

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Projeto De Veículo Para O Transporte  
De Resíduos Recicláveis**

Fernando Luiz Rodrigues do Amaral  
Rafael Monteiro Rubez Felix

Orientador: Prof. Dr. Roberto Spínola

SÃO PAULO  
2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Projeto De Veículo Para O Transporte  
De Resíduos Recicláveis**

Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica

Fernando Luiz Rodrigues do Amaral  
Rafael Monteiro Rubez Felix

Orientador: Prof. Dr. Roberto Spínola



**SÃO PAULO  
2005**

TF-05  
Am 13 P

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600011161

110274

### FICHA CATALOGRÁFICA

Amaral, Fernando Luiz Rodrigues do  
Projeto de veículo para o transporte de resíduos recicláveis /  
F.L.R. do Amaral, R.M. Rubez Felix. -- São Paulo, 2005.  
p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1.Veículos especiais (projeto) 2.Coleta de resíduos recicláveis I.Rubez Felix, Rafael Monteiro II.Universidade de São Paulo.  
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica III.t.

## **RESUMO**

Ambiciona-se através deste trabalho de formatura projetar um veículo para o transporte de resíduos recicláveis. A primeira parte consiste do o estudo de viabilidade do projeto, composto pelo estudo da necessidade do projeto, das especificações técnica destas necessidades, na criação de alternativas, nas análise técnico-legal, de segurança, econômica e financeira das soluções criadas e por final na escolha de alternativas viáveis. Em seguida mostramos os critérios utilizados para a escolha, da melhor alternativa para o projeto, entre as previamente julgadas viáveis. Uma vez escolhido como será o veículo, iniciamos um estudo de características mais específicas do veículo, como o volume de seus compartimentos e a ergonomia de seu uso, além de uma descrição de seus conjuntos. Em seguida executamos o desenvolvimento do produto, com o dimensionamento detalhado do todo seu conjunto de tração, freios e estrutura.

## **ABSTRACT**

The main goal on this graduation paper is to develop a vehicle which purpose is to carry recycling residues. The first part consists in a viability study, including the study of the project needs and their technical specifications, creation of alternatives and legal, security, economical and financial analyses, and finally the choice of the most adequate alternative. Next, the criteria used in this choice are exposed to support it. Once defined how the vehicle would be, a study was carried out to specify its main features, as compartment volume, ergonomic use, followed by a description of its sub-systems. Finally, the product development was carried out, composed by a detailed dimensioning of its traction, braking and structural components.

## Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>02</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>03</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>03</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>04</b>
<b>2. Estudo de Viabilidade</b>	<b>05</b>
2.1 Estudo das Necessidades	05
2.2 Especificação Técnica das Necessidades	06
2.3 Criação de alternativas	07
2.4 Análise Técnica e Legal	10
2.5 Análise de Segurança	10
2.6 Análise Econômica	10
2.6.1 Reciclagem no Brasil	10
2.6.2 Viabilidade Econômica	18
2.7 Análise Financeira	18
2.8 Seleção das Alternativas Viáveis	25
<b>3. Projeto Básico</b>	<b>26</b>
3.1 Descrição das Alternativas Selecionadas	26
3.2 Matriz de Decisão	26
3.3 Descrição do Veículo	30
3.4 Análise de Compatibilidade	32
3.5 Estrutura do Veículo	32
3.6 Sistema Auxiliar de Tração	33
3.7 Compartimentos	33
3.8 Ergonomia	34
3.9 Perfil de Utilização	35
<b>4. Desenvolvimento do Produto</b>	<b>37</b>
4.1 Potência requerida	37
4.2 Sistema de alimentação	41
4.3 Dimensionamento da transmissão por correntes	42
4.4 Sistema de Freios	47
4.5 Dimensionamento estrutural	47
4.6 Rolamentos	54
<b>5. Referências Bibliográficas</b>	<b>56</b>

### **ANEXOS:**

1. Desenho de fabricação: Barra de Sustentação
2. Desenho de fabricação: Barra de fixação do eixo dianteiro
3. Desenho de fabricação: Suporte do eixo traseiro
4. Desenho de fabricação: Suporte do eixo dianteiro
5. Desenho de fabricação: Eixo dianteiro
6. Desenho de fabricação: Eixo traseiro
7. Desenho de fabricação: Barra de direção
8. Desenho de Conjunto

## Lista de Figuras

Figura 2.1 Romiseta	07
Figura 2.2 Romiseta adaptada para o transporte de carga	07
Figura 2.3 Moto com carreta	08
Figura 2.4 Carreta	08
Figura 2.5 Triciclo “formigão” adaptado para o transporte de botijões de gás	09
Figura 2.6 Triciclo “formigão”	09
Figura 3.1 Esboço do Veículo (vista lateral)	31
Figura 3.2 Esboço do Veículo (vista traseira)	31
Figura 3.3 Esboço do Veículo (vista superior)	31
Figura 3.4 Planta do centro da cidade de Cruzeiro	35
Figura 3.5 Esquema de cotas	36
Figura 4.1 Modelo do caso extremo	37
Figura 4.2 Força de tração x Ângulo de ladeira para veículo vazio	38
Figura 4.3 Força de tração x Ângulo de ladeira para veículo com carga total	39
Figura 4.4 Potência x Velocidade de trânsito	40
Figura 4.5 Curva de Performance do Motor	41
Figura 4.6 Gráfico de Capacidade x Autonomia	42
Figura 4.7 Equipamento acionador	43
Figura 4.8 Equipamento Movido	44
Figura 4.9 Engrenagem acionadora	44
Figura 4.10 Engrenagem Movida	44
Figura 4.11 Corrente de transmissão	44
Figura 4.12 Dimensões da corrente	45
Figura 4.13 Dimensões das engrenagens	46
Figura 4.14 Furação com rasgo para chaveta para engrenagem acionadora.	46
Figura 4.15 Furação com rasgo para chaveta para engrenagem movida	47
Figura 4.16 Barras paralelas de sustentação	48
Figura 4.17 Diagrama de Forças Cortantes (kN)	48
Figura 4.18 Diagrama de Momentos Fletores (kNm)	49
Figura 4.19 Barra de sustentação	49
Figura 4.20 Diagrama de Forças Cortantes (kN)	49
Figura 4.21 Diagrama de Momentos Fletores (kNm)	49
Figura 4.22 Seção transversal vigas paralelas	50
Figura 4.23 Barra de fixação do eixo dianteiro	50
Figura 4.24 Diagrama de Forças Cortantes (kN)	51
Figura 4.25 Diagrama de Momentos Fletores (kNm)	51
Figura 4.26 Seção transversal barra de fixação do eixo dianteiro	52
Figura 4.27 Eixo dianteiro	52
Figura 4.28 Diagrama de Forças Cortantes (kN) – Eixo Dianteiro	52
Figura 4.29 Diagrama de Momentos Fletores (kNm) – Eixo Dianteiro	53
Figura 4.30 Eixo traseiro	53
Figura 4.31 Diagrama de Forças Cortantes (kN) – Eixo Traseiro	53
Figura 4.32 Diagrama de Momentos Fletores (kNm) – Eixo Traseiro	53
Figura 4.33 Rolamento	55

## **Lista de Tabelas**

Tabela 2.1 Taxa de recuperação de papéis recicláveis por tipo de geração no nano de 2002 .....	12
Tabela 2.2 Evolução da taxa de recuperação de papéis .....	12
Tabela 2.3 Reciclagem de latas de alumínio no Brasil .....	13
Tabela 2.4 Reciclagem de latas de aço no Brasil.....	14
Tabela 2.5 Produção x Reciclagem (em mil toneladas).....	16
Tabela 2.6 Produção x Reciclagem (em mil toneladas).....	16
Tabela 2.7 Desempenho global do setor de reciclagem de vidro. ....	17
Tabela 2.8 Evolução dos índices de reciclagem de vidro .....	17
Tabela 3.1 Matriz de Decisão .....	28
Tabela 3.2 Ângulos de declive e acrível do trajeto .....	36

## **1. Introdução**

O destino do lixo é um problema constante em quase todos os municípios e ainda mais grave nas grandes cidades. A escassez de recursos é um obstáculo aos investimentos em coleta, processamento e disposição final do lixo, fazendo com que os lixões ainda sejam o destino mais comum dos resíduos urbanos, causando prejuízos ao meio ambiente, à saúde e à qualidade de vida da população. Mesmo nas cidades onde existem aterros sanitários, o rápido esgotamento de sua vida útil mantém o problema do destino do lixo urbano. A situação exige medidas no sentido de diminuir o volume de lixo. Uma solução indispensável pra se conseguir uma diminuição no volume de resíduos é a coleta seletiva.

