

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – EESC  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA – SEM

## TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PROJETO PRELIMINAR DE UMA MÁQUINA PARA PAVIMENTAÇÃO DE  
CALÇADAS COM PISOS INTERTRAVADOS

Aluno: Danilo Gomes Dellarozza  
Orientador: Prof. Dr. Ernesto Massaroppi Junior

São Carlos – SP  
2013

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – EESC  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA – SEM

**PROJETO PRELIMINAR DE UMA MÁQUINA PARA PAVIMENTAÇÃO DE  
CALÇADAS COM PISOS INTERTRAVADOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos necessários para conclusão do curso de Graduação em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Engenharia Mecânica.

Aluno: Danilo Gomes Dellarozza  
Orientador: Prof. Dr. Ernesto Massaroppi Junior

São Carlos – SP  
2013

D357p Dellaroza, Danilo Gomes  
Projeto preliminar de uma máquina para  
pavimentação de calçadas com pisos  
intertravados/ Danilo Gomes Dellaroza;  
orientador Ernesto Massaroppi Junior. --  
São Carlos, 2013.

Monografia (Graduação em Engenharia  
Mecânica)-- Escola de Engenharia de São  
Carlos da Universidade de São Paulo, 2013.

## FOLHA DE AVALIAÇÃO

Candidato: Danilo Gomes Dellaroza

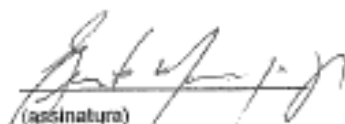
Título: Projeto preliminar de uma máquina para pavimentação de calçadas com pisos intertravados

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola de Engenharia de São Carlos da  
Universidade de São Paulo  
Curso de Engenharia Mecânica.

### BANCA EXAMINADORA

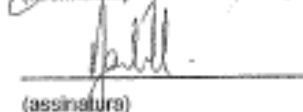
Prof. Dr. Ernesto Massaroppi Junior

Nota atribuída: 7,0 (sete)

  
(assinatura)

Prof. Dr. Jonas de Carvalho

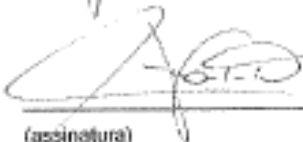
Nota atribuída: 7,0 (sete)

  
(assinatura)

Prof. Dr. Carlos Alberto Fortulan

(Orientador)

Nota atribuída: 7,0 (sete)

  
(assinatura)

Média: 7,0 (sete)

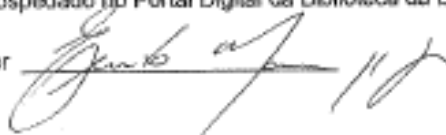
Resultado: APROVADO

Data: 09/12/2013

Este trabalho tem condições de ser hospedado no Portal Digital da Biblioteca da EESC

SIM ☒ NÃO ☐ Visto do orientador

com a concordância  
sugerida pelo



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Ernesto Massaroppi Junior, pelo apoio durante todo este Trabalho de Conclusão de Curso e pelo aprendizado proporcionado durante as aulas ministradas ao longo de toda a graduação.

À minha família, namorada e amigos, pelo carinho apoio e compreensão durante o período de elaboração deste trabalho.

À Universidade de São Paulo, pela utilização de suas instalações e pelo auxílio dado através de seus funcionários e colaboradores.

DELLAROZA. D. G. **Projeto preliminar de uma máquina para pavimentação de calçadas com pisos intertravados.** Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Mecânica - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 47p.(2013)

## RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de desenvolver um novo projeto para uma máquina de pavimentação de calçadas utilizando pisos Intertravados, popularmente conhecidos com *pavers*. A proposta é realizar as primeiras etapas de um novo projeto de uma máquina seguindo os padrões utilizados em empresas. Propõe-se um *layout* funcional com dimensionamentos essenciais para o detalhamento posterior do projeto. Para esta máquina foi utilizado softwares de CAD, visando auxiliar o modelamento da máquina, CAE, utilizado para dimensionamento de elementos essenciais, EXCEL, visando simplificar o método de cálculo de alguns elementos essenciais do projeto. A máquina proposta utiliza basicamente itens comerciais e processos de manufatura convencionais. Alguns itens comerciais são tubos e motores visando simplificar o processo construtivo da máquina. Para auxiliar no entendimento do projeto e na construção ela foi projetada utilizando o conceito de módulos que são encaixados e parafusados ou soldados para uni-los. O resultado foi um projeto preliminar de construção modular, composto por, uma estrutura metálica que servirá de chassi, um sistema de transmissão hidráulica que movimenta esteiras e um módulo que fará com que os pavimentos caiam rente ao solo.

Palavras-chave: *Máquina para Pavimentação, Projeto de Máquinas, Pavimentação, Pavers, Pavimentos Intertravados, Layout de máquinas*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Assentamento manual de <i>pavers</i> .....	10
Figura 2 - Assentamento mecanizado de <i>pavers</i> – Alemanha. ....	11
Figura 3 - Assentamento mecanizado de <i>pavers</i> – Holanda. ....	11
Figura 4 – Desenho esquemático de uma transmissão com motorização.....	
hidráulica .....	13
Figura 5 - Ciclo de desenvolvimento de um produto.....	14
Figura 5 – Desenho esquemático da máquina. ....	16
Figura 6 - Centro de gravidade da máquina (Plano y – z). ....	18
Figura 7 - Centro de gravidade da máquina (Plano x- y). ....	18
Figura 8 - Diagrama de corpo livre da máquina pavimentadora. ....	20
Figura 9 - Imagem do gráfico de eficiência do catalogo de bombas Poclain....	23
Figura 10 - Curva de potência do motor Yanmar NSB18 .....	25
Figura 11 - Módulo rampa. ....	26
Figura 12 - Chapa principal do módulo rampa. ....	27
Figura 13 - Sistema de regulagem de largura. ....	28
Figura 14 - Sistema de regulagem de largura vista lateral. ....	28
Figura 15– Eixo. ....	29
Figura 16 - Eixo montado. ....	29
Figura 17 - Montagem de eixo na máquina. ....	29
Figura 18 - Chapa calandrada para deslizamento de <i>pavers</i> . ....	30
Figura 19 - Imagem dianteira do chassi. ....	31
Figura 20 - Imagem traseira do chassi. ....	31
Figura 21– Junção do chassi.....	32
Figura 22 – Aplicação da junção do chassi. ....	33
Figura 23 - Grade de suporte do chassi. ....	33
Figura 24 - Suporte do motor. ....	34
Figura 25 - Suporte do motor soldado ao tubo. ....	34
Figura 26 - Resultado da simulação do suporte do motor. ....	35
Figura 27 - Vista dianteira da montagem final da máquina. ....	37
Figura 28 - Vista traseira da montagem final da máquina. ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do motor Poclain MS03.....	21
Tabela 2 - Dados da bomba Poclain PMV-07. ....	22
Tabela 3 - Dados do motor NSB18 Yanmar .....	24
Tabela 4 – Propriedades do material. ....	36
Tabela 5– Características da malha.....	36
Tabela 6– Características da tensão.....	36
Tabela 7 – Características da malha (2ª simulação). ....	36
Tabela 8– Características da tensão (2ª simulação). ....	37

## LISTA DE SIMBOLOS

a: aceleração  
b: Largura do reservatório de bloquetes  
c: Comprimento da parte retangular do reservatório de bloquetes  
c1: Comprimento da parte triangular do reservatório de bloquetes  
c2: carga  
d: Densidade do concreto  
d1: Diâmetro da esteira  
F: Força resultante  
h: Altura do reservatório de bloquetes  
m: Massa  
n: Rotação (RPM)  
N: Normal  
p: Pressão  
P: Peso  
pos: posição no eixo desejado  
Pot: Potência  
Q: Vazão  
r: Raio  
rpm: Rotação por minuto  
t: tempo  
T: Torque  
v: velocidade de trabalho  
V: Volume  
kgf: Quilograma força  
 $\mu$ : Coeficiente de atrito  
 $\eta_t$ : Rendimento total

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	5
1.1	Motivação .....	5
1.2	Objetivo .....	6
1.3	Organização .....	6
2	Revisão Bibliográfica .....	7
2.1	Pavimentação.....	7
2.2	Transmissão Hidráulica .....	12
3	Desenvolvimento .....	14
3.1	Metodologia de Projeto.....	13
3.2	Escopo .....	15
3.3	Especificações Técnicas .....	15
3.4	Croqui de Conjunto.....	16
3.5	Dados do Projeto.....	16
3.5.1	Módulo Potência .....	21
3.5.2	Módulo Elétrico .....	26
3.5.3	Módulo Rampa.....	26
3.5.4	Módulo Chassi .....	30
3.6	Montagem Final da Máquina .....	37
3.7	Descrição detalhada do funcionamento .....	38
3.8	Descrições da Fabricação e Montagem .....	39
3.8.1	Módulo Potência .....	39
3.8.2	Módulo Elétrico .....	40
3.8.3	Módulo Rampa.....	40
3.8.4	Módulo Chassi .....	40
3.9	Descrições Geral da Operação e Manutenção do Produto .....	41
3.10	Procedimentos de Descarte .....	41
4	Conclusões e trabalhos futuros .....	42
	REFERÊNCIAS.....	43

# **1 Introdução**

## **1.1 Motivação**

Vive-se em um mundo onde tudo acontece e se transforma rapidamente, cada vez mais o homem tem buscado meios de acelerar e diminuir esforços com o trabalho manual, assim sendo a utilização de máquinas cumprem este papel fundamental na sociedade.

No mercado da construção civil a situação não é diferente, a utilização de escavadeiras, tratores e outras máquinas aceleram o processo construtivo e otimizam tempo e custo com mão de obra para empresas.

Diante deste contexto verificou-se a necessidade iminente de se mecanizar a instalação de pavimentos intertravados, também conhecidos como bloquetes. Este pavimento tem se mostrado como uma tendência atual; suas vantagens como resistência mecânica e o fato de permitirem a infiltração da água, chamam atenção de engenheiros, porém hoje todo trabalho em relação a este pavimento é feito de maneira manual.

A utilização de máquinas neste segmento irá acelerar e baratear a construção de calçadas, ruas e praças. O projeto de uma máquina para pavimentação de calçadas deve atender a alguns requisitos como: capacidade de trabalhar em terrenos com declive, simplicidade de operação, resistência mecânica e robustez devido ao fato de operar em ambientes agressivos.

O projeto de uma máquina para calçamento utilizando pisos intertravados envolve uma série de cálculos e soluções mecânicas que podem tornar o processo produtivo caro e demorado, o projeto envolve ainda outros riscos e decisões como cronograma, análise de custos e mercado consumidor.

Conseguir atender a todos os requisitos citados acima com todas as limitações e dificuldades é função de engenheiros mecânicos, justificando estudos e trabalhos nesse ramo.

Assim espera-se atender a todos os requisitos citados com todas as limitações e dificuldades através do desenvolvimento do projeto científico da área de

engenharia mecânica, o qual pretende-se que permita a sua utilização em nível industrial de produção.

## **1.2 Objetivo**

Fazer um Projeto preliminar de uma máquina que seja capaz de realizar a pavimentação com pisos intertravados com a mesma qualidade, porém com maior velocidade e menor custo se comparado ao trabalho manual, diminuindo em longo prazo o custo de pavimentação de calçadas, ruas e praças utilizando pavimentos intertravados.

## **1.3 Organização**

O trabalho está dividido em quatro capítulos, primeiramente é feita uma introdução e se define o objetivo do trabalho.

No capítulo dois tem-se o embasamento teórico para o projeto da máquina, neste capítulo encontram-se as vantagens e alguns requisitos que a máquina deve atender.

Após esta etapa tem-se o início do detalhamento do projeto, a divisão da máquina em módulos e alguns cálculos essenciais para a definição do primeiro layout.

O último capítulo conclui-se o trabalho e propõem-se alguns projetos para o futuro.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Pavimentação

Atualmente muitas construções realizam a pavimentação com pisos intertravados, que são definidos como blocos pré-moldados de concreto (SANTOS; BORJA, 2007). O intertravamento é descrito como a capacidade que os blocos possuem de adquirir resistência aos movimentos de deslocamento individual, seja ele vertical, horizontal, de rotação ou de giração em relação a suas peças vizinhas (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007).

