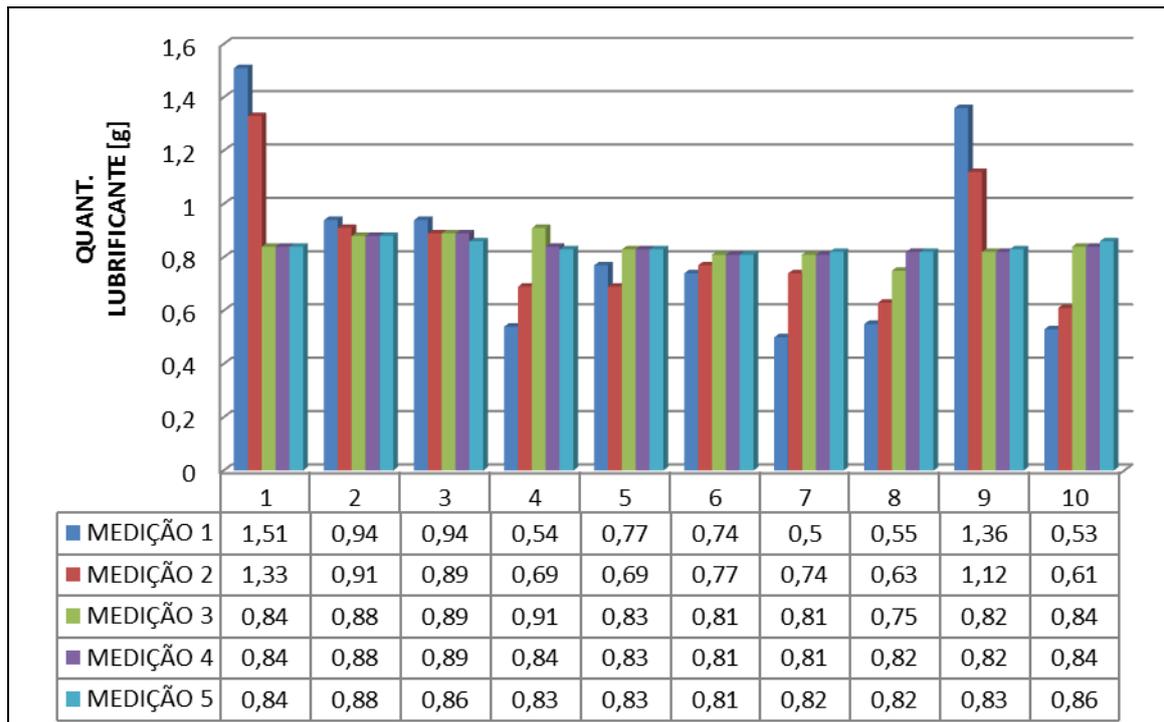
ESTIMATIVA DE ABASTECIMENTO	
Tempo para abastecer todos os pontos com 15g de lubrificante	1:21h

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

A tabela do apêndice D mostra as conversões de unidades e os devidos valores utilizados para obter os resultados mencionados na tabela 3 acima.

Para visualizar os resultados obtidos no protótipo, realizou-se um comparativo de medições entre os pontos de lubrificação testados, onde foram feitas as devidas regulagens ao decorrer das cinco medições, para que o sistema ficasse homogêneo e eficiente para lubrificar todos os pontos. Na figura 16 abaixo se verifica as comparações reguladas nas medições do protótipo.

Figura 16 - Comparativo de medições protótipo



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Pode-se verificar na figura 16, que a partir da terceira medição o sistema teve uma equalização no fornecimento, com praticamente todos os pontos na faixa de 0,8g. Como exemplo o ponto 1, que na primeira medição estava enviando 1,51g e, após a calibração, a partir da terceira medição manteve uma média de 0,84g após o tempo de envio de 4min.

Outro resultado que foi obtido durante o teste do protótipo, foi o da pressão do sistema. Verificou-se com um manômetro primeiramente a pressão com a bomba trabalhando livre sem estar acoplada ao manifold, obteve-se um resultado de pressão de 2 kgf/cm² ou 1,96bar em ambos os pontos de alimentação. Depois foi realizada a verificação da pressão do sistema montado por completo, onde obteve-se 16 kgf/cm² ou 15,69bar. Abaixo é mostrada na figura 17, o sistema montado com o manômetro.