A coleta seletiva de resíduos sólidos consiste em coletar separadamente os materiais que podem ser reaproveitados e enviados para reciclagem (metal, plástico, vidros e papéis) ou compostagem (matéria orgânica). A organização dos resíduos é pré-requisito para a coleta seletiva. Desta forma, o processo só se viabiliza como expressão da cidadania, colaborando para a melhoria da qualidade de vida de toda a população.

A coleta de materiais recicláveis nas cidades é feita em condições muito precárias, até rudimentares. São utilizados veículos de tração humana cuja construção não tem embasamento técnico que favoreça uma melhor operação sem levar em consideração a ergonomia do conjunto e de elevado peso próprio, com movimentação dificultada em virtude de operar nas vias urbanas disputando espaço com veículos de passageiros e de cargas. Os veículos hoje utilizados são em sua grande maioria de propriedade dos depósitos, o que reduz a remuneração dos coletores, beneficiando diretamente os intermediários.

Nesse trabalho objetivamos a criação de um veículo coletor de materiais recicláveis para uso preferencial por comunidades de coletores de materiais recicláveis de resíduos urbanos, melhorando as condições de trabalho dessas pessoas e dignificando o ofício de catador, promovendo sua inclusão social.

## **2. Estudo de Viabilidade**

### **2.1. Estudo das Necessidades**

A partir da definição do tema do projeto, começamos a reunir as informações necessárias para a definição do problema.

Para tanto fizemos um estudo do comportamento dos usuários (catadores), observando-os em serviço. A partir dessas observações foi possível identificar as necessidades que o projeto busca atender.

Inicialmente notou-se a necessidade da utilização de um veículo com tração diferente da humana, pois esse tipo de tração mostrou-se pouco eficiente, gerando uma série de problemas de saúde e levando ao usuário uma condição degradante, até mesmo sub-humana, de trabalho.

Percebeu-se ainda que os usuários necessitavam de um veículo com uma boa capacidade de carga, tanto quanto em volume como em massa.

Um sistema de divisórias para os diferentes materiais dentro do compartimento de carga seria de grande utilidade, pois facilitaria a separação dos resíduos na central de reciclagem.

O veículo deveria possuir uma boa dirigibilidade, não necessitando de muita habilidade para a sua condução. Além disso, deveria permitir parada e início de movimento com facilidade, pois essas situações são bastante comuns durante o dia de trabalho dos usuários. Outro ponto a ser destacado é necessidade do veículo ser bastante estável, o que facilitaria sua condução.

O veículo deve possuir um bom torque que possa permitir vencer com facilidade terrenos acidentados, mesmo estando carregado, além de ser relativamente veloz, o que aumenta a eficácia da coleta.

Sendo um veículo de trabalho, o produto deve ser econômico e ter uma boa autonomia, com baixo custo de manutenção.

Por tratar-se de um veículo de carga, o mesmo deve ser bastante resistente aos diversos tipos de impactos.

Notou-se que muitas vezes durante a execução de seu trabalho, os catadores acabam por terem que cortar, serrar, amassar alguns materiais para melhor acondicioná-los no

compartimento de carga, por isso seria de grande valia a existência de dispositivos secundários que permitissem a realização dessas tarefas de forma mais eficaz e segura.

Além disso, o veículo deve possuir condições ergonômicas adequadas e proporcionar carregamento e descarregamento com facilidade.

## **2.2. Especificação Técnica das Necessidades**

No item anterior foi listada uma série de necessidades que o projeto deve cumprir. Neste capítulo vamos definir essa necessidade de forma técnica. No final teremos um conjunto de requisitos funcionais, operacionais e construtivos a ser atendido pelo produto.

A capacidade de carga é uma característica fundamental desse produto. Por a maioria dos resíduos a ser transportado terem baixa densidade (plásticos, vidros, papel, latas de alumínio) é necessário que o veículo possa ter um compartimento de carga bastante volumoso. Um compartimento de carga com aproximadamente 2,00 metros de comprimento, 1,60 metros de largura e 1,5 metros de altura seria de bom tamanho, sendo que esses valores estão próximos aos que são utilizados nos veículos com tração humana utilizados nos dias de hoje.

O produto deve ser projetado para carregar no mínimo 200 quilogramas, sendo este somente o peso da carga, não contando a estrutura..

A velocidade máxima deste veículo não deve ultrapassar 10 quilômetros por hora pois velocidades acima dessa poderem ser muito perigosas.

Pode-se atingir a estabilidade requerida pelo projeto mantendo baixo o centro de gravidade do veículo, alem de utilizar mais de 2 rodas no mesmo.

Para a construção do veículo deve-se buscar materiais resistentes e leves, que tornam o produto mais eficaz.

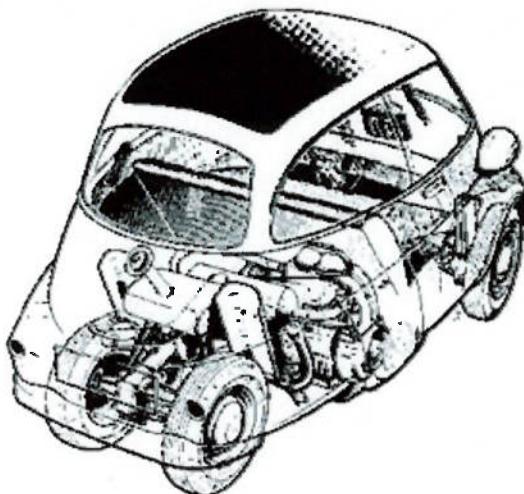
Uma autonomia mínima seria a suficiente para um dia de trabalho. Estimando que das 8 horas de trabalhos, o veículo esteja em funcionamento durante 4 horas.

Equipamentos como uma guilhotina para cortar papelão, um amassador de latas e um cortador de papel podem ser de grande valia se anexados ao veículo.

### **2.3. Criação de alternativas**

Uma vez identificadas as necessidades do projeto, começamos a busca por possibilidades de solução. Essa busca foi feita procurando veículos utilizados para transporte de carga disponíveis no mercado, que trabalhem em condições operacionais parecidas com as que são encontradas pelos catadores em seu cotidiano. Algumas possibilidades encontradas foram:

- Romiseta adaptada para transporte de carga: Suporta até 400 quilogramas de carga.



**Figura 2-1- Romiseta**



**Figura 2-2 romiseta adaptada para o transporte de carga**

- Moto com carreta



**Figura 2-3 Moto com carreta**



**Figura 2-4 Carreta**

- Triciclo “formigão”: Capacidade de 300 quilogramas mais piloto, 30 quilômetros por litro:



**Figura 2-5- Triciclo “formigão” adaptado para o transporte de botijões de gás**



**Figura 2-6 Triciclo “formigão”**

- Carrinho de mão com tração elétrica auxiliar.
- Além dessas, foram consideradas outras alternativas, baseadas em bicicletas, carroças e “golf carts”.

## **2.4. Análise Técnica e Legal**

A norma que rege as condições de veículos é a ABNT 5:17.01-007. O adequamento a essa norma não será foco do projeto já que estaremos utilizando veículos já existentes no mercado como base de adaptação para nosso veículo de coleta.

Além disso, o veículo deverá atender a normas de segurança do trabalho, não oferecendo riscos de operação aos catadores e leis ambientais.

## **2.5. Análise de Segurança**

No Brasil, existem umas séries de normas técnicas que se seguidas garantem a segurança dos veículos. Além dessas normas pode-se tomar algumas providências que elevam a segurança do produto.

Para todas as alternativas listadas há uma série de procedimentos que garantem a segurança do usuário durante a utilização do produto. Um treinamento qualificado, que conscientize o usuário, diminui bastante o risco de acidentes. Os usos de roupas de proteção e luvas aumentam a segurança durante a utilização do produto. Pinturas que refletem as luzes de automóveis previnem acidentes durante a noite. Além de que a instalação de travas de segurança nos diversos sistemas do produto eleva o nível de segurança em todas as alternativas citadas acima.

A estabilidade do veículo é fundamental para a sua segurança. Veículos com 2 rodas para serem seguros requerem grande habilidade do condutor. Como o perfil do usuário do nosso produto não é esse, veículos com duas rodas são considerados inviáveis na análise de segurança.

## **2.6. Análise Econômica**

### **2.6.1 Reciclagem no Brasil**

Apesar do Brasil não ter uma política governamental que incentive a reciclagem, a cada ano os índices de materiais reciclados aumenta. Esse aumento se deve à, principalmente, empresas que começaram a incentivar e investir nessa prática. Os números da reciclagem mostram que essa prática é lucrativa e muitas vezes levam a diminuição dos custos de produção. Abaixo será apresentado alguns dados sobre a reciclagem no Brasil, no

intuito de mostrar que a coleta seletiva feita pelos catadores pode ser viável economicamente. Serão apresentados dados relativos a coleta de papel, vidro, metais e plásticos.