Há quatro nomes mais populares para este tipo de pavimentos, estes podem ser classificados como bloquetes, pavers, pavimento intertravado ou pavimentos drenantes (CAVALCANTI; AMORIM; JUNIOR, 2011). Segundo FIORITI, INO e AKASAKI, (2007), estes pavimentos surgiram na Europa no Pós Guerra e foram trazidos ao Brasil por volta de 1970. Atualmente, a utilização de pavimentos com blocos pré-moldados de concreto vem crescendo em todo o mundo. A possibilidade de se oferecerem materiais alternativos, cuja principal preocupação é o equilíbrio entre os aspectos ambientais, tecnológicos e econômicos contribui para o desenvolvimento desse método prático e confiável de pavimentação.

O número de ambientes no qual esta técnica de pavimentação pode ser aplicada é grande. Existem variadas opções de formato, padrões, cores e matizes, disponíveis para permitir diversas possibilidades estéticas. Assegura-se o êxito do pavimento intertravado em praças, parques, jardins, calçadas, estacionamentos, vias urbanas, pátios, depósitos, galpões industriais, estradas, acostamentos, entre outros (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007).

Há inúmeras vantagens em utilizar-se este tipo de pavimentação, diversos autores citam elementos que podem contribuir para o crescimento na utilização de bloquetes. Segundo CAVALCANTI, AMORIM e JUNIOR, (2011) são considerados *pavers* ecologicamente corretos aqueles que diminuem o impacto ambiental, juntamente com a capacidade de permeabilização, que permitem a drenagem das

águas da chuva, diminui impermeabilização do solo já que as juntas entre as peças permitem o escoamento da água para o subsolo.

FIORITI, INO e AKASAKI, (2007), citam uma vantagem econômica importante, quando necessário executar reparos em redes subterrâneas de água e de esgoto é um procedimento muito mais simples e barato do que os métodos convencionais, pois basta remover os blocos de concreto da área afetada, para que os problemas ou danos sejam corrigidos, seguidos da recolocação dos blocos. Todo esse procedimento é feito sem a necessidade de equipamentos especiais e se bem realizado não há perda de quase nenhum material.

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (2002) destaca ainda outras vantagens para o uso do piso intertravado. Não há propagação de eventuais trincas das camadas de base para superfícies, em pavimentos asfálticos, por exemplo, onde a trinca pode se propagar causando grandes estragos. Há facilidade de reparação e de reutilização das peças de concreto, apresenta capacidade estrutural, durabilidade, resistência à abrasão, ao ataque de óleos e ao derramamento de combustíveis, conferindo maior valor paisagístico e visibilidade superior, tanto à luz do dia quanto sob luz artificial.

Quanto à resistência mecânica os pisos drenantes também surgem como uma opção para diminuir a manutenção de vias, conforme PIOROTTI (1985), a vida útil do pavimento intertravado pode ser de até 25 anos, desde que se tenham projetos apropriados para a sub-base, além de blocos de concreto de boa qualidade e que estes estejam muito bem assentados.

A pavimentação por meio de *pavers* deve seguir algumas etapas, o solo deve ser preparado com uma camada de revestimento, cobre-se a terra com uma camada de areia média ou grossa, as pedras de concreto são assentadas sobre esta camada, em seguida espalha-se areia fina para o preenchimento das juntas e executa-se a compactação, até que as juntas fiquem totalmente preenchidas (CARNIN *et al.*, 2010).

Após as etapas de assentamento e compactação do piso e após o assentamento dos *pavers* deve realizar-se o acabamento junto às bordas e meios fios ou qualquer interrupção na pavimentação intertravada (bueiros, caixas de inspeção, etc.). Posteriormente espalha-se a areia fina para a compactação

utilizando uma máquina que gere vibração sobre os *pavers* na área já executada (TONON; FIORITI; AKASAKI, 2011).

Para garantir a qualidade da pavimentação, o assentamento dos *pavers* deve ser feito evitando qualquer deslocamento das peças já assentadas. Com o calçamento realizado corretamente, o revestimento terá a capacidade de suportar as cargas e as tensões provocadas pelo tráfego (TONON; FIORITI; AKASAKI, 2011).

Todas as etapas necessitam de mão de obra para sua execução, usualmente não especializada (CAVALCANTI; AMORIM; JUNIOR, 2011). A facilidade de execução desse tipo de obra garante um treinamento rápido para a mão de obra, gerando uma intensa utilização da força de trabalho local (CARNIN *et al.*, 2010 e SANTOS; BORJA, 2007).

O assentamento de pisos drenantes é normalmente feito com trabalho manual (Figura 1).



*Figura 1 - Assentamento Manual de Pavers (fonte ABCP, 2001).*

Porém vale enfatizar que em alguns países que utilizam esta técnica há mais tempo, o assentamento dos *pavers* pode ser realizado por meio de equipamentos automatizados. Foram encontrados dois modelos de máquinas que realizam este tipo de trabalho (Figuras 2 e 3).



Figura 2 - Assentamento mecanizado de pavers – Alemanha (ABCP, 2001).



Figura 3– Assentamento mecanizado de pavers – Holanda ([http://www.tiger-stone.nl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=55](http://www.tiger-stone.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=55)).

Alguns autores apontam os pavimentos intertravados como uma solução para problema no setor de pavimentação de vias, sendo classificado como um método prático e confiável (FIORITI; INO; AKASAKI, 2007). Segundo SANTOS e BORJA, (2007) esta é uma nova técnica de pavimentação e é uma opção para o desenvolvimento do setor rodoviário e urbano do país. Pavimentos, como o intertravado, que necessitam de mão de obra não especializada para a confecção de sua estrutura e, principalmente, da sua camada de revestimento, devem começar a

ser vistos com outros olhos pelos órgãos públicos, responsáveis pela pavimentação de vias.

## **2.2 Transmissão Hidráulica**

A TECNOLOGIA HIDRÁULICA INDUSTRIAL PARKER – APOSTILA M2001-1 BR; 1999 define hidráulica como o “estudo das características e uso dos fluidos sob pressão”.

A transmissão hidráulica é uma alternativa a transmissão mecânica convencional ela é utilizado em aplicações onde é necessário um torque elevado ou quando o processo envolve pressões elevadas (GOMES; SINÉSIO, 2013). O fluido hidráulico é o elemento vital de um sistema de transmissão hidráulico. Ele é um meio de transmissão de energia, um lubrificante, um vedador e um veículo de transferência de calor. (TECNOLOGIA HIDRÁULICA INDUSTRIAL PARKER – APOSTILA M2001-1 BR; 1999).

Segundo GOMES; SINÉSIO (2013), as vantagens do uso da transmissão hidráulica é que esta pode gerar grandes forças e assim acionar equipamentos de elevado peso e dimensão e ainda assim conseguem dar uma resposta rápida aos comandos. Como desvantagens ele cita a necessidade de tubulações de óleo para transmissão e suprimento, necessita de inspeção periódica do nível de óleo bem como sua troca e necessita de equipamentos auxiliares, tais como reservatório, filtros, bombas, etc.

O HYDRAULICS COMPONENTES, SCHEMATICS, HYDROSTATIC DRIVES AND TEST EQUIPMENT; TORO UNIVERSITY define que um sistema hidráulico deve ser composto basicamente por quatro elementos, um reservatório de óleo, uma bomba para movimentar o fluido pelo sistema, válvulas para controlar a vazão e um atuador para conversão da energia do fluido em energia mecânica. Segundo ele a vazão do fluido é que determina a velocidade de movimento da máquina, e a pressão é que fornece o torque.

A figura 4 ilustra os elementos e o funcionamento de um sistema de transmissão hidráulico.

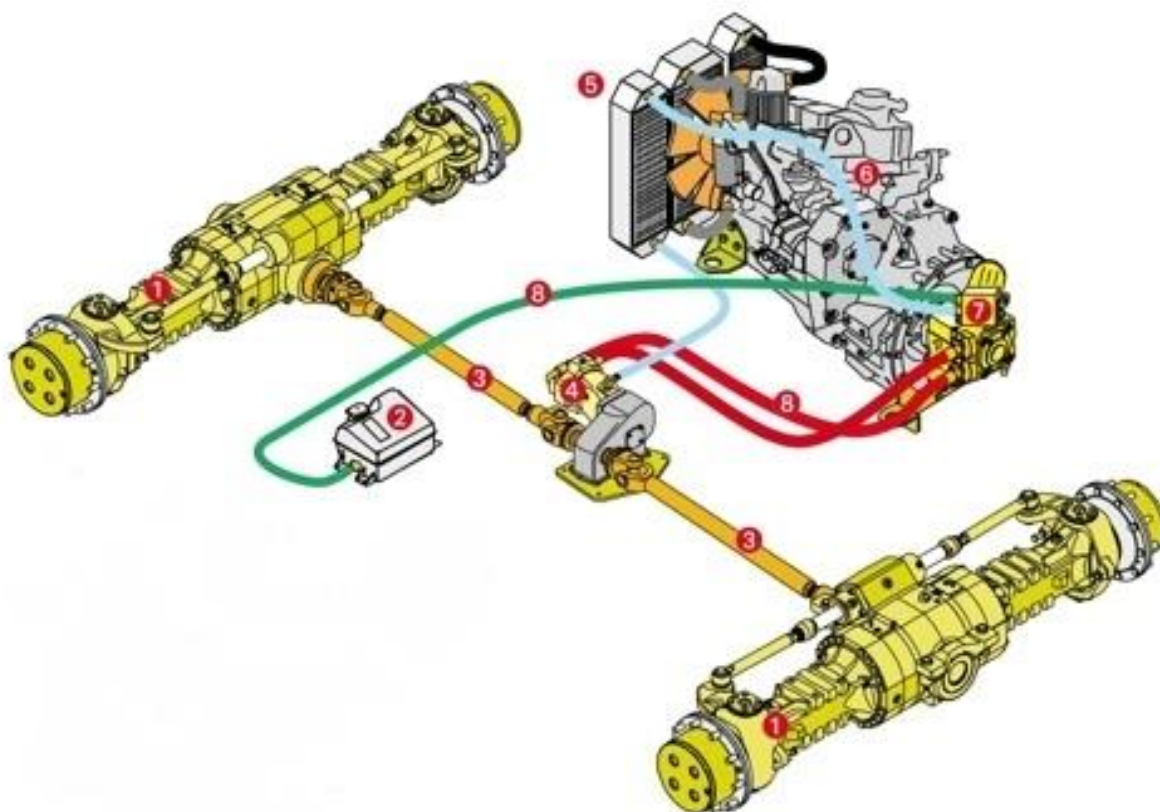


Figura 4 – Desenho esquemático de uma transmissão com motorização hidráulica ([http://www.merlo.it/Tre\\_Emme/prodotti/isdrostatica\\_e.html](http://www.merlo.it/Tre_Emme/prodotti/isdrostatica_e.html)).

Legenda:

- 1 – Eixo
- 2 – Reservatório de Óleo Hidráulico
- 3 – Eixo Cardan
- 4 – Motor Hidráulico
- 5 – Trocador de Calor
- 6 – Motor Diesel
- 7 – Bomba Hidráulica
- 8 - Tubos

O TRAINING MOBILE HYDRAULICS; segmenta os circuitos hidráulicos de dois modos: circuito aberto e circuito fechado. O circuito é classificado como aberto quando a linha de sucção de bomba esta aberta à atmosfera, nesse caso a pressão na linha é igual à pressão atmosférica. O circuito fechado tem como característica o fluido retornar do uso diretamente para a bomba, assim temos um lado de alta e outro de baixa pressão dependendo da direção de carga (torque).

### 3 Desenvolvimento

#### 3.1 Metodologia de Projeto

Segundo Grzebieluckas; (2011) “O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) envolve uma série de fases, tarefas e atividades que se complementam, variam entre si, simultâneas e sequenciais, e apresentam suas especificidades de acordo com o produto a ser desenvolvido. A partir dessa definição, observa-se que desenvolver produtos é uma atividade complexa que necessita ser controlada e gerenciada, para que um novo produto seja bem sucedido no mercado competitivo”.

Assim sendo é necessário seguir uma metodologia de desenvolvimento de produto para garantir o sucesso do projeto, o ciclo de vida de um produto é dividido em diversas etapas. Pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento (Instrumento para identificação das necessidades do consumidor no processo de desenvolvimento do *design*: um estudo ilustrado com o projeto de um automóvel; GRZEBIELUCKAS Gleci *et all*; 2011). A figura 5 ilustra as etapas de desenvolvimento de um produto.

Para alcançar esse ponto a atividade de projeto deve passar por diversas etapas. Estas formam uma sequência aproximada, embora na prática os projetistas ocasionalmente circulem ou retrocedam através das etapas. O trabalho em questão cumprirá completamente a etapa de projeto conceitual e iniciará alguns cálculos do projeto preliminar detalhado.