Figura 17 - Sistema montado com o manômetro



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

Comparando os resultados encontrados com os dados pesquisados junto a clientes e consultores de pós-vendas, pode-se verificar que o sistema proposto é compatível com as solicitações. O sistema é viável para investir, pois está dentro da faixa de investimento pelo qual 100% de clientes e consultores mostraram nas respostas do questionário. Na questão de custo para lubrificação o sistema também se mostrou apto para utilização, porque diminuiria a frequência de paradas para lubrificação no distribuidor, acarretando assim maior lucro ao cliente. O sistema proposto como automático nas pesquisas, também é importante, pois com ele o usuário não necessita usar de força física para lubrificar o implemento. Com o conhecimento de quantas vezes o sistema central de lubrificação seria ligado por semana, o mesmo poderá atender uma programação de compra de lubrificante como também programar as paradas dos implementos para tal atividade, sendo assim vantajoso para o usuário.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho propôs desenvolver a implantação de um sistema central de lubrificação para um implemento rodoviário, tendo como base verificações técnicas de utilização desse tipo de sistema.

Verificou-se que a pesquisa realizada junto com o pós-vendas da empresa serviu de dado essencial no projeto do sistema de lubrificação central, onde tanto os clientes como os consultores técnicos puderam dar a sua opinião de campo a respeito do investimento mínimo e máximo do sistema, escolha do melhor sistema manual ou automático, importância da lubrificação da caixa de carga do implemento e a programação de paradas do implemento e compras de lubrificante.

Juntamente com o setor EBC (Engenharia de Basculantes e Carrega-tudo), realizou-se o estudo de utilização de um sistema padrão para três chassis diferentes e a identificação do melhor ponto a ser instalado o sistema central de lubrificação. Conclui-se que seria uma tecnologia de grande valia para todos os produtos dessa família de basculantes, pois a frequência de lubrificação das partes móveis da caixa de carga desse implemento seria maior e com isso aumentaria a vida útil.

Com a verificação de análise econômica, o sistema mostrou-se viável para investimento, pois ficou dentro da faixa de investimento ao qual foi proposto na pesquisa de pós-vendas. O investimento do sistema ficou entre R\$ 3.000,00 e R\$ 5.000,00.

No projeto de implantação do projeto por meio de um protótipo testado em bancada, verificou-se que o sistema atendeu as quantidades de lubrificante solicitadas, pois lubrificou todos os pontos necessários da caixa de carga do implemento com a quantidade de 15g.

Deste modo a visão de modernizar e facilitar o manuseio da lubrificação da caixa de carga se mostrou com uma tendência positiva, e vista como opção para resolver outros casos de lubrificação em outros implementos fabricados pela empresa. Porém o protótipo testado deve ter uma melhora no projeto, agregando uma parte eletrônica com avisos de rompimento ou entupimento de tubulação, para assim ser um sistema confiável para o cliente. A utilização de fornecedores especializados no ramo poderá ser uma atividade interessante para empresa, que está iniciando as atividades para modularização dos seus produtos. A empresa esta em busca de parceiros para mudar o conceito de implementadora para montadora de implementos rodoviários.

REFERÊNCIAS

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008. 601 p.

BELINELLI, Marjore. **Dessenvolvimento de um sistema informatizado aplicado à gestão de planos preventivos de lubrificação industrial**. 2011. 173 f. Dissertação (Título de Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.

CALLISTER, William Douglas. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 817p.

CARNEVALLI, José Antônio; SALERMO, Mario Sergio; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. On modular products development. **Produção**, São Paulo, n. , p.329-344, abr. 2013.

CARRETEIRO, Ronald Pinto; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. Rio de Janeiro: Interciência: Petrol, 2008. 505p.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011

HISSA, Roberto. **Tecnologia de graxas lubrificantes fundamentos**. Rio de Janeiro: Texaco Brasil, 1991. 57 p.