### **A reciclagem de papel, papelão e embalagens longa-vida no Brasil.**

Um total de 3.017.400 toneladas de papéis recuperados (sendo 61,7% de caixas de papelão ondulado), 128 fabricantes recicladores (a maioria concentra-se nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais e Bahia), 28.347 empregos diretos gerados e faturamento de R\$ 3.269.038.000. Esse é o resultado obtido, em 2002, pelo setor de reciclagem de papel no Brasil, segundo dados da Associação Brasileira de Celulose e Papel – Bracelpa.

Os números mostram que o país apresenta níveis de recuperação de papéis usados não muito distantes da média mundial. De acordo com a revista “PPI – Pulp & Paper International”, de julho de 2002, o Brasil está entre os dez países com maior taxa de reciclagem de papel, aparecendo na 9a. posição, com 41,4% (base de 2001). Abaixo, a recuperação por tipo de geração, em 2002, e a performance dessa atividade da década de 80 até o ano passado:

**Tabela 2-1 Taxa de recuperação de papéis recicláveis por tipo de geração no nano de 2002**

Tipo	Consumo aparente de papel (mil t)	Papéis recicláveis recuperados (mil t)	Taxa de recuperação (%)
<b>Imprensa</b>	<b>495</b>	<b>220,2</b>	<b>44,5</b>
<b>Imprimir e escrever</b>	<b>1.732</b>	<b>428,3</b>	<b>24,7</b>
<b>Embalagem:</b>			
• <i>Kraft</i>	444	234,8	52,9
• <i>papel para ondulado</i>	2.515	1.944,80	77,3
• <i>embalagem geral</i>	263	20,6	7,8
<b>Papel cartão</b>	<b>484</b>	<b>146,8</b>	<b>30,3</b>
<b>Sanitários</b>	<b>627</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Outros:</b>			
• <i>cartolinhas, papelão e polpa moldada</i>	220	21,9	10
• <i>papéis especiais</i>	99	-	-
<b>Total</b>	<b>6.879</b>	<b>3.017,40</b>	<b>43,9</b>

**Tabela 2-2- Evolução da taxa de recuperação de papéis**

Ano	Consumo aparente de papel de todos os tipos (mil t)	Recuperação de papéis recicláveis (mil t)	Taxa de recuperação (%)
1980	3.428	1.052	30,7
1990	4.053	1.479	36,5
2000	6.814	2.612	38,3
2002	6.879	3.017	43,9

## A RECICLAGEM DE ALUMÍNIO NO BRASIL

Um total de 121 mil toneladas de latas de alumínio recicladas, 35 recicladores (entre eles, produtores de alumínio secundário), a maioria concentrada em São Paulo e Minas Gerais, 152 mil empregos diretos e indiretos gerados e faturamento de R\$ 850 milhões. Esse é o resultado obtido em 2002 pelo setor de reciclagem de latas de alumínio no Brasil, segundo dados da Associação Brasileira de Alumínio (Abal). Os números mostram que o país reciclou, em 2003, 89% de todas as latas de alumínio consumidas, o que representa mais de 8,2 bilhões de unidades. De acordo com a Abal, desde 2001, o Brasil é tricampeão na reciclagem de latas entre os países onde a atividade não é obrigatória por lei. Em 2000, o índice brasileiro alcançou 85% contra 83% do Japão que mantinha a liderança.

**Tabela 2-3 Reciclagem de latas de alumínio no Brasil**

Discriminação	1992	1997	2002	2003
<b>Latas produzidas (bilhões)</b>	0,8	7,34	9,9	8,2
<b>Latas recicladas (mil toneladas)</b>	5,1	61,7	121,1	112
<b>Recursos gerados (milhões de reais)</b>	33	510	850	—*
<b>Empregos gerados</b>	—*	—*	150.000	160.000

## A RECICLAGEM DE AÇO NO BRASIL

Em 2002, cinco milhões de toneladas de sucatas de aço foram usadas no Brasil, sendo que 3,3 milhões de toneladas se destinaram à produção de novo aço. A fabricação de folhas metálicas para embalagens de aço consumiu 1 milhão de toneladas. Esses números indicam que o Brasil já dispõe de capacidade instalada para absorver 100% da sucata de embalagens de aço. As latas de folha de flandres correspondem a 21% do mercado nacional de embalagens, 6% ficam com as latas para bebidas carbonatadas (como refrigerantes e cervejas) e o restante está nas mãos das aciarias que derretem a sucata para novos produtos ou novas chapas de aço.

A Metalic, empresa da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), é a única produtora de latas de aço de duas peças (invólucro produzido sem soldas ou junções, acrescido da tampa) para bebidas na América Latina. Sua produção corresponde a aproximadamente 6% do mercado brasileiro de latas para bebidas – o restante é preenchido pelas latas de alumínio.

A CSN também possui a Reciclaço, uma empresa voltada para a recuperação de latas de aço para bebidas que atua nas regiões Norte e Nordeste, subsidiando a coleta seletiva dessas embalagens. Em 2000 e 2001, os índices foram de 27% e 49%, respectivamente. Em 2002, foram recuperadas 488 milhões de latinhas, atingindo-se o recorde histórico de reciclagem de 75% que foi novamente superado em 2003, quando se alcançou 78%.

Com relação à produção direta da CSN – 5,2 milhões de toneladas de aço líquido em 2002 – a principal matéria-prima é o ferro gusa, apenas 15,61% foi proveniente da sucata de aço. Esse material é um dos principais insumos da Gerdau – a maior produtora de aços longos do continente americano com 5,9 milhões de toneladas fabricadas no ano passado. Quase um terço desse volume, o equivalente a 2 milhões de toneladas, foi proveniente de reciclagem. A seguir, a performance dessa atividade para fabricantes de aço e latas de aço para bebidas e ainda de recicladores de latinhas.

**Tabela 2-4 Reciclagem de latas de aço no Brasil**

Discriminação	2001	2002	2003 (até julho)
<b>Latas recicladas (milhões)</b>	178	488	346
<b>Volume (em toneladas)</b>	2.796	8.829	cerca de 5.000
<b>Evolução do índice de reciclagem para bebidas</b>	49%	75%	75%
<b>Recursos investidos</b>	R\$ 255,7 mil	R\$ 1,5 milhão	R\$ 1,7 milhão
<b>Empregos gerados</b>	75 diretos	3.129 diretos	4.792 diretos
	11.500 indiretos	40.165 indiretos	45.695 indiretos

## **A RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NO BRASIL**

A reciclagem de plásticos pós-consumo no Brasil é de 17,5%. A estimativa é do programa Plastivida, da Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim), que radiografou essa atividade no país (nos estados da Bahia, Ceará, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul e na Grande São Paulo) entre 1999 e 2003. Trata-se de um percentual muito positivo em comparação à taxa européia que gira em torno de 22%. Hoje, o Brasil já superou, por exemplo, Portugal e Grécia, cujos índices estão abaixo de 5%.

Para a Abiquim, o potencial do mercado de reciclagem de plásticos é grande: a capacidade instalada da indústria já alcança cerca de 340 mil toneladas/ano e movimenta, em valor de produção, mais de R\$ 200 milhões anuais. Em 2001, a produção de plásticos atingiu 3,7 milhões de toneladas e, em 2002, chegou a 3,9 milhões de toneladas.

Segundo estudos do Plastivida, no Rio Grande do Sul, o índice de reciclagem pós-consumo é de 27,6%; no Ceará, 21,3%; no Rio de Janeiro, 18,6%; na Grande São Paulo, 15,8%; na Bahia, 9,4%; e em Minas Gerais, 5,6%.

## **A RECICLAGEM DE PET NO BRASIL**

Em 2002, o Brasil consumiu 300 mil toneladas de resina PET na fabricação de embalagens. A demanda mundial é de cerca de 6,7 milhões de toneladas por ano. Cerca de 35% da resina PET produzida no país foi reciclada, totalizando 105 mil toneladas - um crescimento da ordem de 18% em relação a 2001. A indústria têxtil é o setor que mais utiliza o PET reciclado (cerca de 41%).

As recicadoras em operação no Brasil geram, diretamente, cerca de 2 mil empregos e, indiretamente, cerca de 10 mil, entre catadores e sucateiros registrados. Segundo a Abipet (Associação Brasileira da Indústria do PET), o Brasil absorve menos de 5% da produção mundial de PET e está na 33<sup>a</sup> posição mundial em consumo per capita de embalagens de PET.