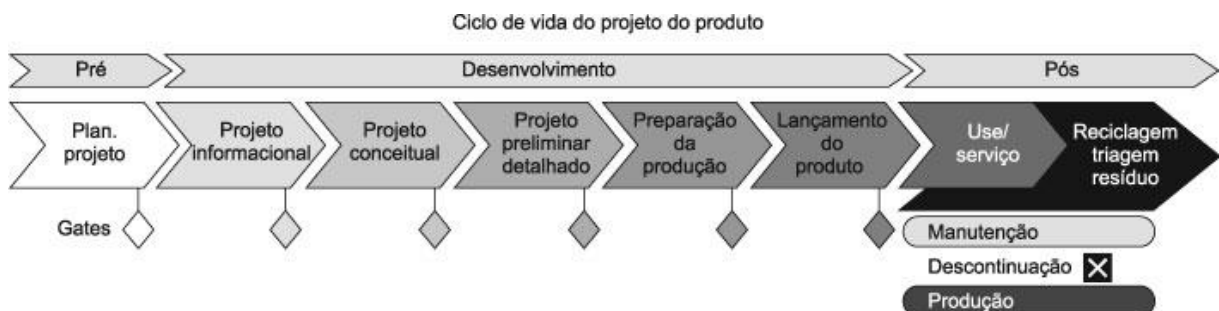


Figura 5 – Ciclo de desenvolvimento de um produto

### 3.2 Escopo

O projeto em questão visa atender a necessidade de se ter uma máquina que acelere o processo de pavimentação com pisos intertravados, através de uma construção simples, formada essencialmente por itens comerciais, atendendo a esta demanda de maneira eficiente e barata.

A máquina terá dimensões que permitiram utiliza-la tanto para a pavimentação de calçadas, como praças e ruas. O projeto seguirá as seguintes etapas:

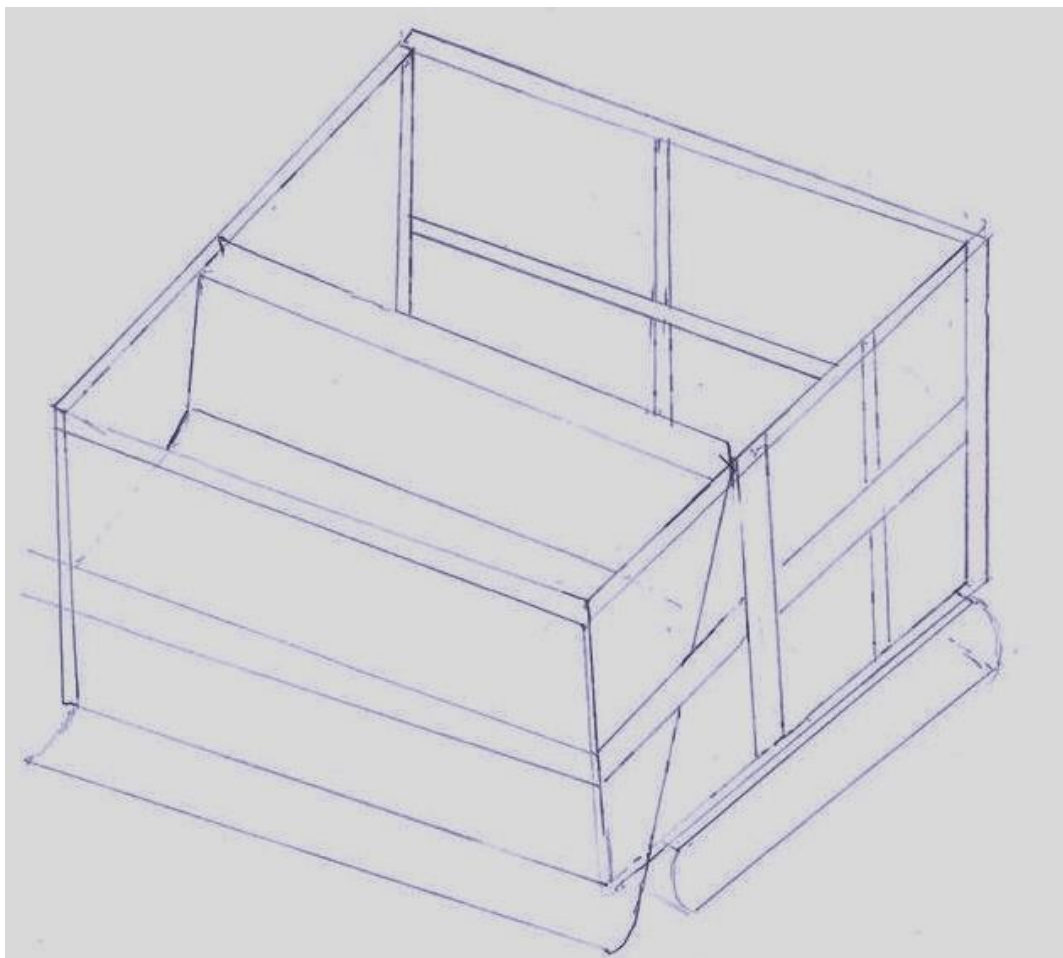
- Definição de *layout* e croqui do primeiro modelo;
- Divisão da máquina em módulos;
- Modelamento e dimensionamento dos elementos principais dos módulos;
- União dos módulos para montagem final e definição de *layout* final.

### 3.3 Especificações Técnicas

- Tamanho: 1835X1800X1280 mm
- Peso: 600 kgf
- Tipo de Acionamento: Hidráulico
- Público Alvo: Construtoras, Prefeituras e Empreiteiras.
- Material usado na construção: Aço, Nylon
- Necessidade de fonte de energia: Motor Diesel

### 3.4 Croqui de Conjunto

Na Figura 5, temos o primeiro desenho esquemático da máquina, ele servirá de base para o detalhamento em CAD e projeto da máquina toda.



*Figura 6 – Desenho esquemático da máquina.*

### 3.5 Dados do Projeto

A máquina em questão segue o desenho esquemático apresentado no item 3.3. Para facilitar as etapas do projeto e fabricação divide-se a máquina em quatro módulos principais, que serão projetados e montados separadamente, após estas etapas os quatro módulos serão unidos através de elementos de fixação mecânica ou solda, dando a configuração final da máquina.

Os dados do projeto foram divididos por módulo da máquina para facilitar a compreensão. Para que isto fosse possível, foi necessário a obtenção de algumas informações preliminares de projeto, assim sendo, foi feito um primeiro *layout* de chassi, e demais módulos para se ter uma estimativa de peso da máquina. Os desenhos em CAD foram baseados no croqui de conjunto apresentado no item 3.3.

Ao finalizar este primeiro layout em CAD, o software estava indicando um peso de 343 kgf., porém havia ainda os elementos da transmissão que seriam adicionados à máquina, assim é estimado que o peso da máquina em 600 kgf. Há ainda que se considerar outras cargas, iremos considerar um operário de 100 kg. e a carga dos bloquetes é dada abaixo, consideraram-se os bloquetes lotando o reservatório, o volume é dado pelo calculo da área de uma seção do reservatório multiplicado por seu comprimento conforme a equação abaixo:

$$V = (c \times h \times b) + \left( \frac{c1 \times h \times b}{2} \right)$$

$$V = (0,465 \times 0,385 \times 1,784) + \left( \frac{0,300 \times 0,385 \times 1,784}{2} \right)$$

$$V = 0,319 + 0,103 = 0,422m^3$$

A densidade do concreto, segundo a ABNT NBR 6120:1980 é de 2200  $Kgf/m^3$

O volume total do reservatório é de  $0,422 m^3$ , é difícil afirmar quantos bloquetes isso representa, porém podemos considerar que o volume total será ocupado por pavimentos para calculo dos esforços. Assim a carga total de pavimentos será:

$$Carga = V \times d$$

$$Carga = 0,422 \times 2200 \cong 900kgf$$

Tem-se, portanto que a carga total a ser deslocada pelo módulo potência é dada por:

$$Carga\ total = P_{máquina} + P_{operador} + P_{bloquetes}$$

$$Carga\ total = 600 + 100 + 900 = 1600kgf$$

Calcula-se o centro de gravidade, para estudar-se como será a distribuição de esforços no chassi e assim será possível dimensionar o motor. Devido ao fato de a máquina ser simétrica o centro de gravidade do conjunto Chassi será centrado, assim os esforços em cada esteira serão iguais, porém foi preciso estimar a carga sobre as vigas, a figura abaixo mostra onde se localizam as principais cargas.

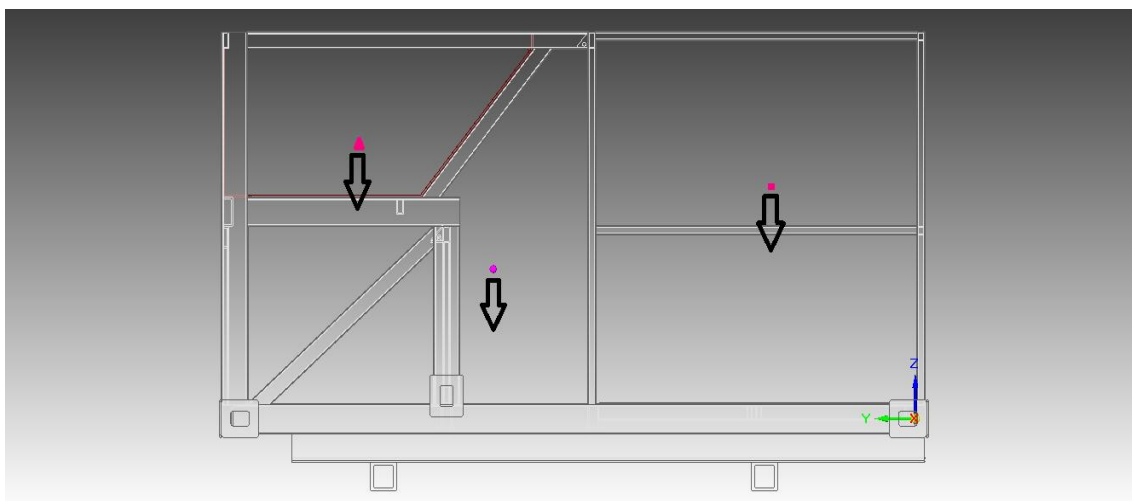


Figura 7 - Centro de gravidade da máquina (Plano y – z).

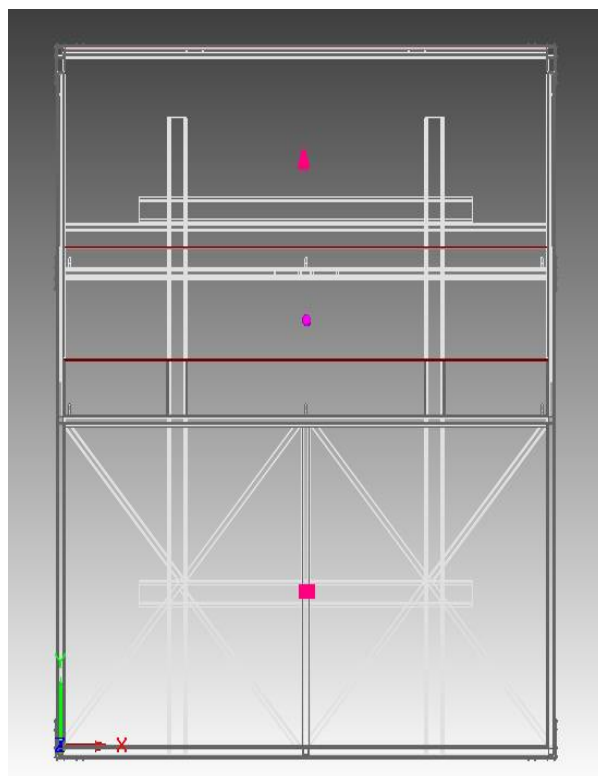


Figura 8 - Centro de gravidade da máquina (Plano x- y).

#### LEGENDA:

▲ Centro de gravidade do reservatório, carga máxima: 900 kgf, coordenadas – x:900mm ; y:1480mm ; z:680mm;

● Centro de gravidade do chassi, carga máxima: 600kgf, coordenadas – x:900mm ; y:1135mm; z:360mm;

■ Centro de gravidade do operador, carga máxima 100kgf, coordenadas – x: 900mm ; y:425mm; z:1100mm;

É possível notar que o centro de gravidade no eixo x será exatamente no centro da máquina, isso ocorre devido ao fato de esta ser simétrica, nas considerações do centro de gravidade ainda estão faltando os elementos de transmissão, porém o local reservado para o motor é exatamente onde se localiza a circunferência rosa, e a carga já está considerada no peso do chassi.