KAMINSKI, Paulo Carlos. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2000. xiv, 132 p.

KRIM, Jacqueline. Friction at the atomic scale. **Scientific American**, Vol. 275 Issue 4, p74, 7p, Oct. 1996.

KONG, Fan Bin; MING, Xiu Guo; WANG, Lei; WU, Zhu-Yong; WANG, Peng P. On modular products development. **Concurrent Engineerring**, Shangai, n. , p.291-299, 05 jan. 2010.

LARANJA, Rafael Antônio Comparsi; AGUIAR, Felipe Gregory Cardozo; SOBRINHO, Mário Roland Sobczyk. **Verificação do efeito de lubrificação em um sistema de transmissão por corrente.** 7º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, São Luís 31 de julho a 3 de agosto de 2012. 9p.

LIMA, Jeovano; BATISTA, Mariana Rollo. **Ciclo de otimização de produto para resolução de falhas estruturais.** 20º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA, São Paulo 24 a 25 de setembro de 2012. 13p.

LLEWELLYN, Paul. Even I Can Understand That! Equipment Lubrication. **Uptime the magazine for maintenance reliability professionals**, 33-35. (2011).

MAFFEI, Juliano; COSTA, Carlos Alberto; KALNIN, Joanir Luis; LUCIANO, Marcos Alexandre. **A filosofia DFMA aplicada ao reprojeto de produtos.** 6º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, Campina Grande 18 a 21 de agosto de 2010. 8p.

MAROTTI, Adriana; MARX, Roberto. Conhecimento de arquitetura de produto como elemento chave para a manutenção da capacidade inovadora de um aempresa - o caso da indústria automotiva. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, n. , p.74-87, 21 maio 2007.

MORAES, Luiz Henrique; SANTORO, Miguel Cezar. **Premissas para simulação de linhas de fabricação e montagem na indústria automobilística.** 20º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA, São Paulo 24 a 25 de setembro de 2012. 7p.

PASSOS, Adriano Gonçalves; SILVA, Carlos Henrique. **Desenvolvimento de tribômetro inclinado para medição de coeficiente de atrito estático.** 7º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, São Luís 31 de julho a 3 de agosto de 2012. 8p.

PORTELA, Clediston Meneses; PIRES, Hellen Cristina Silva; ABREU, Aniele Moraes; GONÇALVES, Diogo Paixão; CABEÇA, Marcelo Caethano Souza; MARTINS, Keyll Carlos Ribeiro. **Reduzindo o custo de uma produção com boas práticas de lubrificação em**

motores elétricos. 7º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, São Luís 31 de julho a 3 de agosto de 2012. 7p.

COZZA, Ronaldo Câmara; TANAKA, Deniol Katsuki; SOUZA, Roberto Martins. Friction coefficient and abrasive wear modes in ball-cratering tests conducted at constant normal force and constant pressure - Preliminary results. **Wear**, São Paulo, n. , p.61-70, 05 jan. 2009.

ROMEIRO FILHO, Eduardo; FERREIRA, Cristiano Vasconcellos (Coord.). **Projeto do produto.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 376 p.

SCALICE, Régis Kovacs; SILVA, José oliveira; MOURA, Cassiano Rodrigues; CARVALHO, Olivian Bittencourt ; BORBA, Rodrigo. **Mecanização do processo de extração de fibras de bananeira baseado nos conceitos de modularidade.** 7º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, São Luís 31 de julho a 3 de agosto de 2012. 10p.

SCHEUR, Cristiano José; ROMANO, Leonardo Nabaes; SANTOS, Gibran Portolan. **Emprego do MR-PDMA na sistematização do processo de projeto de máquinas especiais:** exemplo de aplicação no projeto por evolução de um equipamento para ensaios de escovação dentária. 6º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, Campina Grande 18 a 21 de agosto de 2010. 11p.

SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard Gordon. **Projeto de engenharia mecânica.** 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 960 p.