**Tabela 2-5 Produção x Reciclagem (em mil toneladas)**

Ano	Demanda para embalagens	Reciclagem
1997	185,7	30 = 16,2%
1999	244,8	50 = 20,42%
2001	270	89 = 32,9%
2002	300	105 = 35%

## A RECICLAGEM DE PVC NO BRASIL

O PVC tem taxa de reciclagem de cerca de 10%, sendo que sua participação no lixo urbano é menor do que 0,5%. Trata-se de uma resina com longo ciclo de vida – cerca de 50 anos – aplicada prioritariamente (70% da produção) na construção civil.

**Tabela 2-6 Produção x Reciclagem (em mil toneladas)**

	1997	2002
Produção	631,9	599,5
Consumo	624,2	696,7
Reciclagem	56,7	70,4

## A RECICLAGEM DE VIDRO NO BRASIL

O índice de reciclagem de vidro no Brasil em 2003 foi de 45%, o que equivale a 400 mil toneladas, levando-se em conta os três segmentos de vidro: plano (utilizado, por exemplo, em janelas e tampos de mesas), de embalagem (para produtos como palmito, azeitona e perfume) e especiais (aplicado em garrafas térmicas, lâs de vidro e tubos de televisão, entre outros). O último levantamento da Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (Abividro) mostra que os investimentos na reciclagem do vidro foram de aproximadamente R\$ 700 mil, renderam R\$ 56 milhões e geraram 1.200 empregos diretos e mais de 10 mil indiretos, englobando pessoas que possuem outras atividades profissionais e as que coletam também outras embalagens recicláveis. Quanto à produção global do setor vidreiro, que está concentrado em São Paulo e no Rio de Janeiro, os números de 2003 apontam um faturamento de R\$ 3,328 bilhões, capacidade instalada de

produção de 2.904.000 toneladas e 12.500 empregos.

**Tabela 2-7 Desempenho global do setor de reciclagem de vidro.**

	2001	2002	2003
<b>Faturamento (R\$ milhões)</b>	2.665	3.102	3.328
<b>Capacidade instalada de produção (mil toneladas)</b>	2.922,00	2.908,00	2.904,00
<b>Produção (mil toneladas)</b>	2.065,00	2.080,00	--*
<b>Empregos (mil)</b>	12,6	12,7	12,5
<b>Empregos gerados com a reciclagem (mil)</b>	1,0 diretos 7,0 indiretos	1,2 diretos 10,0 indiretos	1,2 diretos 10,0 indiretos
<b>Índice de reciclagem</b>	42%	44%	45%

**Tabela 2-8 Evolução dos índices de reciclagem de vidro**

1991	15%
1992	18%
1993	25%
1994	33%
1995	35%
1996	37%
1997	39%
1998	40%
1999	40%
2000	41%
2001	42%
2002	44%
2003	45%

## **2.6.2 Viabilidade Econômica.**

Como foi mostrado no item anterior a mercado da reciclagem é muito amplo, move grandes somas em dinheiro e pode ser melhor explorado. A ausência de veículos projetados visando a coleta seletiva de resíduos cria a oportunidade para a exploração de um mercado de consumidores formado basicamente por cooperativas de catadores, prefeituras e organizações não-governamentais.

Olhando através da ótica das instituições governamentais, o aumento da reciclagem, proporcionado pelo uso do veículo sugerido, é muito interessante economicamente já que leva a diminuição dos gastos com a coleta normal. Cerca de trinta por cento dos resíduos residenciais e comerciais são passíveis de reciclagem, portanto ao se efetuar a coleta seletiva desses materiais, haverá uma redução de cerca de trinta por cento nos gastos com a coleta.

Sendo assim, todas as soluções sugeridas levam ao aumento da quantidade de material reciclado, portanto são viáveis economicamente.

## **2.7. Análise Financeira**

Neste tópico vamos abordar as possíveis fontes de captação de fundos e órgãos diretamente ligados à captação para estudar a viabilidade financeira do nosso projeto a posteriori.

A falta de crédito é um dos principais obstáculos para a criação e o desenvolvimento dos pequenos negócios no Brasil. Há muito tempo as microempresas e empresas de pequeno porte reclamam das dificuldades de acesso ao crédito.

Apesar de responderem por aproximadamente 30% do Produto Interno Bruto (PIB) e 60% dos empregos gerados no País, as microempresas e empresas de pequeno porte recebem apenas 10% dos créditos concedidos pelos bancos oficiais e privados.

## **Tipos de Crédito**

- Linhas de Crédito para Investimentos: é o capital destinado à aquisição de máquinas e/ou equipamentos e obras civis indispensáveis à implantação, modernização, funcionamento ou ampliação da empresa.
- Capital de Giro: é o recurso destinado para compra de mercadorias, reposição de estoques, despesas administrativas, etc.

Em primeiro momento nos preocuparemos apenas com a linha de crédito para investimento.

### **BNDES:**

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) é uma empresa pública federal vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que tem como objetivo financiar a longo prazo os empreendimentos que contribuem para o desenvolvimento do país.

### **Programa Brasil Empreendedor:**

O Governo Federal criou o Programa Brasil Empreendedor com o objetivo de estimular o desenvolvimento das microempresas, pequenas e médias empresas e de empreendedores dos setores formal e informal.

O incentivo efetiva-se por meio da capacitação gerencial e tecnológica, concessão de crédito e de assessoria técnica e visa promover a geração e a manutenção de postos de trabalho, elevar o nível de capacitação empresarial dos empreendedores em todo o país, e , assim, contribuir para a geração de renda.

O apoio financeiro é concedido pelas instituições financeiras oficiais federais, Banco do Brasil, Banco do Nordeste, Banco da Amazônia e Caixa Econômica Federal.

Para solicitar o financiamento, basta dirigir-se ao Balcão do SEBRAE ou a uma das agências destas instituições financeiras oficiais federais.

### **FINAME:**

Financiamentos, sem limite de valor, para aquisição isolada de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional, credenciados pelo BNDES e para capital de giro associado, através de instituições financeiras credenciadas.

Veremos mais a frente algumas das possibilidades de créditos destas instituições.

## **SEBRAE**

O Sebrae, cumprindo sua missão de fomentar o desenvolvimento desse importante segmento da economia nacional, firmou convênios com agentes financeiros oficiais, visando a divulgação de informações e prestação de consultoria sobre linhas de crédito, e, viabilizando a concessão de avais.

As informações divulgadas consistem na publicidade dos critérios utilizados pelos bancos para acesso às linhas de créditos especiais, prazos de pagamentos, taxas de juros, itens financiáveis, garantias exigidas, etc...

A consultoria do Sebrae ocorre da seguinte forma: a pedido dos bancos, o Sebrae elabora os projetos de viabilidade econômico-financeira, necessários para avaliar a capacidade de pagamento das empresas que buscam estas linhas de crédito. Assim, o empresário terá uma boa visão, antes de fechar o contrato com o banco, sobre como sua empresa poderá se comportar caso o financiamento seja realizado.

Além disso, o Sebrae recomenda que, além de simplesmente buscar o crédito, o empresário procure encontrar os motivos que estão levando sua empresa a tomar recursos no mercado financeiro. Este tipo de orientação pode ser obtida junto à área de consultoria, no Balcão Sebrae.

É função dos bancos decidir a aprovação ou não da solicitação de empréstimo, bem como liberar os recursos financeiros para as microempresas e empresas de pequeno porte.

## **FAMPE - Fundo de Aval às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte:**

Um dos fatores mais impeditivos do acesso ao crédito tem sido a dificuldade do atendimento, pelas microempresas e empresas de pequeno porte, das garantias que são exigidas pelos bancos na concessão dos empréstimos.

Acreditando nos seus clientes o Sebrae resolveu mudar o curso da história: criou o Fundo de Aval às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte – Fampe, para viabilizar a concessão de avais e facilitando o acesso ao crédito.

Assim, com recursos financeiros e institucionais próprios, o Fampe permite às microempresas e às empresas de pequeno porte, através do Aval do Sebrae, complementarem garantias aos empréstimos, que visem o desenvolvimento de novos empreendimentos e/ou que visem o desenvolvimento e o aperfeiçoamento dos empreendimentos já existentes.

## **BANCO DO BRASIL**

### **BNDES:**

O Banco do Brasil financia, utilizando recursos do BNDES, investimentos dos setores industrial, de infra-estrutura e de comércio e serviços, realizados por empresas de qualquer porte.

A Linha de Crédito tem a finalidade de financiar projetos ligados à implantação, expansão, relocalização ou modernização de atividades produtivas ou de infra-estrutura, capacitação tecnológica, treinamento e qualificação de pessoal.

Os prazos para pagamento e carência são definidos de acordo com a capacidade de pagamento do investimento e cliente, já os encargos financeiros são estabelecidos de acordo com o porte da empresa, local e tipo de empreendimento.