Para obter-se os dados do centro de gravidade representados acima fez-se algumas considerações. E outros dados foram obtidos diretamente do software Solid Edge®, o centro de gravidade é facilmente calculado abaixo:

$$\text{Eixo} = \frac{\sum(c2 \times \text{pos})}{\sum c2}$$
$$\text{Eixo y} = \frac{(900 \times 1480) + (600 \times 1135) + (100 \times 425)}{1600} = 1284\text{mm}$$
$$\text{Eixo z} = \frac{(900 \times 680) + (600 \times 1135) + (100 \times 425)}{1600} = 834\text{mm}$$
$$\text{Eixo x} = 900\text{mm}$$

Pode-se utilizar os dados de centro de gravidade para uma posterior simulação dos esforços no chassi em elementos finitos, a partir dos dados acima se pode partir para o detalhamento dos módulos.

### 3.5.1 Módulo Potência

Este módulo é constituído dos motores de roda, motor diesel, bomba, válvulas e mangueiras. Primeiramente buscaram-se dados para selecionar-se estes componentes.

Considera-se que a máquina deverá subir uma rampa de até trinta graus, sua velocidade máxima com carga máxima é de 3 Km/h ou 0,83 m/s. e essa velocidade deve ser atingida em até 5 segundos.

O diâmetro da roda da esteira é de 250mm, assim a rotação é dada por

$$n = \frac{v \times 60}{d1 \times 2 \times \pi}$$

$$n = \frac{0,833 \times 60}{0,25 \times 2 \times 3,14} = 31,8 \text{ rpm}$$

A aceleração máxima é dada por

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{0,83}{5} = 0,16 \text{ m/s}^2$$

Assim o diagrama de corpo livre (Figura 8):

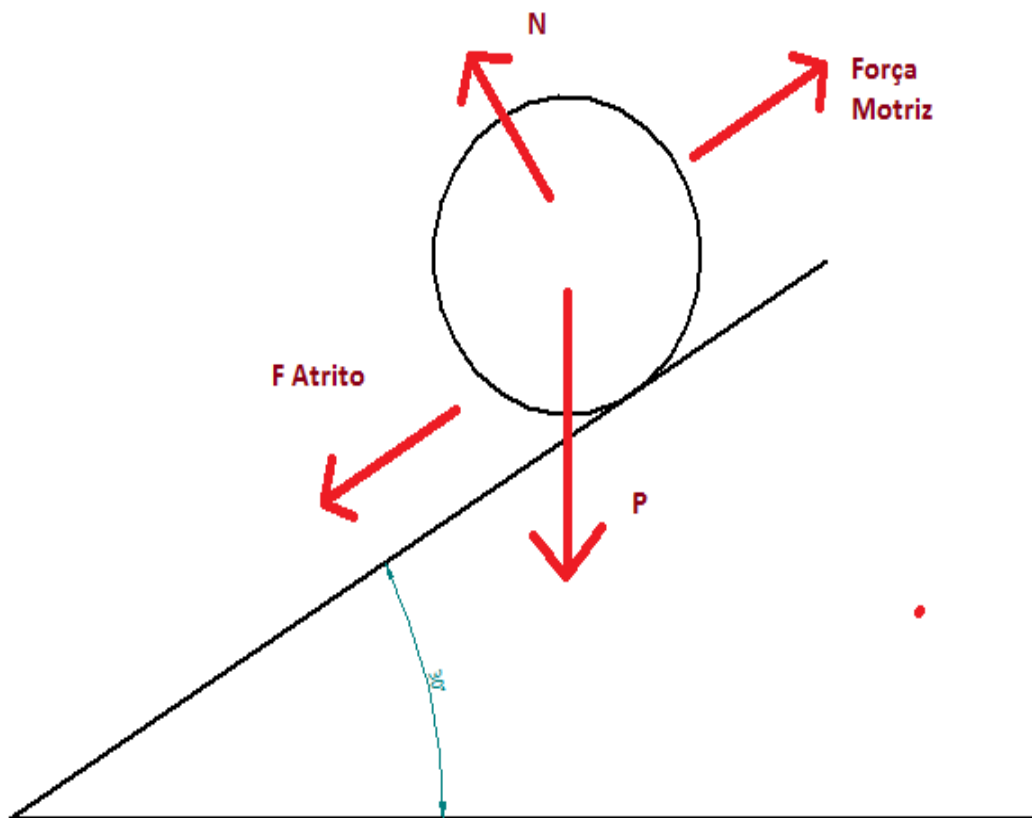


Figura 9 - Diagrama de corpo livre da máquina pavimentadora.

Os seguintes cálculos de forças:

$$F_{\text{atrito}} = N \times \mu$$

$$N = P \times \cos 30^\circ$$

Pelo diagrama de corpo livre, pode-se inferir que a força resultante para o motor subir a rampa é dada por:

$$F_{\text{resul}} = F_{\text{motriz}} - P \times \sin 30^\circ - F_{\text{atrito}}$$

O valor do coeficiente de atrito pode sofrer ampla variação, segundo CAETANO (2010), o valor adotado para atrito estático de borracha-aço é de 0,6.

Adotou-se borracha-aço, pois consideramos a pior situação o embarque da máquina em um caminhão, onde ocorre o atrito com o aço da rampa de acesso.

A força resultante é definida por:

$$F_{\text{Resul}} = m \times a$$

Por fim:

$$m \times a = F_{\text{motriz}} - P \times \sin 30^\circ - P \times \cos 30^\circ \times 0,6$$

$$F_{\text{motriz}} = (1600 \times 0,16) + (15696 \times \sin 30^\circ) + (15696 \times \cos 30^\circ \times 0,6)$$

$$F_{\text{motriz}} = 16260 \text{ N}$$

Como há um motor em cada esteira, tem-se que a força motriz em cada motor é de 8130N, considerando o raio da roda da esteira de 0,125 metros temos que o torque do motor é dado por:

$$T = F \times r$$

$$T = 8130 \times 0,125$$

$$T = 1016 \text{ N.m}$$

Com esses dados já é possível se calcular a potência do motor:

$$\text{Pot} = F \times v$$

$$\text{Pot} = 8130 \times 0,83 = 6748 \text{ W} = 9,05 \text{ CV}$$

A ideia inicial era que a transmissão fosse mecânica acionada por um motor elétrico, porém ao se obter a potência e torque necessário e feito uma busca dos possíveis motores, verificou-se a inviabilidade, tanto devido ao peso quanto as dimensões do motor, que eram demasiadamente grandes, tornaram inviável a utilização deste tipo de acionamento. Devido a isto a transmissão escolhida foi hidráulica acionada por um motor diesel.

O dimensionamento da transmissão hidráulica se iniciara pelos motores de roda, adota-se um motor para cada roda, o motor selecionado é um motor Poclain série MS03 (POCLAIN HYDRAULICS. MODULAR HYDRAULIC MOTORS MSE03. 2009). Este motor permite uma rotação máxima de 155 rpm. Trabalha a uma pressão máxima de 350 bar e oferece uma potencia máxima de 11KW.

Tabela 1 - Dados do motor Poclain MS03.-Fonte: POCLAIN HYDRAULICS, 2009.

cm³/rev	Torque Teórico a 100 bar (N.m)	Potência máxima KW (HP)	Velocidade Máxima ( rpm)	Pressão Máxima (bar)
225	716	11(15)	155	350

Nota-se que o motor oferece, a 100 bar, um torque de 716 N.m, dessa forma obtêm-se que a pressão máxima de trabalho é dada por:

$$\frac{100}{p} = \frac{716}{1016}$$

$$p = 142 \text{ bar}$$

Outro aspecto que deve ser notado, é que o motor tem rotação máxima de 155 RPM, enquanto precisa-se de somente 32 RPM, porém se considera que a máquina terá uma velocidade de translado de pelo menos 6 km/h. dessa forma a rotação máxima do motor será de 64 RPM.

O deslocamento de óleo do motor pela tabela 1, 225 cm<sup>3</sup>/rev, como o motor trabalhará no máximo a 64 RPM, precisamos de uma bomba que envie:

$$V_{\text{bomba}} = 0,225 \times 64 = 16 \text{ L/Min}$$

O segundo passo é escolher a bomba que enviará óleo aos motores de roda, a bomba escolhida também é da marca Poclain da série PMV0-17,85 (POCLAIN HYDRAULICS.PVM-0 VARIABLE DISPLACEMENT PUMP. 2010.) . Ela oferece uma vazão de 64,3 (L/min) a 3600 rpm. Trabalha a pressões de até 300 bar e pode deslocar até 17,85 cm<sup>3</sup> de óleo por revolução.

Tabela 2 - Dados da bomba Poclain PMV-07. Fonte: POCLAIN HYDRAULICS, 2012.

cm <sup>3</sup> /Rev	Vazão teórica à 3600 RPM (L/min)	Potência máxima absorvida KW	Torque absorvido à 100 bar (N.m)	Pressão Máxima (bar)
17,85	64,3	30,5	28,4	300

Logo é possível encontrar qual deve ser a rotação da bomba, considera-se que ela precisa enviar 16 litros por minuto para cada motor, temos que ela necessita enviar 32 litros no total, assim sua rotação é dada por:

$$n_{\text{bomba}} = \frac{V_{\text{total}}}{V_{\text{porrev.}}}$$

$$V_{\text{porev}} = 0,007 \text{ L/rev (dado do catalogo da bomba)}$$

$$V_{\text{total}} = 32 \text{ Litros}$$

$$n_{\text{bomba}} = \frac{32}{0,01785}$$

$$n_{\text{bomba}} = 1793 \text{ RPM.}$$

É necessário encontrar o torque de entrada na bomba para garantir que está consiga enviar o óleo hidráulico na vazão necessária.

A relação de pressão e torque é linear, logo para a vazão de 17,85 cm<sup>3</sup>/rev, e considerando que a bomba deve enviar o óleo a uma pressão de 142 bar para os motores de roda, utilizaremos uma pressão de 180 bar como referencia para compensar o rendimento não ideal e perdas na linha, tem-se que o torque de entrada na bomba será dado pela seguinte relação:

$$\frac{28,4}{T} = \frac{100}{180}$$

$$T = 51,12 \text{ N.m}$$

Este valor deve ser o torque fornecido pelo motor diesel à bomba. É necessário calcular o valor da potência de entrada na bomba para a escolha apropriada.

$$\text{Potent} = \frac{Q \times \Delta p}{600 \times \eta_t}$$

Q = Vazão de saída da bomba = 32 L/min

$\Delta p = 180 \text{ bar}$

O valor de rendimento total é dado pelo gráfico representado na Figura 9:

Gráfico de rendimento da bomba no máximo deslocamento

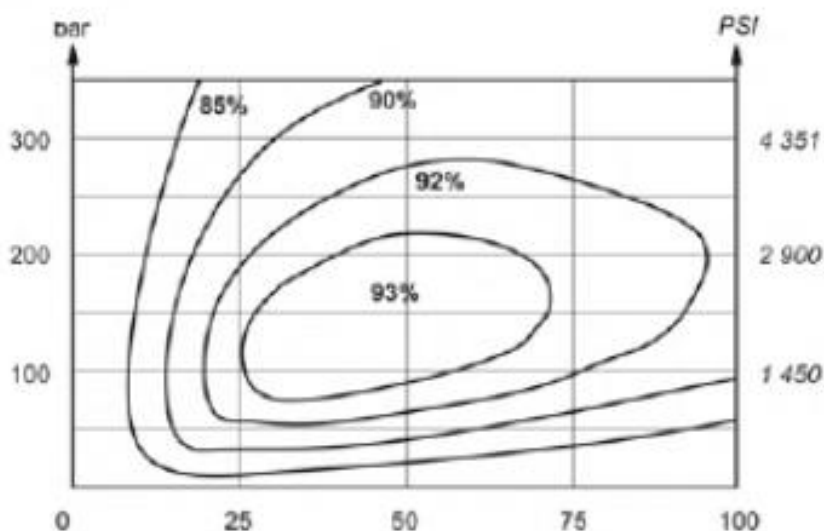


Figura 10– Imagem do gráfico de eficiência do catalogo de bombas Poclain (POCLAIN HYDRAULICS.PVM-0 VARIABLE DISPLACEMENT PUMP. 2010).