SILVA, Heriberto do Ouro Lopes; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick;. **Adoção da modularidade no desenvolvimento de produto - um estudo de caso em uma montadora de veículos.** 18º SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bauru 6 a 8 de novembro de 2006. 12p.

SOUZA, Ewandro José; GUAREZI, Maycon Marcon; EGER, Edilmar; FERRER, Modesto Hurtado. **Estudo da formação do filme de óxido obtido durante o tratamento térmico de oxidação pós-nitretação do aço AISI H13.** 6º CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, Campina Grande 18 a 21 de agosto de 2010. 10p.

TEXACO. **Fundamentos de lubrificação.** [S.l.]: [s.n.], [19--]. 67 p.

APÊNDICE A – COLETA E ANÁLISE DE DADOS DE PÓS-VENDAS

QUESTÕES PARA ESTUDO DE UMA CENTRAL DE LUBRIFICAÇÃO PARA CAIXA DE CARGA SR BS DZ															
<p>1 - O custo agregado desse sistema ao produto final, seria de que importância para compra do implemento? Assinale ao lado do valor que julga importante para a questão.</p>	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 5</td> <td><input type="checkbox"/> 7</td> <td><input type="checkbox"/> 9</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 6</td> <td><input type="checkbox"/> 8</td> <td><input type="checkbox"/> 10</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10								
<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9													
<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10													
<p>2 - Qual seria o valor que estaria disposto a investir a mais, para ter essa tecnologia? Assinale ao lado do valor que julga importante para a questão.</p>	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> De R\$ 3.000,00 a R\$ 5.000,00</td> <td><input type="checkbox"/> De R\$ 9.000,00 a R\$ 10.000,00</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> De R\$ 5.000,00 a R\$ 7.000,00</td> <td><input type="checkbox"/> Acima de R\$ 10.000,00</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> De R\$ 3.000,00 a R\$ 5.000,00	<input type="checkbox"/> De R\$ 9.000,00 a R\$ 10.000,00	<input type="checkbox"/> De R\$ 5.000,00 a R\$ 7.000,00	<input type="checkbox"/> Acima de R\$ 10.000,00										
<input type="checkbox"/> De R\$ 3.000,00 a R\$ 5.000,00	<input type="checkbox"/> De R\$ 9.000,00 a R\$ 10.000,00														
<input type="checkbox"/> De R\$ 5.000,00 a R\$ 7.000,00	<input type="checkbox"/> Acima de R\$ 10.000,00														
<p>3 - O custo para lubrificar a caixa de carga do produto é considerado alto? Assinale ao lado do valor que julga importante para a questão.</p>	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 5</td> <td><input type="checkbox"/> 7</td> <td><input type="checkbox"/> 9</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 6</td> <td><input type="checkbox"/> 8</td> <td><input type="checkbox"/> 10</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10								
<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9													
<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10													
<p>4 - O tempo necessário para lubrificação, acarreta perda de lucro para a empresa dona do produto? O que julga como tempo ideal? Assinale ao lado do valor que julga importante para a questão.</p>	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> De 0:30h a 1:00h</td> <td><input type="checkbox"/> De 1:30h a 2:00h</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> De 1:00h a a 1:30h</td> <td><input type="checkbox"/> Acima de 2:00h</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> De 0:30h a 1:00h	<input type="checkbox"/> De 1:30h a 2:00h	<input type="checkbox"/> De 1:00h a a 1:30h	<input type="checkbox"/> Acima de 2:00h										
<input type="checkbox"/> De 0:30h a 1:00h	<input type="checkbox"/> De 1:30h a 2:00h														
<input type="checkbox"/> De 1:00h a a 1:30h	<input type="checkbox"/> Acima de 2:00h														
<p>5 - A utilização de um sistema de lubrificação manual ou automático ajudaria no controle da lubrificação dos produtos? Assinale ao lado do valor que julga importante para a questão de cada sistema descrito.</p>	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 3</td> <td><input type="checkbox"/> 5</td> <td><input type="checkbox"/> 7</td> <td rowspan="2" style="padding-left: 20px;">Sistema manual de lubrificação</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 6</td> <td><input type="checkbox"/> 8</td> <td><input type="checkbox"/> 10</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 3</td> <td><input type="checkbox"/> 5</td> <td><input type="checkbox"/> 7</td> <td rowspan="2" style="padding-left: 20px;">Sistema automático de lubrificação</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 6</td> <td><input type="checkbox"/> 8</td> <td><input type="checkbox"/> 10</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	Sistema manual de lubrificação	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	Sistema automático de lubrificação	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10
<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	Sistema manual de lubrificação												
<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10													
<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	Sistema automático de lubrificação												
<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10													
<p>6 - A possibilidade de programar a compra de lubrificante seria um ponto positivo? Assinale ao lado do valor que julga importante para a questão.</p>	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 5</td> <td><input type="checkbox"/> 7</td> <td><input type="checkbox"/> 9</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 6</td> <td><input type="checkbox"/> 8</td> <td><input type="checkbox"/> 10</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10								
<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 9													
<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 10													
<p>7 - Quantos produtos Semirreboques basculantes deslizantes sua empresa possui? Assinale ao lado do valor que julga importante para a questão.</p>	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> De 1 a 20</td> <td><input type="checkbox"/> De 100 a 200</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> De 20 a 50</td> <td><input type="checkbox"/> De 200 a 300</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> De 50 a 100</td> <td><input type="checkbox"/> Mais de 300</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> De 1 a 20	<input type="checkbox"/> De 100 a 200	<input type="checkbox"/> De 20 a 50	<input type="checkbox"/> De 200 a 300	<input type="checkbox"/> De 50 a 100	<input type="checkbox"/> Mais de 300								
<input type="checkbox"/> De 1 a 20	<input type="checkbox"/> De 100 a 200														
<input type="checkbox"/> De 20 a 50	<input type="checkbox"/> De 200 a 300														
<input type="checkbox"/> De 50 a 100	<input type="checkbox"/> Mais de 300														