Vantagens: Longo prazo para pagamento; Encargos atrativos; Carência para pagamento; Não incidência de IOF; Financiamento de até 90% do valor de investimento; Admite financiamento de equipamentos cadastrados na Finame e capital de giro associados a investimento fixo.

### **FINAME:**

O Finame do Banco do Brasil oferece financiamento de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional, incluindo veículos de carga, cadastrados na Finame. As operações tem prazo de até 5 anos para pagamento e os encargos financeiros são estabelecidos de acordo com o porte da empresa, local e tipo de empreendimento. A linha é uma ótima alternativa para financiamentos de longo prazo e conta com taxas de juros bastante atrativas.

Vantagens: Longo prazo para pagamento; Encargos atrativos; Carência para pagamento; Não há incidência de IOF; Financiamento de até 90% do valor do investimento.

Existem ainda outras possibilidades de financiamento dentro do Banco do Brasil, dentre elas: Finame Leasing, MIPEM, PROGER Urbano, FCO Empresarial.

## **Caixa Econômica Federal**

### **BNDES:**

O BNDES criou uma linha de crédito para financiar projetos de implantação, expansão e modernização de micro, pequena, média e grande empresas.

O valor máximo de financiamento é de até R\$ 1 milhão de reais, com prazo de pagamento em até 60 meses e juros de até 8,5% ao ano.

São financiáveis bens e serviços inerentes à atividade de sua empresa e capital de giro associado, destinado a suprir as necessidades de execução das atividades previstas em um projeto elaborado para a solicitação do financiamento.

O percentual de capital de giro em relação ao projeto é variável, de acordo com o porte da empresa, e é definido de acordo com o investimento fixo financiável.

#### **FINAME:**

Linha de crédito criada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) que pode ser contratada na Caixa Econômica Federal para financiamento de equipamentos e máquinas nacionais.

Os financiamentos são de até R\$ 1 milhão, com prazos de até 60 meses para quitação e juros de até 8,5% ao ano. Poderão ser financiados apenas máquinas e equipamentos nacionais novos, cadastrados no FINAME, adquiridos diretamente do fabricante ou de seu representante autorizado.

Ainda existe a modalidade de financiamento de Bens de Consumos Duráveis (BCD) que não será abordada por não se adequar ao nosso projeto.

#### **Banco da Amazônia**

#### **PROMIPEQ – Programa de Apoio às Microempresas e Empresas de Pequeno Porte.**

Tem como objetivos promover a implantação, ampliação, modernização e relocalização de micro empresas e empresas de pequeno porte, que desenvolvam atividades dos setores agro-industrial, industrial, infra-estrutural e de turismo da Região, fortalecendo esses segmentos, através de um programa específico de crédito e em condições diferenciadas, que proporcione a expansão e a diversificação das atividades econômicas e o incremento do mercado interno regional.

#### **PRODESIN – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Industrial:**

Tem como objetivos promover a implantação, ampliação, modernização e relocalização de empreendimentos industriais na Região Norte; bem como apoiar ações empresariais de capacitação dos recursos humanos voltados para a adoção de novas técnicas de produção e de gestão empresarial.

#### **Banco do Nordeste**

#### **INDUSTRIAL - Programa de Apoio ao Setor Industrial do Nordeste:**

Destinado a empresas industriais privadas brasileiras de qualquer porte, inclusive cooperativas/associações.

Tem como objetivo implantação, expansão, modernização e relocalização de empresas industriais.

Financia novos investimentos em ativo imobilizado e capital de giro associado ao investimento fixo. Matéria-prima e insumos, isoladamente.

Os prazos são determinados em função da capacidade de pagamento dos mutuários e do cronograma físico e financeiro do projeto, podendo ser de, no máximo, 08 anos com até 03 anos de carência.

**Programa Nordeste Competitivo – Financiamento à Indústria, ao Comércio, à Prestação de Serviços, ao Turismo e à Infra-estrutura:**

Destinado a empresas industriais privadas brasileiras, de controle nacional.

Tem como objetivo implantação, expansão, modernização e relocalização de empresas industriais.

Financia novos investimentos em ativo imobilizado e capital de giro associado às inversões realizadas.

Os prazos são determinados em função da capacidade de pagamento dos mutuários e do cronograma físico e financeiro do projeto, podendo ser de, no máximo, 08 anos com até 03 anos de carência.

**PMPE – Programa de Apoio às Micro e Pequenas Empresas:**

Destinado a micro e pequenas empresas industriais privadas brasileiras.

Tem como objetivo implantação, expansão, modernização e relocalização de empresas industriais mediante o financiamento de investimentos fixos e capital de giro associado às inversões realizadas.

Financia novos investimentos em ativo, inclusive máquinas e equipamentos nacionais novos e usados, e capital de giro equivalente a até 100% do investimento fixo financiável.

Os prazos são determinados em função da capacidade de pagamento dos mutuários e do cronograma físico e financeiro do projeto, podendo ser de no máximo 08 anos com até 03 anos de carência.

**PROTRABALHO - Programa de Promoção do Emprego e Melhoria da Qualidade de Vida do Trabalhador:**

Destinado a empresa e produtores rurais de qualquer porte, inclusive suas associações e cooperativas.

Tem como objetivo: à geração de empregos e à melhoria de vida do trabalhador nordestino.

Financia Investimentos rurais, industriais, agroindustriais, comerciais e de prestação de serviços, turísticos, bem como capital de giro associado e comercialização rural.

Os prazos são determinados conforme a capacidade de pagamento do projeto, até 08 anos, inclusive com até 02 anos de carência, para os setores industrial, agroindustrial, comercial, de turismo e de prestação de serviços.

### **Ventures**

Ventures são fundos de capital de risco que têm como objetivo investir em empresas dinâmicas de diversos setores da economia. Sua missão é formular e executar estratégias de investimento em novos negócios, sejam eles conceitos desenvolvidos internamente ou iniciativas de empreendedores externos. Logo, empreendedores que precisam de capital de risco para financiar seu crescimento podem procurar estas empresas. O plano de negócios deve ser enviado para a Venture para que o potencial do projeto possa ser analisado por ela. Se for de seu interesse, a Venture entra em contato com o interessado em adquirir o capital para que novos passos possam ser dados, até que seja fechado o contrato e a idéia seja implementada.

Muitas dessas Ventures tem grandes empresas por trás, as quais podem investir este capital de risco providos através de lucros da empresa. Um exemplo disto é a Votorantim Ventures. Nesta empresa, tipicamente o montante de capital investido em cada projeto situa-se entre US\$ 1 e US\$ 15 milhões, sendo que a expectativa de duração de cada investimento é de 3 a 7 anos.

Existem diversas outras empresas que empregam este mesmo recurso, como a Promom, Nokia, Palm, etc...

### **Instituições Financeiras Privadas**

Muitas instituições financeiras privadas fornecem crédito à pessoa jurídica. Porém devido às taxas exorbitantes de nossa economia brasileira e à falta de um cerco fiscal por parte do governo, hoje estas instituições cobram taxas proibitivas sem qualquer tipo de restrição as quais tornam qualquer tipo de financiamento a longo prazo impraticável.

Existe a possibilidade de contratar um financiamento junto a uma das instituições privadas credenciadas ao programa FINAME do BNDES, descrito anteriormente.

## **Outros**

Devido ao alto custo de implantação de uma nova indústria, raras exceções podem fazer uso do capital próprio para pagar seus investimentos.

Outra possibilidade é de “vender” a sua idéia para um terceiro, que pode ser uma empresa qualquer (que é o que ocorre com as Ventures) ou ainda empresas parceiras de Universidades públicas, um amigo que possua fundos e acredite em sua idéia, uma consultoria interessada em “incubar” sua idéia, etc.

### **2.8. Seleção das Alternativas Viáveis**

Após as análise realizadas nos capítulos acima nota-se que dentre as alternativas criadas somente a alternativa Moto com Carreta mostrou-se inviável devido a falta de segurança proporcionada pela mesma. Também foram descartadas as alternativas baseadas em bicicletas, carroças e “golf carts”.

Sendo assim esta alternativa é descartada restando, apenas, como alternativas viáveis a Romiseta adaptada para transporte de carga, o Triciclo “formigão” e o carrinho de mão com tração elétrica auxiliar.

### **3. Projeto Básico**

#### **3.1. Descrição das Alternativas Selecionadas**

Neste tópico serão descritas sucintamente as alternativas que foram consideradas viáveis no item 2.8.