Inferiu-se que o rendimento da bomba para essa aplicação é de aproximadamente 93%, assim:

$$Potent = \frac{32 \times 180}{600 \times 0,93} = 10,3Kw = 13,85 CV$$

Concluindo, o motor diesel deve fornecer os seguintes parâmetros para a bomba hidráulica, potência de 13,85 CV, torque de 51,12 N.m e uma rotação de 1793 RPM.

O óleo necessita ser resfriado durante o funcionamento da máquina, considerou-se que deve ficar um minuto dentro do reservatório de óleo hidráulico para trocar calor com o meio, considera-se que a vazão de saída na bomba é de 32 litros, então o reservatório necessitará do volume de 32 litros para manter o óleo um minuto no seu interior.

O motor selecionado foi um motor diesel, monocilíndrico quatro tempos Yanmar NSB18 (YANMAR MOTORES ESTACIONÁRIOS. 2013.), este motor pesa 177 Kg e oferece uma potência de até 12 KW em regime intermitente e de 11 KW para regime contínuo.

Tabela 3 - Dados do motor NSB18 Yanmar - Fonte: Catálogo Motores Estacionários a Yanmar.

Potência intermitente Kw/rpm	Potência contínua Kw/rpm	Cilindrada C.C	Consumo de combustível (gr/cv.h)	Peso (KG)
12/2200	11/2200	866	185	177

O motor tem a curva de potência representada na Figura 9. Esta curva é importante para que o operador saiba em qual rotação ele conseguira a máxima potência do motor, no caso a máxima potência é obtida na máxima rotação, existem alguns casos em que a máxima potência não é fornecida na máxima rotação.

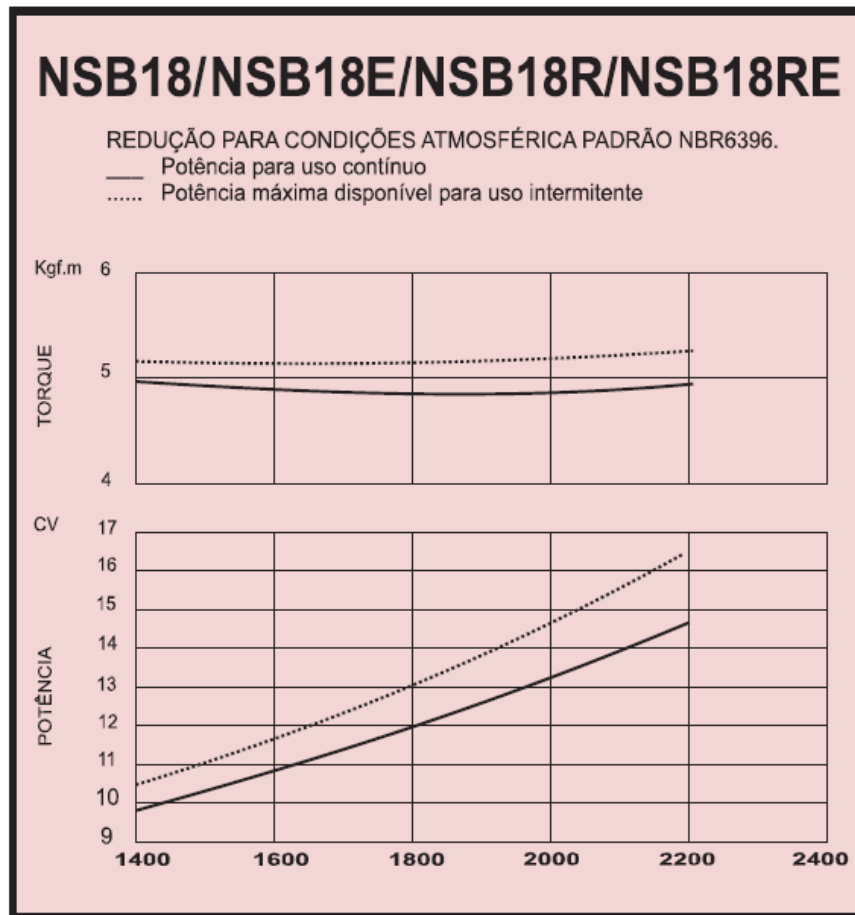


Figura 11 - Curva de potência do motor Yanmar NSB18 – Fonte: [http://www.yanmar.com.br/detalhes\\_produto.php?cod=3](http://www.yanmar.com.br/detalhes_produto.php?cod=3).

O módulo potência não foi detalhado no modelo CAD, pois há diversos elementos comprados como mangueira e válvulas. Foram representados somente a localização dos itens principais.

Foi necessário estimar o volume do tanque de combustível de acordo com informações disponíveis no catálogo de motores a diesel estacionários Yanmar (disponível em [http://www.yanmar.com.br/detalhes\\_produto.php?cod=3](http://www.yanmar.com.br/detalhes_produto.php?cod=3)) o motor escolhido tem um consumo de 185 g/cv.h. O tanque deve permitir que o operador trabalhe um período de pelo menos oito horas sem ser necessário o abastecimento, considerando que o motor trabalhe a uma potência média de 14 CV temos que o motor irá consumir.

$$\text{Consumo: } 185 \times 14 \times 8 = 20720 \text{ g.}$$

A densidade do diesel é de 0,853 kg/L (BRAUN, APPEL e SCHALMAL; 2003). Portanto o reservatório de combustível deve ter no mínimo 24,29 L como calculado.

Utiliza-se um coeficiente de segurança, o tanque de combustível terá um volume de 28 litros, a sua construção será feita de aço, portanto será necessário que seu interior passe por um processo de zincagem visando evitar a corrosão do metal devido ao contato com o combustível.

### **3.5.2 Módulo Elétrico**

O módulo elétrico será constituído dos elementos responsáveis pelo acionamento do motor, controle de direção. Os mecanismos de controle, emergência e velocidade da máquina também estão englobados neste módulo.

Para o trabalho em questão não serão abordados cálculos e modelamentos deste módulo.

### **3.5.3 Módulo Rampa**

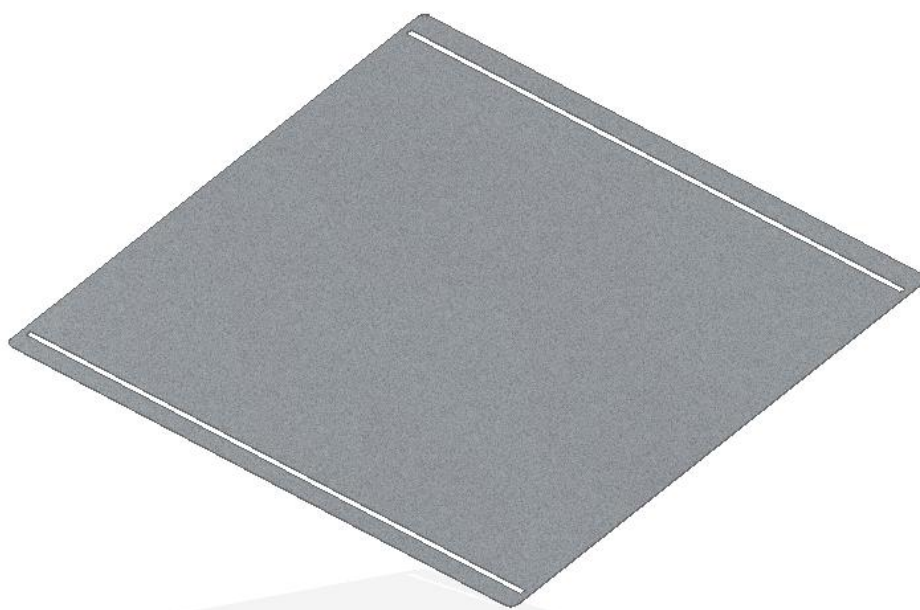
O módulo rampa (Figura 11) é responsável por garantir que os pavimentos escorreguem da máquina até o solo, neste módulo é possível fazer a regulação da largura da rua que o operador deseja pavimentar.



*Figura 12 - Módulo Rampa.*

Este módulo é constituído por chapas e alguns elementos mecânicos como rolamento e anéis elásticos, porém este não está submetido a grandes esforços, logo não foram realizados cálculos de resistências das chapas. Foram modelados mecanismos de funcionamento para a regulação da rampa de acordo com a necessidade de quem opera a máquina. Também faz parte deste módulo a chapa com a inclinação e a curvatura necessária para que os bloquetes caiam rente ao solo.

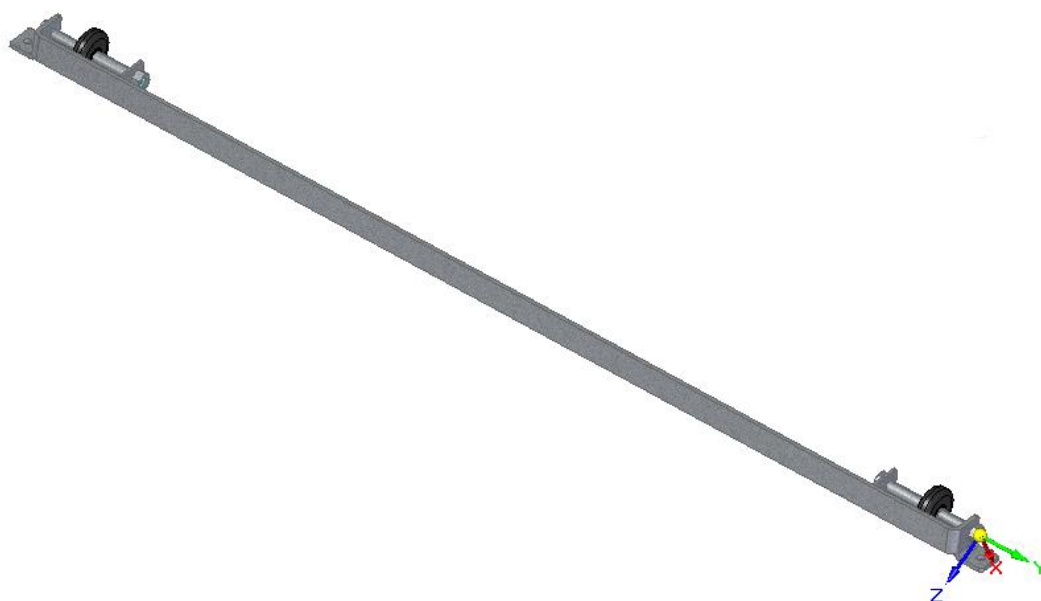
O módulo contém uma chapa principal (Figura 12) com a seguinte configuração:



*Figura 13- Chapa principal do módulo rampa.*

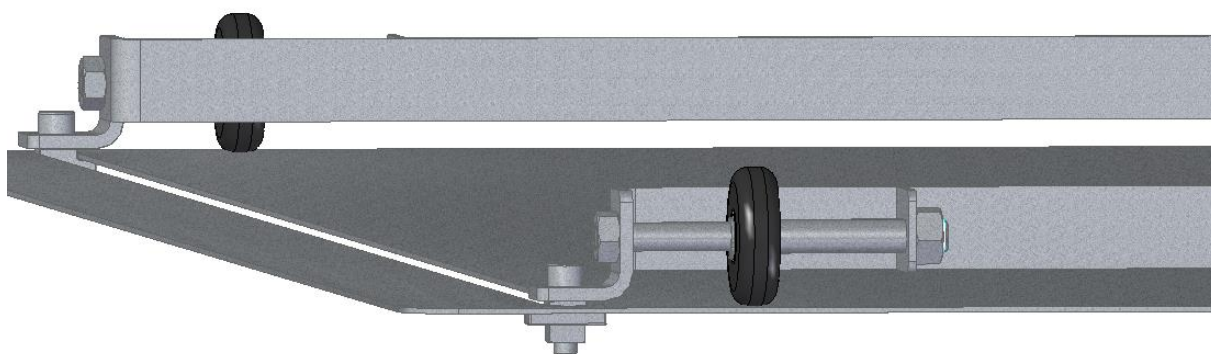
Esta chapa (Figura 12) servirá de base para o sistema de regulação de largura, é também o local por onde os *pavers* escorregam, ela é montada em um ângulo de 45 graus com a horizontal na máquina.

O elemento regulador da largura da rua é uma chapa montada com duas rodas pequenas que correm na chapa principal (Figura 13).



*Figura 14- Sistema de regulagem de largura.*

O sistema de regulagem de largura tem duas abas que são parafusadas na chapa principal, essas abas servem de apoio onde um parafuso é apertado para fixar o mecanismo, para determinar a largura de trabalho. Quando se deseja alterar essa dimensão, se solta os parafusos e corre-se a chapa na guia, aqui é interessante destacar que para evitar situações em que o operador não consiga apertar o parafuso, utiliza-se uma porca de projeção (Figura 14).