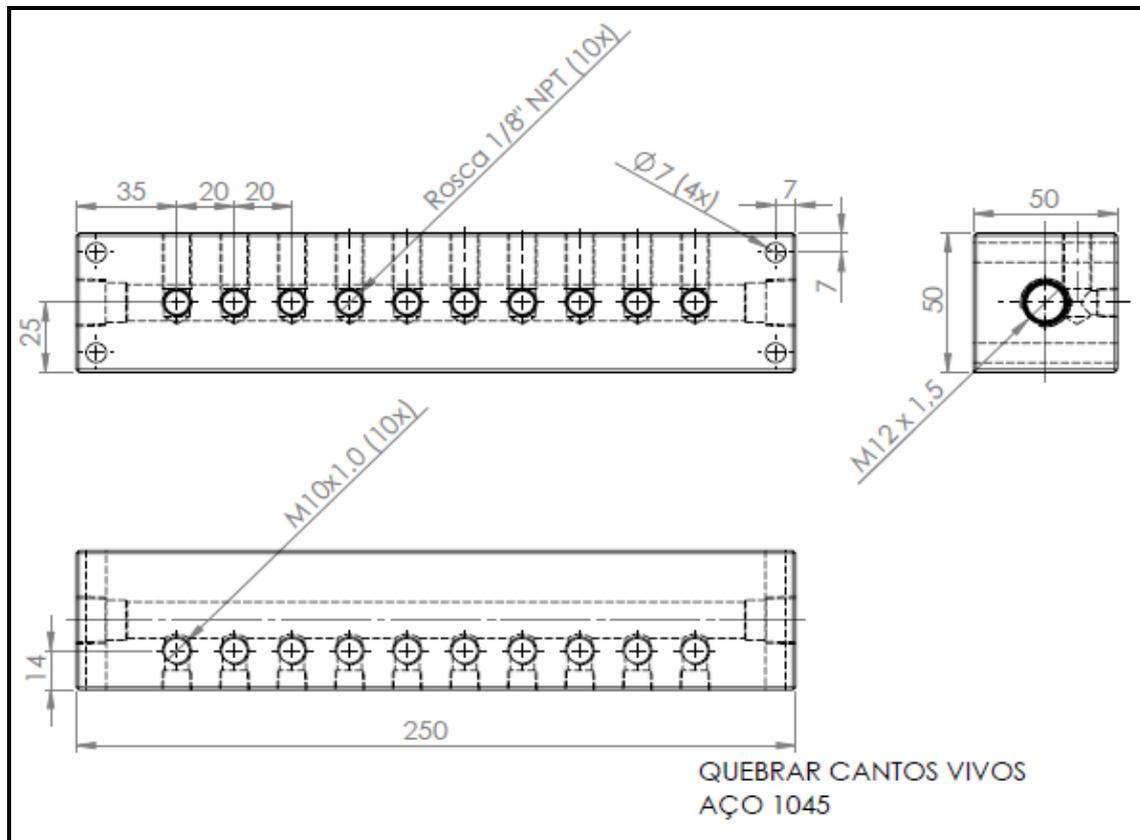
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.