- Alternativa A: Romiseta adaptada para carga. Essa alternativa consiste na construção de um veículo movido por um motor de combustão interna, quatro rodas, uma cabine de comando e um compartimento de carga.
- Alternativa B: Triciclo “formigão”. Essa alternativa consiste na adaptação de uma motocicleta em um triciclo. Essa adaptação consiste na adição de um compartimento de carga na traseira da motocicleta e na substituição da única roda traseira por um eixo com duas rodas.
- Alternativa C: Carrinho de mão com motor auxiliar. Consiste num veículo de dois eixos com quatro rodas que contém um motor elétrico auxiliar, alimentado por baterias, que ao ser acionado transmite tração as rodas traseira, facilitando o transporte da carga pelo catador.

#### **3.2. Matriz de Decisão**

Para a seleção da melhor alternativa foi utilizada uma matriz de decisão com critérios que recebem pesos entre 1 e 5, conforme sua importância. Lembramos que o projeto visa a elaboração de um veículo que substitua as carroças hoje utilizadas para a coleta de resíduos recicláveis e que possa ser operada pelos mesmos trabalhadores que fazem essa coleta. Os critérios e seus respectivos pesos são:

- Custo estimado de fabricação: Em todo projeto o custo do produto é sempre um item fundamental a ser analisado. Em nosso caso ele se torna mais importante ainda devido ao fato de que nessa área, os recursos financeiros disponíveis são escassos.

Peso: 5.

- Custos estimados de manutenibilidade e operação: Os custos de manutenção e operação também tem grande importância visto que os principais clientes do produto final são cooperativas de catadores de lixo e prefeituras.

Peso: 4.

- Segurança: Segurança de operação é um fator fundamental. Para analisar este item devemos ter em mente que nosso usuário final normalmente serão pessoas de formação acadêmica e conhecimentos limitados, para que possamos determinar os riscos a que ele estará sujeito ao operar a máquina e os riscos que ele oferecerá as outras pessoas.

Peso: 4.

- Facilidade de Fabricação: Nesse critério consideramos a possibilidade de utilização de componentes padrão na produção do veículo, de maneira que a terceirização da fabricação de suas partes seja possível.

Peso: 3.

- Facilidade de Operação: Assim como no critério segurança, devemos ter em mente nosso usuário. A facilidade de operação engloba itens como dirigibilidade, acesso as ferramentas, acesso aos compartimentos de carga, facilidade para entrar, sair do veículo e para colocá-lo em movimento, já que normalmente o trabalho dos catadores é dinâmico, exigindo agilidade na execução das tarefas. Devemos considerar a necessidade e os custos de cursos e estudo para a operação de cada uma das possibilidades.

Peso: 4.

- Facilidade de Manutenção: A facilidade de manutenção também será importante no julgamento da melhor alternativa tendo em vista o cotidiano dos catadores e a necessidade de veículos que possam ser facilmente consertados.

Peso: 2

Assim, considerando tais critérios, preparamos a planilha para a tomada de decisão, representada abaixo:

**Tabela 3-1 Matriz de Decisão**

Critério	Peso	Alternativa					
		A		B		C	
		Nota	NxP	Nota	NxP	Nota	NxP
Custo Estimado de Fabricação	5	4	20	5	25	9	45
Custos estimados de manutenibilidade e operação	4	5	20	5	20	10	40
Segurança	4	6	24	6	24	7	28
Facilidade de Fabricação	3	7	21	8	24	6	18
Facilidade de Operação	4	6	24	5	20	8	32
Facilidade de Manutenção	2	5	10	5	10	8	16
Total			119		123		179

Justificando algumas notas:

Custo estimado:

Alternativa A: A romiseta por tratar-se de um veículo antigo e não ser mais produzido possui um alto custo para ser adquirido, pois trata-se praticamente de uma peça de colecionador. Além disso, a escolha dessa alternativa também implicaria em um custo adicional para a sua adaptação aos requisitos do projeto.

Alternativa B: Um triciclo de carga do tipo formigão tem um custo médio no mercado em torno de R\$ 10.000,00. Um custo muito alto para o projeto em questão, situação que ainda é agravada pelos custos de adaptação do triciclo ao projeto.

Alternativa C: O custo de fabricação do carrinho de mão é sem dúvida o menor entre as três opções pois é constituído de elementos básicos e acessíveis já disponíveis no mercado.

Custo estimado de manutenibilidade e operação/facilidade de Manutenção:

Alternativa A: Mais uma vez o que pesa contra essa opção é o fato de ser um veículo antigo. Assim, a escassez de peças e de oficinas especializadas no mercado, torna essa opção muito caro em termos de manutenção.

Alternativa B: Os triciclos possuem manutenção mais barata em relação à romiseta, assim como um maior número de oficinas para sua manutenção. Quanto ao custo de

operação, seu inconveniente é o fato de possuir motor a combustão, o que com certeza implica em um custo adicional considerável.

Alternativa C: Por ser composto por elementos básicos, a manutenção da terceira opção torna-se rápida e barata. Além disso, por possuir tração auxiliar por motor elétrico, essa opção possui um menor custo de operação.

#### Segurança:

Alternativas A e B: Ambas as opções são muito parecidas nesse caso. Por tratarem-se de veículos automotores são relativamente seguros, desde que o usuário possua treinamento adequado para sua operação. O inconveniente dessas opções é o risco considerável de acidentes envolvendo não apenas o usuário como outras pessoas.

Alternativa C: Por possuir menor velocidade, essa opção possui menor risco de acidentes.

#### Facilidade de fabricação:

Alternativa A: Por tratar-se de um veículo pronto, a única necessidade de fabricação nesse caso seria o da adaptação para um veículo de carga que atenda as necessidades do usuário.

Alternativa B: O triciclo possui em relação à romiseta a vantagem de ser um veículo de carga, necessitando de uma adaptação menor para atender as necessidades do projeto.

Alternativa C: Sendo uma “idéia nova”, partindo de elementos básicos, o carrinho-de-mão seria a alternativa que inicialmente necessitaria de mais trabalho para sua fabricação.

#### Facilidade de operação:

Alternativas A e B: O grande inconveniente dessas duas alternativas é a necessidade de cursos e habilitação para que os usuários possam operar os veículos.

Alternativa C: Por trata-se apenas de um carrinho de mão com tração auxiliar, a terceira opção mais fácil de se operar.

Assim, a alternativa escolhida será a alternativa C, ou seja, o carrinho de mão com tração elétrica auxiliar, que será descrito no item seguinte.

### **3.3. Descrição do Veículo**

Neste item será descrita a alternativa escolhida, o carrinho de mão com tração elétrica auxiliar.

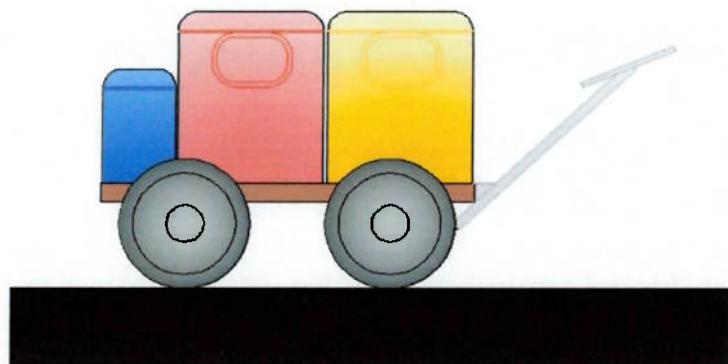
O veículo escolhido tem como estrutura fundamental uma plataforma, onde serão instalados todos os sistemas do conjunto. Nessa plataforma estarão acoplados os dois eixos do carrinho: o dianteiro (eixo móvel) que será responsável pelo direcionamento do carrinho, e o traseiro (eixo fixo) onde será transferida a potência do motor, sendo assim o responsável pela tração do veículo.

Na mesma plataforma serão instalados os compartimentos de carga. Esses compartimentos serão no total de quatro, sendo que em cada um será destinado um tipo de material (papel, metais gerais, plásticos e vidros). Tais compartimentos serão móveis facilitando e tornando mais rápida a descarga dos materiais coletados.

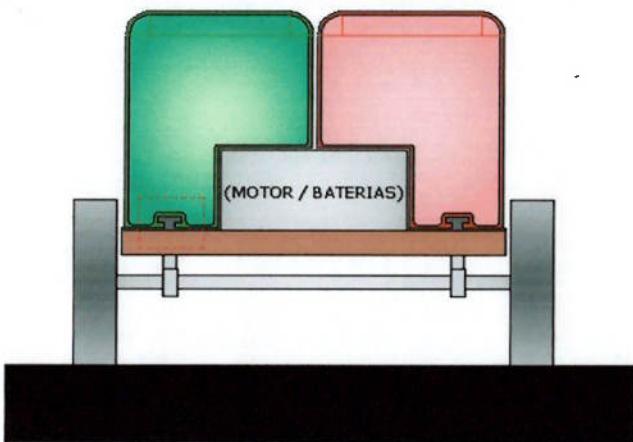
O sistema de tração é composto pelo motor elétrico, as baterias, o controlador de velocidades, o sistema de transmissão e os freios. Todos esse componentes ficarão alojados na plataforma e serão dimensionados para ocuparem quanto menos espaço for possível, permitindo uma maior capacidade de carga.