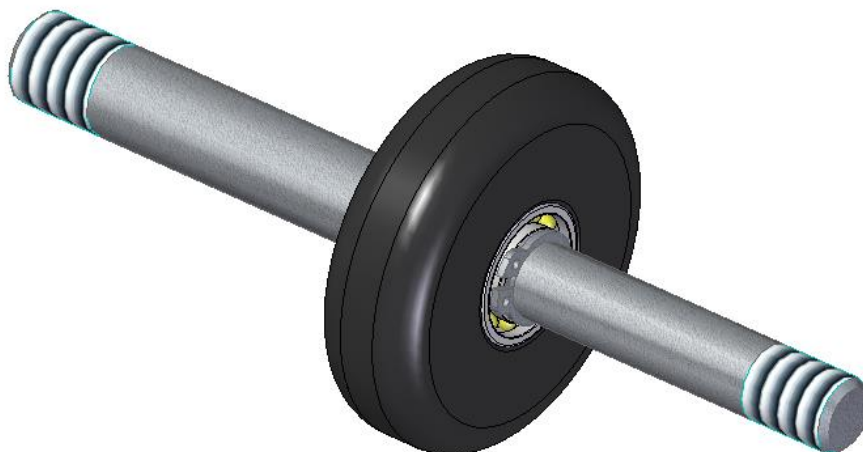
*Figura 15- Sistema de regulagem de largura vista lateral.*

O eixo para montagem (Figura 15) da roda pequena é roscado nas pontas e há um escalonamento e um rasgo para assentar o rolamento.

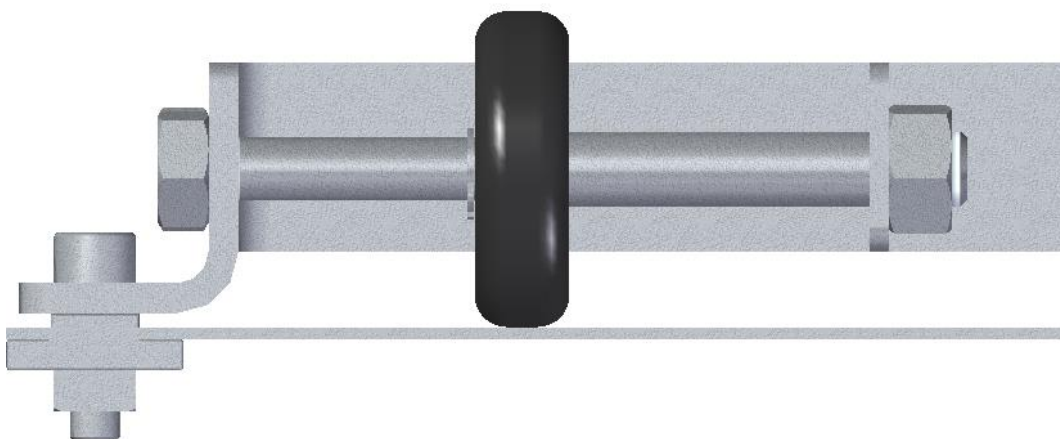


*Figura 16- Eixo.*

A roda pequena também tem uma configuração diferente no seu interior, para garantir que os anéis dos rolamentos fiquem fixos (Figuras 16 e 17).



*Figura 17 - Eixo montado.*



*Figura 18- Montagem de eixo na máquina.*

Para que os pavimentos drenantes caiam rentes ao solo há uma última chapa calandrada (Figura 18) que é unida a chapa principal (Figura 11).



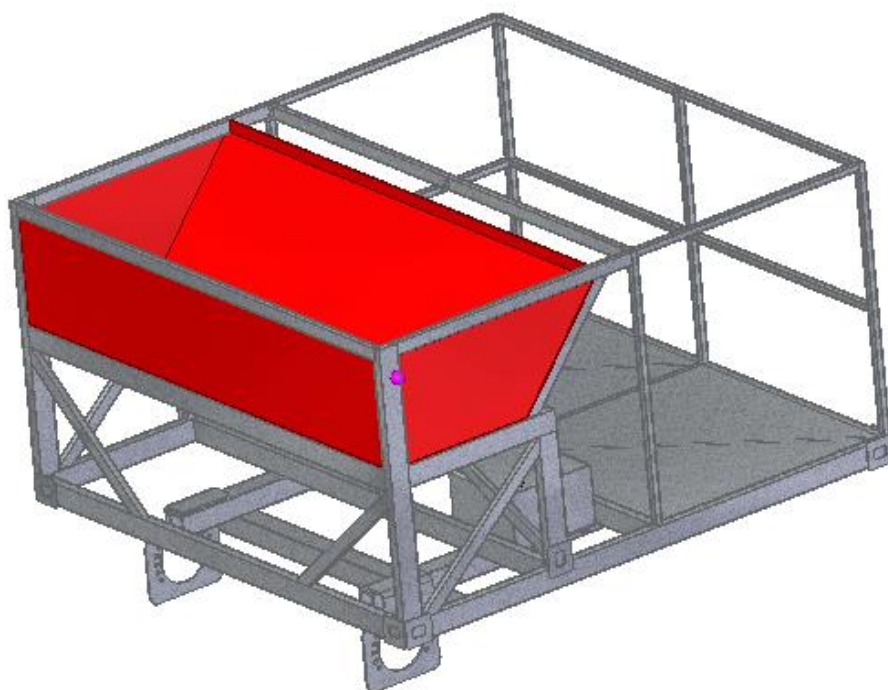
*Figura 19– Chapa Calandrada para deslizamento de Pavers.*

A chapa calandrada pode ser facilmente retirada do módulo para facilitar o transporte da máquina, para retirá-la basta soltar os parafusos utilizados para definir a largura da rua.

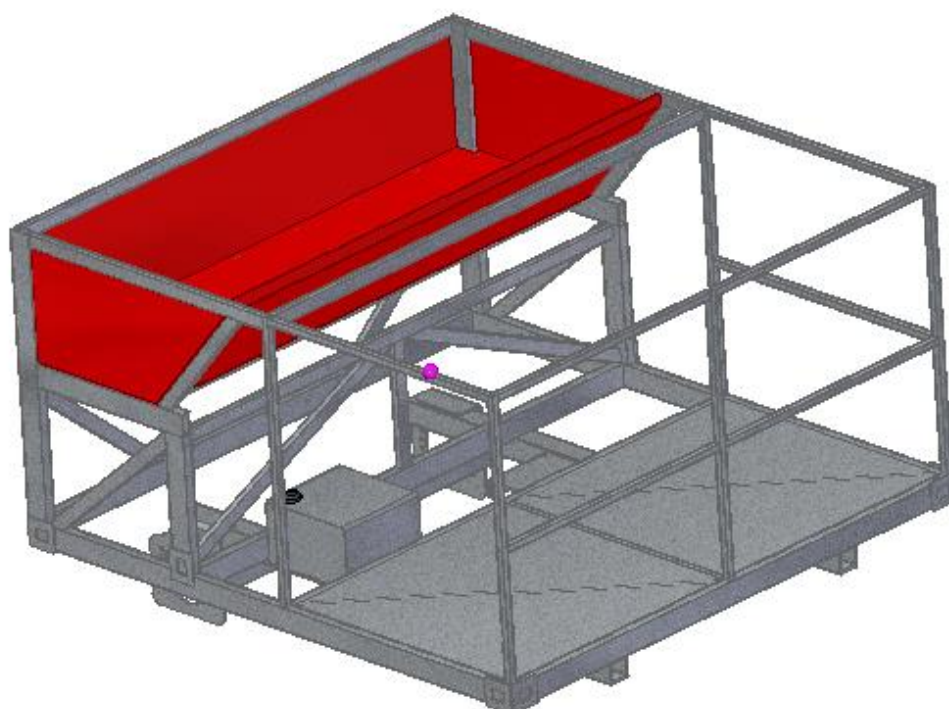
Estes elementos formam o módulo rampa, este módulo é soldado no chassi.

#### **3.5.4 Módulo Chassi**

O módulo chassi (Figuras 19 e 20) é constituído de tubos mecânicos, estes podem ser comprados, pois as secções usadas são comerciais e foram retiradas do catalogo de produtos da Gerdau (2010), após a compra estes devem ser cortados e soldados.



*Figura 20 – Imagem dianteira do chassi.*

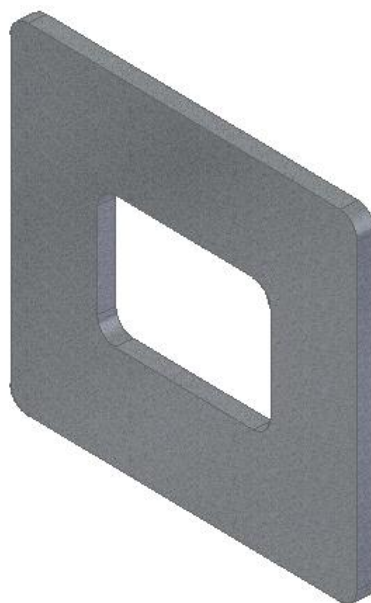


*Figura 21– Imagem traseira do chassi.*

O módulo chassi tem varias particularidades que merecem ser destacadas, apesar de não ser necessariamente um elemento estrutural, o reservatório de pisos é considerado como parte integrante deste módulo, representado em vermelho

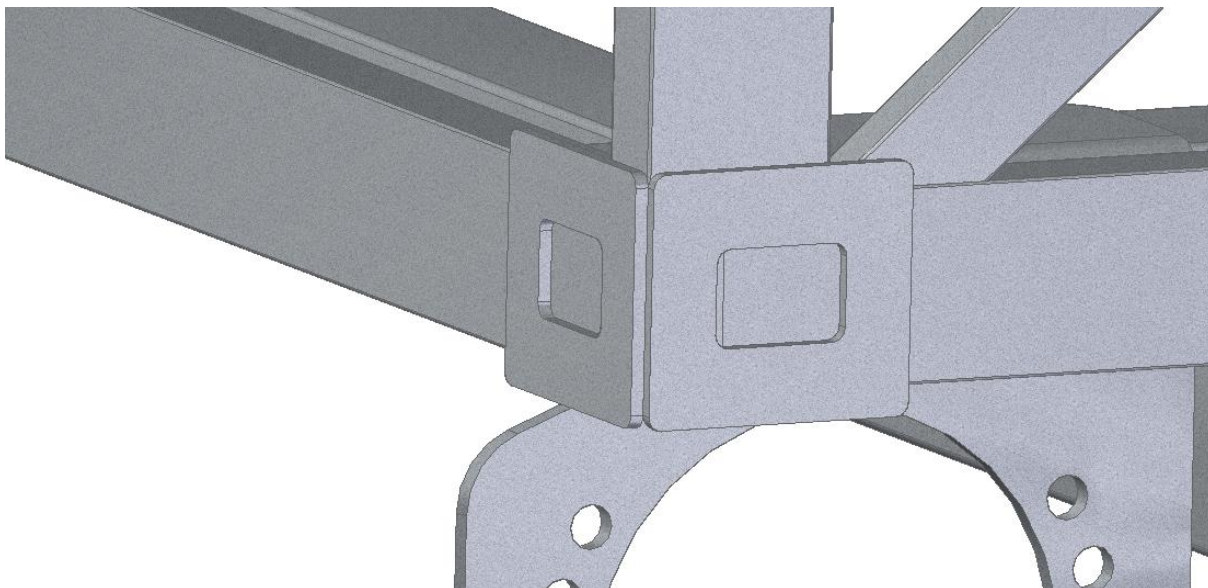
(Figura 20), o reservatório é constituído basicamente de chapas dobradas que serão soldadas ao chassi o seu volume é de aproximadamente  $0,422m^3$ .

Todos os tubos são de aço e serão unidos por meio de solda, os cordões sempre que possíveis devem ser fechados, não sendo interrompidos. A interrupção de um cordão gera concentradores de tensão indesejáveis em alguns pontos, visando diminuir esse problema, evitou-se terminar os cordões no meio de tubos onde as paredes são menos espessas. Nas junções mais críticas utilizou-se a peça (Figura 21) para aumentar a área de solda e diminuir pontos de concentração de tensão.



*Figura 22– Junção do Chassi.*

Esta peça tem como função fortalecer a solda e aumentar a área de cordão nos pontos mais críticos da máquina (Figura 22).