APÊNDICE B – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

ETAPAS DO TRABALHO	DATAS																																	
	31/03/2014	01/04/2014	02/04/2014	03/04/2014	04/04/2014	05/04/2014	06/04/2014	07/04/2014	08/04/2014	09/04/2014	10/04/2014	11/04/2014	12/04/2014	13/04/2014	14/04/2014	15/04/2014	16/04/2014	17/04/2014	18/04/2014	19/04/2014	20/04/2014	21/04/2014	22/04/2014	23/04/2014	24/04/2014	25/04/2014	26/04/2014	27/04/2014	28/04/2014	29/04/2014	30/04/2014	01/05/2014		
Definição da disposição do sistema no implemento semirreboque basculante deslizante	PROGRAMADO																																	
Calcular a quantidade necessária de lubrificante para atender a demanda de todos os pontos	PROGRAMADO																																	
Elaboração dos desenhos para fabricação	PROGRAMADO																																	
Realização da montagem do sistema completo	PROGRAMADO																																	
Analisar os testes e fazer as medições comparando o protótipo com os cálculos e efetuados	PROGRAMADO																																	

PROGRAMADO
EXECUTADO

APÊNDICE C – PROJETO DO MANIFOLD DISTRIBUIDOR



APÊNDICE D – PLANILHA DE CÁLCULOS DO PROTÓTIPO

Densidade do material	0,93 g/cm ³											
Quantidade por pulso	2,16 cm ³ /min											
Rotações p/ minuto (RPM)	18 RPM											
Bomba WOERNER												
PROTÓTIPO TESTADO												
Tempo de 4 min para todo o sistema												
PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO NO IMPLEMENTO VALORES EM [g]												
EXPERIMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	t [min]
Medição 1	1,51	0,94	0,94	0,54	0,77	0,74	0,5	0,55	1,36	0,53	8,38	4
Medição 2	1,33	0,91	0,89	0,69	0,69	0,77	0,74	0,63	1,12	0,61	8,38	4
Medição 3	0,84	0,88	0,89	0,91	0,83	0,81	0,81	0,75	0,82	0,84	8,38	4
Medição 4	0,84	0,88	0,89	0,84	0,83	0,81	0,81	0,82	0,82	0,84	8,38	4
Medição 5	0,84	0,88	0,86	0,83	0,83	0,81	0,82	0,82	0,83	0,86	8,38	4
Média por ponto [g]	1,07	0,90	0,89	0,76	0,79	0,79	0,74	0,71	0,99	0,74		
qt. em min [g]	0,26	0,22	0,22	0,19	0,19	0,19	0,18	0,17	0,24	0,18		
PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO NO IMPLEMENTO												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média	
Tempo [min] para 15g p/ponto	55,97	66,82	67,11	78,74	75,95	76,14	81,52	84,03	60,61	81,52	72,84	
											Média	
Tempo [h] para 15g p/ponto	0,93	1,11	1,12	1,31	1,27	1,27	1,36	1,40	1,01	1,36	1,21	
ESTIMATIVA DE ABASTECIMENTO												
Tempo para abastecer todos os pontos com 15g de lubrificante											1:21h	

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2014.