*Figura 23– Aplicação da junção do Chassi.*

Toda a estrutura do chassi esta apoiada sobre uma estrutura no formato de uma grade (Figura 23).



*Figura 24– Grade de suporte do chassi.*

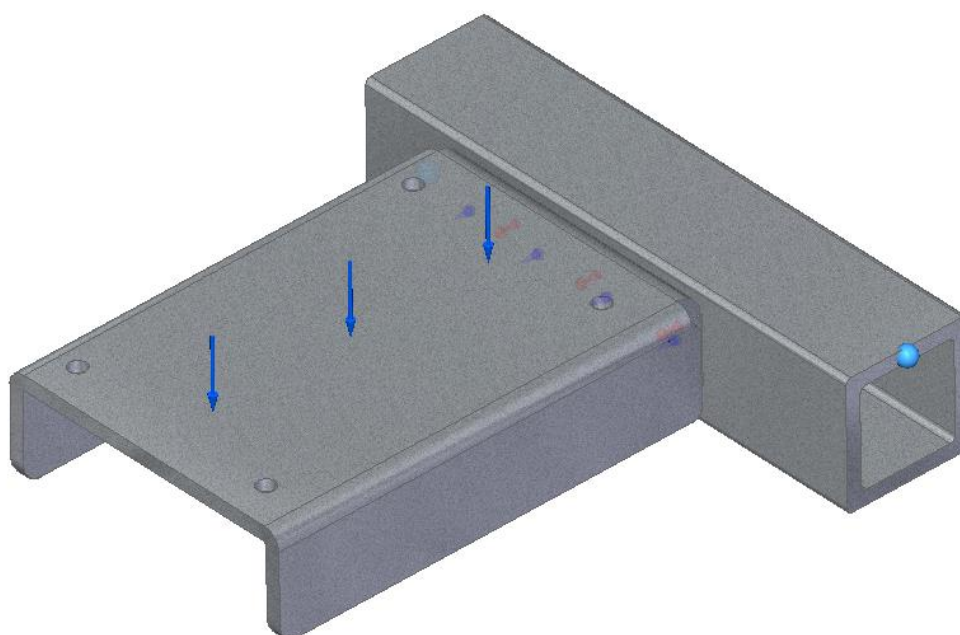
A grade de suporte do chassi (Figura 23) tem suas pontas unidas à esteira através de soldas. Os esforços aplicados à estrutura já foram especificados no item 3.4, é difícil prever como será a distribuição de tensões por todo o chassi sem a utilização de um software de elementos finitos, a situação ideal seria uma simulação

de todos os tubos e soldas para verificar os pontos críticos e reforçá-los, no nesse caso foi feita uma simulação do suporte do motor (Figura 24) para verificar se ele resistiria à carga do motor.



*Figura 25– Suporte do motor.*

Tem-se que sobre este suporte há uma carga de 1800 N, oriundo do peso do motor sobre o mesmo, este é soldado na grade principal, representada na figura 25.



*Figura 26– Suporte do motor soldado ao tubo.*

Para identificar a distribuição de tensões no suporte do motor, utilizou-se o software Nastran®, podendo assim encontrar as tensões atuantes por toda a peça (Figura 26).

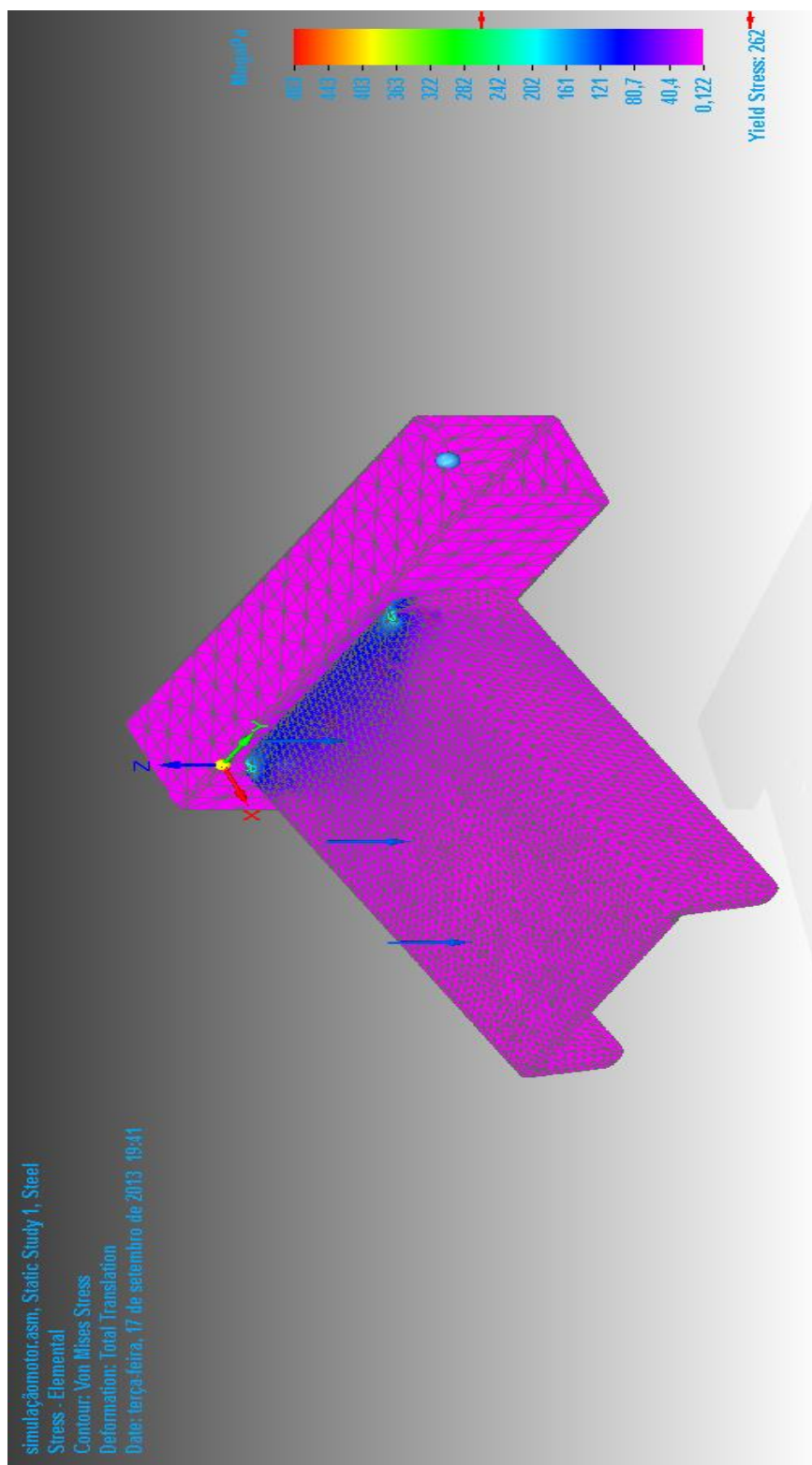


Figura 5– Resultado da simulação do suporte do motor.

O material da peça é um aço 1010, com tensão de escoamento de 262 MPa, Tensão de Ruptura de 358 MPa e Módulo de Elasticidade de 199997 MPa.

Tabela 4 – Propriedades do Material.

Propriedade	Valor
Módulo de Elasticidade	199997 MPa
Tensão de Escoamento	262 MPa
Tensão de Ruptura	358 MPa

A malha gerada teve 49422 elementos e 84181 nós.

Tabela 5– Características da Malha.

Nº de elementos	49422
Nº de nós	84181

A tensão mínima encontrada foi de 0,122 MPa e a máxima 252MPa.

Tabela 6– Características da Tensão.

Tensão Mínima	0,122 MPa
Tensão Máxima	252 MPa

Tem-se que a tensão Von Mises máxima encontrada é muito próxima à tensão de escoamento do material, situação não recomendada, analisando-se a distribuição de tensões na peça verifica-se o concentrador de tensão próximo ao alívio para dobra, a solução no caso é aumentar o raio de alívio para que diminua a concentração de tensão neste ponto e tem-se um coeficiente de segurança mais alto, algo em torno de 1,5, que seria recomendável.

Fez-se uma nova simulação com um raio de alívio de dobra maior e com um material aço LN-38, que possui tensão de escoamento de 380 MPa, os resultados encontrados foram uma malha com 41.667 e 71.773 nós,

Tabela 7 – Características da Malha (2ª simulação).

Nº de elementos	49422
Nº de nós	84181

A tensão mínima encontrada foi de 0,102 MPa e a máxima 242 MPa.

Tabela 8– Características da Tensão (2ª simulação).

Tensão Mínima	0,122 MPa
Tensão Máxima	242 MPa

Com a nova tensão encontrada e a tensão admissível de 380 MPa obtemos um coeficiente de segurança de aproximadamente 1,6. O que é um valor seguro para a peça.

### 3.6 Montagem Final da Máquina

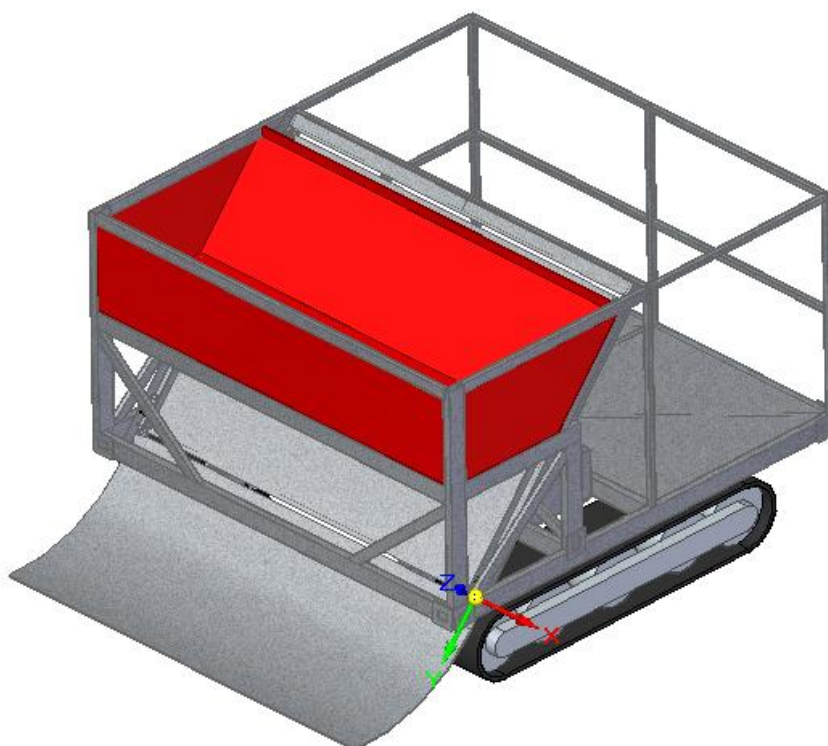
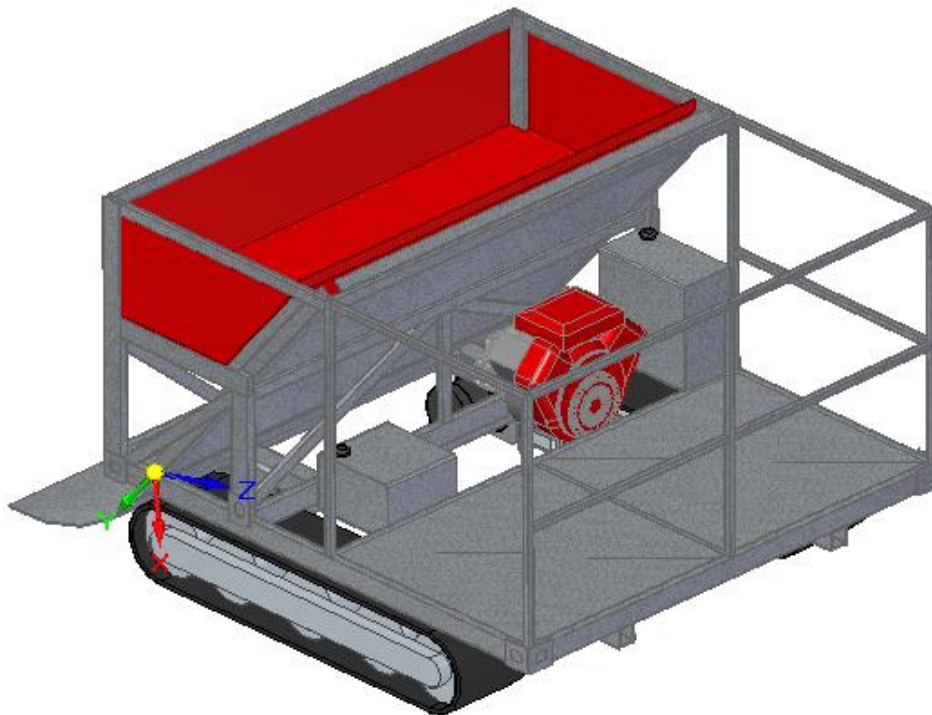


Figura 6 - Vista dianteira da montagem final da máquina.



*Figura 29 - Vista traseira da montagem final da máquina.*

### **3.7 Descrição detalhada do funcionamento**

O funcionamento é relativamente simples, o módulo chassi sustenta os demais módulos da máquina. O deslocamento da máquina é garantido pelo módulo potência que é acionado e controlado através de uma série de elementos do módulo elétrico.

A parte direcional da máquina é controlada pelo movimento de esteiras, para realizar curvas uma esteira deve girar em um sentido e a outra no sentido contrário.

Para iniciar os trabalhos o operário deve primeiro acertar a largura que os pavimentos escorregaram na rampa, esta tem a função de controlar os parâmetros de acordo com a dimensão da rua, para fazer este controle o operador solta dois parafusos de cabeça redonda com sextavado interno, ao soltar o parafuso, a roda permite que as chapas que limitam o curso dos pavimentos corram na rampa de escorregamento, ao atingir a largura desejada o operador aplica o torque novamente ao parafuso para que as chapas de controle da largura da rampa não corram livremente.

Antes de iniciar os trabalhos o operador deve acertar o local que será pavimentado, nivelar o solo e eliminar obstáculos, recomenda-se antes da máquina começar a se deslocar, que a primeira linha da rua seja feita manualmente, posteriormente o operador deve encostar o módulo rampa nesta linha e preencher completamente a rampa com pavimentos.

A próxima etapa é ligar a máquina, a velocidade de trabalho máxima é 3 km/h, porém dificilmente será possível trabalhar a esta velocidade, visto que o operador necessita ir preenchendo a rampa com os bloquetes de acordo com que a máquina se desloca, assim sendo, a velocidade de deslocamento da máquina depende unicamente da capacidade do operador de realimentar a rampa com pavimentos, é interessante que um trator realimente o reservatório de acordo com a necessidade do operador.

Preenchido totalmente o local desejado com pavimentos pode-se desligar a máquina.

### **3.8 Descrições da Fabricação e Montagem**

O projeto foi pensado para que seja necessária a fabricação de o mínimo possível de peças. Porém alguns processos de usinagem, como corte à laser, dobras e tornearia serão inevitavelmente necessários.

#### **3.8.1 Módulo Potência**

Tem como seus principais elementos os motores e bombas, que são parafusados no módulo chassi, nesse módulo não há fabricação de peças, a única etapa presente é a fixação dos componentes do módulo potencia no chassi por meio de parafusos.

### **3.8.2 Módulo Elétrico**

Grande parte deste módulo também é constituído por itens comprados, fios, chicotes, sensores, o principal trabalho aqui é a montagem desses componentes na máquina e a calibração dos sensores.

Outro ponto importante, é que o módulo elétrico é o responsável pelo controle de velocidade e direção da máquina, logo a sua calibração deve ser precisa.

### **3.8.3 Módulo Rampa**

O módulo rampa contém a usinagem de um eixo, provavelmente o processo de fabricação mais caro envolvido na máquina, para este módulo há alguns elementos soldados e cortes e dobras, apesar de serem utilizados diferentes processos, não há aqui elementos de grande importância estrutural, assim os processos não precisam ter um controle excessivo.

### **3.8.4 Módulo Chassi**

Seu projeto vem aliado a todos os outros módulos da máquina, constituído basicamente de tubos mecânicos, as únicas operações necessárias para sua construção são corte e solda, apesar de serem processos simples estes devem ser precisos e controlados. Há muitos pontos de solda onde o cordão não pode sofrer interrupções e deve ter as dimensões controladas, já nas operações de corte, deve-se seguir exatamente as tolerâncias indicadas por norma. Esses dois pontos são essenciais para que o chassi consiga receber a montagem dos demais módulos e também para evitar o surgimento de pontos de tensão indesejada nas soldas.

### 3.9 Descrição Geral da Operação e Manutenção do Produto

Para o funcionamento adequado da máquina de pavimentação algumas operações devem ser realizadas previamente:

- 1- O Terreno deve ser completamente nivelado, não necessariamente deve estar na horizontal, porém todo tipo de obstáculos (pedras, madeiras, etc) devem ser retirados do caminho
- 2- Uma fina camada de areia nivelada deve ser colocada no espaço.
- 3- Deve se definir os limites por onde os *pavers* serão encaixados, para isso encaixam-se os pisos nas laterais do trajeto por onde a máquina passará.
- 4- Através do sistema de regulação transversal, definir a área em que os pavimentos serão alocados.
- 5- Antes de ligar a máquina, o reservatório de *pavers* deve estar cheio, a rampa deve estar preenchida com a configuração desejada pelo operador.
- 6- Preenchida a rampa até o seu topo com *pavers* o operador pode acionar o módulo potência, a velocidade com que a máquina deve se deslocar é definida pelo operador. Está é feita através de um potenciômetro, deve-se começar a reposição dos *pavers* na rampa para que os blocos comecem a ser encaixados no solo.
- 7- Durante a pavimentação o reservatório de *pavers* deve ser constantemente reabastecido com novos pavimentos para que não seja necessário que a máquina pare o funcionamento para abastecimento de *pavers*.

### 3.10 Procedimentos de Descarte

A máquina não poderá ser descartada de maneira comum devido ao fato de conter óleo hidráulico, deve-se primeiramente retirar todo o óleo envolvido no sistema de transmissão e enviá-lo para tratamento correto antes que o mesmo seja descartado.

Já a parte de chaparia e tubos, envolvendo basicamente os elementos de aço da máquina, pode ser destinada a reutilização e reciclagem.

Componentes do circuito elétrico necessitam de um descarte correto, placas e fios não podem ser destinados à reciclagem.

#### **4 Conclusões e trabalhos futuros**

A geração de projeto conceitual uma nova máquina é um trabalho de muita criação e desenhos, nesta etapa é necessário pensar em qual será o impacto no detalhamento e fabricação do projeto, para que estes não se tornem atividades muito onerosas.

O trabalho em questão buscou desenvolver projeto conceitual que oferecesse soluções mecânicas que pudessem acelerar a pavimentação com pisos intertravados, a próxima etapa seria o cálculo estrutural das soluções e posterior detalhamento de desenhos para a fabricação, além da geração de blanks para peças cortadas na máquina laser.

O chassi necessariamente precisaria passar por uma simulação em elementos finitos devido à dificuldade de prever-se a distribuição de tensão por toda estrutura, além de verificar a frequência natural e a possibilidade de instalar um sistema de suspensão na mesma. O método dos elementos finitos é indispensável para o sucesso de uma máquina de grande porte, pequenos elementos, como suportes, podem apresentar pontos de concentração de tensão ou frequências naturais muito baixas.

Para a construção de calçadas e ruas a máquina desenvolvida neste trabalho pode ser uma solução para a substituição do trabalho exclusivamente manual, diminuindo a mão de obra e acelerando o processo construtivo, até o momento foi realizada a primeira etapa do projeto, ocorrendo continuidade nas próximas etapas pudesse ter uma solução para o mercado de construção civil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. ABCP. **Manual Técnico para Implementação da Habitação 10**. São Paulo. p.88. 2002.

BRAUN, Silvana; APPEL, Luciz G.; SCHAMAL, Martin. **A poluição gerada por máquinas de combustão interna movidas à diesel – A questão dos particulados. Estratégias atuais para a redução e controle das emissões e tendências futuras** Quim Nova, v. 27, n. 3, p.472-482. 2003.

CAETANO, Mario J.L. **Atrito e Coeficiente de Atrito**.2010. Disponível em: <[http://www.ctb.com.pt/?page\\_id=1467](http://www.ctb.com.pt/?page_id=1467)> acesso em: 05 de julho de 2013.

CARNIN, Raquel L. P. et al. **Desenvolvimento de peças de concreto (Paver) contendo areia descartada de fundição para pavimento intertravado**. Revista Pavimentação. out./nov./dez. p. 56-67.2010.

CAVALCANTI, Emerson C. M., AMORIM, Rogério P. F.; JUNIOR, Guido S. A. **Pavimentação intertravada: utilização de resíduo de construção e demolição para fabricação e assentamento de pavers**. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2011.

FIORITI, Cesar F.; INO Akemi; AKASAKI, Jorge L. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus**. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 7, n. 4, out./dez. p. 43-54. 2007.

GOMES, SINÉZIO **Aula 14 – Transmissão Hidráulica**. 2013. Disponível em <<http://instrumentacaoecontrole.blogspot.com.br/2013/03/aula-13-transmissao-hidraulica.html>> Acesso em: 10 de setembro de 2013.

HYDRAULICS COMPONENTES, SCHEMATICS, **HYDROSTATIC DRIVES AND TEST EQUIPMENT** – Toro University. Disponível em <<http://www.toro.com/Telling%20Pages%20Documents/Customer%20Care%20Commercial/tech-training/09169sl.pdf>>. Acesso em 12 de outubro de 2013.

PIOROTTI, J. L. **Pavimentação intertravada**. Rio de Janeiro: Montana. p. 64. 1985.

SANTOS, Anaaiara V.; BORJA, Edilberto V. **Avaliação das propriedades mecânicas de blocos intertravados com resíduo de pneu reciclado**. Holos. v.3. p. 52-60. 2003.

TECNOLOGIA HIDRÁULICA INDUSTRIAL PARKER – **APOSTILA M2001-1** BR. 1999. Disponível em < [http://unedserra-ehp.tripod.com/m\\_2001\\_1.pdf](http://unedserra-ehp.tripod.com/m_2001_1.pdf) >. Acesso em 10 de outubro de 2013.

TONON, Beatriz F.; FIORITI, Cesar F.; AKASAKI, Jorge L. **Análise teórica das características da estrutura do pavimento intertravado de concreto. Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão. Presidente Prudente**. out. p. 223-230. 2011.

GRZEBIELUCKAS Gleci *et al*; **Instrumento para identificação das necessidades do consumidor no processo de desenvolvimento do *design*: um estudo ilustrado com o projeto de um automóvel**. Gestão da Produção V18. p. 337-350. 2011.

TRAINNING MOBILE HYDRAULICS – **AXIAL PISTON UNITS** – Publicado por: Bosch Rexroth A. G. – p. 1-32

CATALOGO DE PRODUTOS GERDAU 2010. Disponível e em < <http://www.comercialgerdau.com.br/produtos/download.asp> > acesso em: 18 de junho de 2013.

MOBILE 2012 – CONFERENCE FOR MOBILE APLICATIONS – publicado por: Bosch Rexroth Ag. p. 7-66

NORTON, R. L. (2004). Projeto de Máquinas. Editora: Bookman. 2ª Edição. p. 817 – 834.

POCLAIN HYDRAULICS. MODULAR HYDRAULIC MOTORS MSE03. 2009. Disponível em: <[http://www.poclain-hydraulics.com/\\_upload/ressources/media/pdf/801478187A.pdf](http://www.poclain-hydraulics.com/_upload/ressources/media/pdf/801478187A.pdf)> acesso em: 09 de agosto de 2013.

POCLAIN HYDRAULICS.PVM-0 VARIABLE DISPLACEMENT PUMP. 2010. Disponível em: [http://www.poclainhydraulics.com/\\_upload/ressources/media/pdf/A35764Z.pdf](http://www.poclainhydraulics.com/_upload/ressources/media/pdf/A35764Z.pdf)> acesso em: 10 de agosto de 2013.

SARRATE, I. L; ALBRECHT, K. (1951), La Escuela del Técnico Mecánico, Editora Labor S. A. 3ª Edição. p.129 -137. p.408 – 443.

SHIGLEY, J. E.; MISCHEKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. (2004). Mechanical Engineering Design. Editora: Higher Education. 7ª Edição. p. 815 – 852.

JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. (2006). Projeto de Componentes de Máquinas. Editora: LTC. 4ª Edição. p. 405 – 419.

YANMAR MOTORES ESTACIONÁRIOS. 2013. Disponível em: <[http://www.yanmar.com.br/detalhes\\_produto.php?cod=3](http://www.yanmar.com.br/detalhes_produto.php?cod=3)> acesso em: 20 de agosto de 2013.