O veículo terá um funcionamento simples: o usuário do veículo ficará na frente do mesmo, tendo em suas mãos a barra de direção que se liga ao eixo dianteiro. Através desta barra o usuário poderá manobrar o veículo. Nessa mesma barra serão instalados o controlador de velocidades e a alavanca do freio. Portanto o usuário necessitará de menos esforço para puxar ou empurrar o veículo, já que terá auxílio da tração transmitida pelo motor.

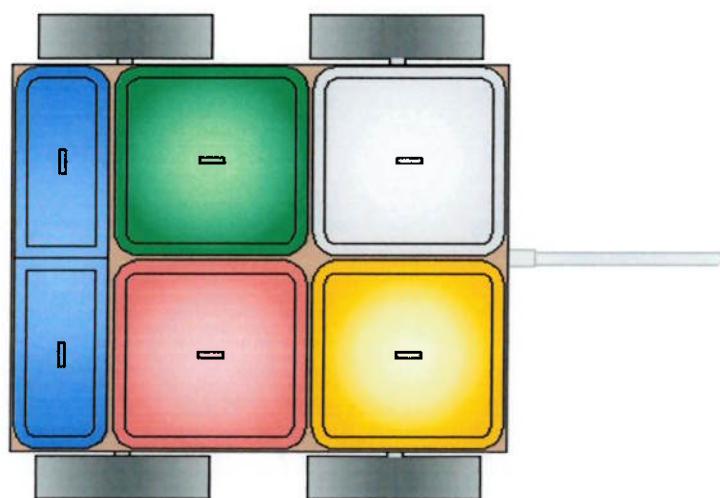
Para facilitar a realização do trabalho, na parte traseira da plataforma serão instaladas ferramentas que ajudarão no trabalho, como: uma guilhotina para cortar o papelão no tamanho do compartimento de carga e um amassador de latas de alumínio.



**Figura 3-1 - Esboço do Veículo (vista lateral)**



**Figura 3-2 Esboço do Veículo (vista traseira).**



**Figura 3-3 Esboço do Veículo (vista superior)**

### **3.4. Análise de Compatibilidade**

Qualquer produto ou máquina é composto por conjuntos, cada conjunto por sua vez é composto por subconjuntos que reúnem ainda vários elementos. Para que haja um funcionamento harmônico é necessário que a interação desses subconjuntos seja compatível.

No caso do veículo em questão temos três subconjuntos bem definidos: O compartimento de carga, ou seja, as “latas-de-lixo” onde serão depositados os resíduos, a estrutura do carrinho em si, que transportará a carga e o sistema de tração. Cada um desses subconjuntos ainda é formado por diversos componentes.

Assim durante o projeto estaremos considerando alguns itens de interação entre esses subconjuntos como:

- Compatibilidade geométrica: As dimensões e suas respectivas tolerâncias de cada um dos componentes deverá ser conveniente e conciliável com os demais subconjuntos.
- Compatibilidade Física: Informações como peso máximo de carga e potência máxima do motor devem ser consideradas durante toda a fase de projeto para um bom funcionamento do veículo.
- Compatibilidade funcional: A interação entre os sistemas deve ser estudada de modo a otimizar a utilização do veículo, maximizando assim o rendimento do catador.
- Compatibilidade Dimensional: As dimensões e formas dos subsistemas e seus componentes devem assegurar a montagem em um arranjo físico otimizado. No caso do projeto em questão devemos ainda otimizar a montagem e desmontagem das partes móveis destacáveis.

No próximo item, descreveremos cada um desses subconjuntos com mais detalhes.

### **3.5. Estrutura do Veículo**

A estrutura do veículo será muito parecida a de carrinhos-de-mão tradicionais e que são bastante difundidos no mercado. Sua base será uma plataforma com as seguintes dimensões: dois metros de comprimento, um metro e sessenta centímetros de largura.

Além disso, assim como nos carrinhos tradicionais, o controle do veículo será feito com as mãos do usuário, através de uma barra de direção ligada ao eixo dianteiro do veículo.

### **3.6. Sistema Auxiliar de Tração**

Durante o reconhecimento do problema junto a catadores e cooperativas, nossos clientes-alvo, percebemos que uma das suas principais necessidades era por algo que amenizasse o esforço necessário para a movimentação do carrinho de coleta, principalmente em subidas íngremes.

Assim, visando solucionar esse problema, o proposto produto será equipado com um sistema de tração auxiliar para tais situações. Esse sistema será composto por um motor elétrico, alimentado por baterias, o suficiente para que tenha autonomia para acompanhar a jornada diária de um catador. Também compõe o sistema a transmissão mecânica através de correntes.

### **3.7. Compartimentos**

O veículo contará com quatro compartimentos para armazenagem dos resíduos recicláveis, um para cada tipo de lixo, com cores e símbolos seguindo o padrão estabelecido pelo CONAM (Conselho Nacional do Meio Ambiente): amarelo para metais, verde para vidros, azul para papel e vermelho para plástico. Os compartimentos terão tamanhos diferentes, pois os volumes coletados dos diferentes materiais não são os mesmos.

Analizando os números da quantidade de material coletado no Brasil, foi decidido que quarenta por cento do volume destinado a carga será reservado para papel e papelão, vinte por cento para vidros, vinte para plásticos e vinte para metal.

A princípio pensou-se em construir compartimentos de carga de plástico, mas como essa solução necessitaria de modelos de lixeiras especiais, próprios, seria necessário de um molde próprio para injeção do plástico o que torna essa solução inviável. Para resolver o problema foi proposto um sistema de barras de aço soldadas junto a plataforma do veículo e presas umas as outras por outras barras, formando caixas. As paredes das caixas serão feitas de lonas, podendo ser substituíveis, sendo presas as barras por velcro ou botões.

Um quinto compartimento, que se localizará na extremidade traseira do veículo conterá as ferramentas de corte e compactação.

### **3.8. Ergonomia**

A ergonomia estuda a adaptação do homem ao trabalho e o comportamento humano no trabalho. Esse estudo enfoca basicamente:

- O ser humano: características físicas, fisiológicas, psicológicas e sócias;
- A máquina: equipamentos, ferramentas e instalações;
- O ambiente: efeitos da temperatura, ruído, vibração e iluminação.

Nessa etapa do projeto estaremos apenas considerando os efeitos da carga do veículo nas condições de trabalho do coletor. Para isso estaremos utilizando a biomecânica ocupacional.

A biomecânica ocupacional estuda as interações do trabalho e o homem sob o ponto de vista dos esforços músculo-esqueléticos envolvidos no trabalho. Ela analisa basicamente a questão da postura no trabalho e a aplicação de forças e nela as leis da mecânica são aplicadas ao corpo humano.

A “Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia”, foi estabelecida pela Portaria nº 3.751, de 23 de novembro de 1990 e estabelece as condições ideais de ergonomia no trabalho. A interpretação dessa norma, seguindo seu Manual de Interpretação, publicado pelo Ministério do Trabalho, nos leva aos valores de esforço máximo a serem executados por um trabalhador. Esses valores são:

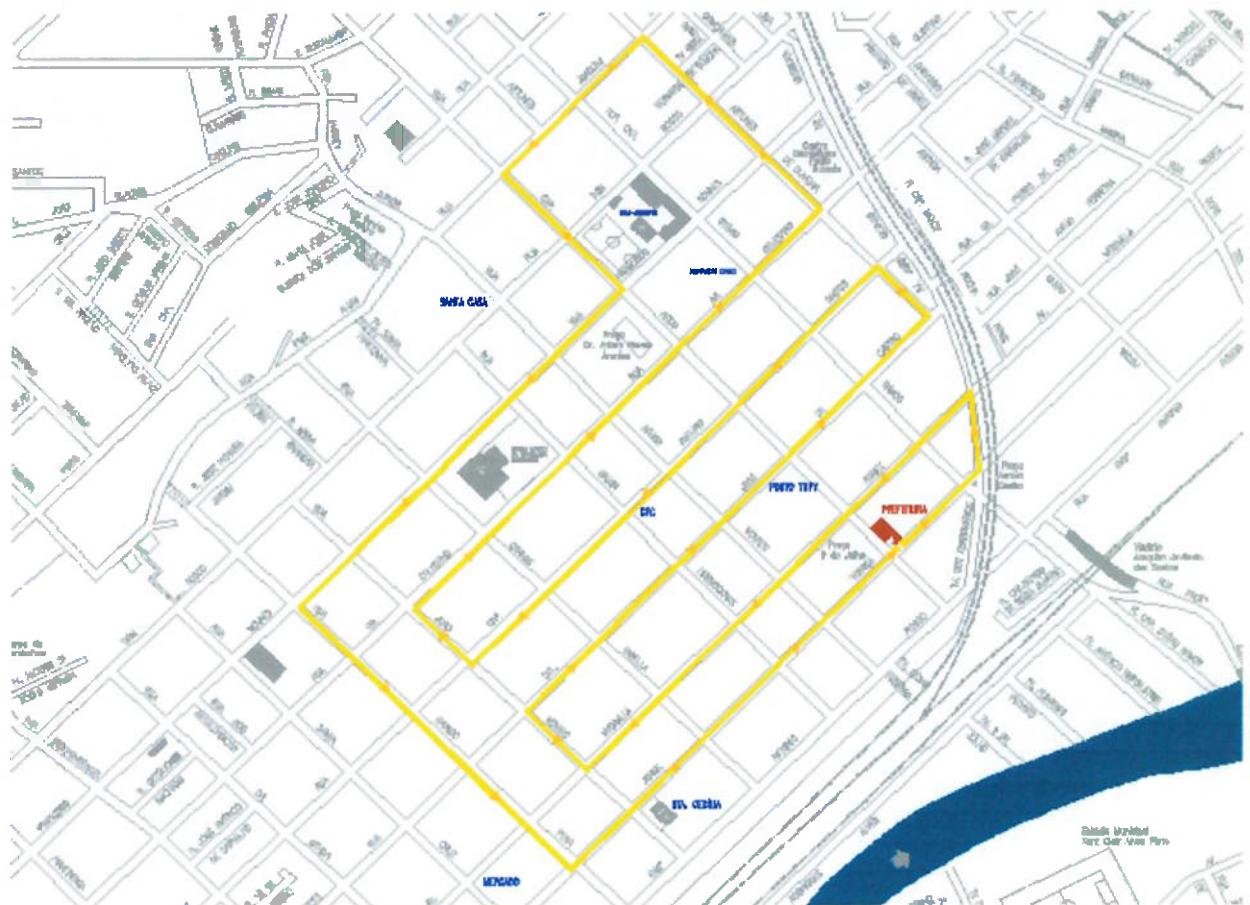
- 15 kg na posição agachada;
- 18 kg na posição dobrada;
- 23 kg nas melhores condições.

No projeto de nosso veículo, estaremos considerando como esforço máximo o equivalente ao necessário para sustentação de 20 quilogramas de carga.

Assim, durante a operação do veículo o esforço máximo a ser executado pelo coletor deverá ser de 200 N, assim respeitando as características ergonômicas do trabalho.

### **3.9. Perfil de Utilização**

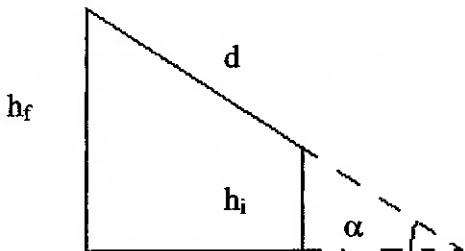
O projeto do veículo para coleta de resíduos recicláveis em questão inicialmente procura atender aos coletores da cidade de Cruzeiro no interior de São Paulo, com os quais foram obtidas boas partes das informações necessárias ao desenvolvimento do projeto. Partindo disso, procuramos obter um perfil do trajeto percorrido por esses coletores durante um dia de trabalho. Abaixo, temos a planta do centro da cidade de Cruzeiro:



**Figura 3-4— Planta do centro da cidade de Cruzeiro**

O trecho em destaque em amarelo representa o trajeto normalmente percorrido por esses trabalhadores. O ponto de partida e retorno, identificado em vermelho é a Prefeitura da cidade, onde ficariam estacionados os veículos. O trajeto possui aproximadamente seis quilômetros.

A partir de uma planta topográfica da cidade, obtida junto à Prefeitura de Cruzeiro, obtivemos as cotas das alturas de cada uma das esquinas que compõem o trajeto. Seguindo o modelo a seguir obtivemos os ângulos de cada uma das ruas:



**Figura 3-5– Esquema de cotas**

Onde:

- $d$  = distância percorrida;
- $h_f$  = altura final;
- $h_i$  = altura inicial;
- $\alpha$  = ângulo de declive/aclive.

Assim, obtivemos os seguintes valores para cada trecho do trajeto:

**Tabela 3-2 Ângulos de declive e aclive do trajeto**

<b>Ângulos</b>			
<b>D (m)</b>	<b><math>h_i</math> (m)</b>	<b><math>h_f</math> (m)</b>	<b><math>\alpha</math></b>
147	513,93	513,85	-0,03
84	513,85	514,2	0,24
664	514,2	514,26	0,01
94	514,26	514,1	-0,10
702	514,1	515,59	0,12
80	515,59	515,88	0,21
705	515,88	514,64	-0,10
93	514,64	515,29	0,40
708	515,29	516,4	0,09
<b>217</b>	<b>516,4</b>	<b>526,9</b>	<b>2,77</b>
246	526,9	521,56	-1,24
<b>216</b>	<b>521,56</b>	<b>516,3</b>	<b>-1,40</b>
572	516,3	516,85	0,06
501	516,85	513,76	-0,35
560	513,76	513,93	0,02

Assim, vemos que o maior ângulo de subida é de  $2,77^\circ$  e o maior ângulo em declive é de  $1,40^\circ$ . Para os cálculos de projeto consideraremos o maior ângulo de subida como sendo  $3^\circ$  e o de descida como sendo  $2^\circ$ .

## 4. Desenvolvimento do Produto

### 4.1. Potência requerida

Para a escolha do motor e a seleção do tipo de transmissão a ser utilizada, é necessário que conheçamos a potência requerida pelo veículo na velocidade determinada. Para tanto, utilizaremos o seguinte modelo para realizar esse cálculo:

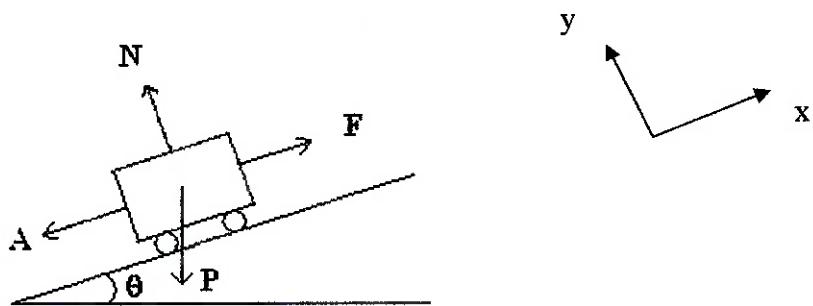


Figura 4-1 Modelo do caso extremo

Sendo:

- $N$  = Normal;
- $F$  = Força de tração;
- $A$  = Força de atrito;
- $P$  = Peso;
- O eixo  $x$  é paralelo a  $F$  e  $y$  é paralelo a  $N$ .

Assim, teremos as projeções de  $P$ :

$$Px = P \times \sin \theta$$

$$Py = P \times \cos \theta$$

Considerando que  $N=Py$  e que o coeficiente de atrito entre o pneu e o asfalto é igual a

0,08, temos:

$$A = N \times 0,08 = Py \times 0,08$$

Esse coeficiente de atrito foi obtido de maneira a adaptar o caso do carrinho de mão ao do modelo de bloco utilizado e simula condição de atritos de rolamentos, de maneira que não superdimensionaremos o motor, analisando uma situação em que as rodas do veículo estivessem travadas.

Assim, calculamos a força de tração F:

$$F = Px + A$$

Numa situação extrema, consideraremos:

- Carga de 350 quilogramas, sendo 250 quilogramas de lixo coletado (dados fornecidos por cooperativas de catadores e usinas de reciclagem/compostagem) e 100 quilogramas de peso máximo para o carrinho;
- Uma rampa máxima de  $\theta = 3^\circ$ , conforme obtido através do estudo topográfico da cidade de Cruzeiro, piloto do projeto.

Variando o ângulo da ladeira entre  $0^\circ$  e  $3^\circ$  (campo obtido através do estudo topográfico) para as situações extremas de veículo vazio (100 quilogramas) e com carga total (250 quilogramas), verificamos o campo de força necessária para tracionar o veículo na grande variedade de situações a que ele será submetido. Os gráficos a seguir explicitam esse campo:

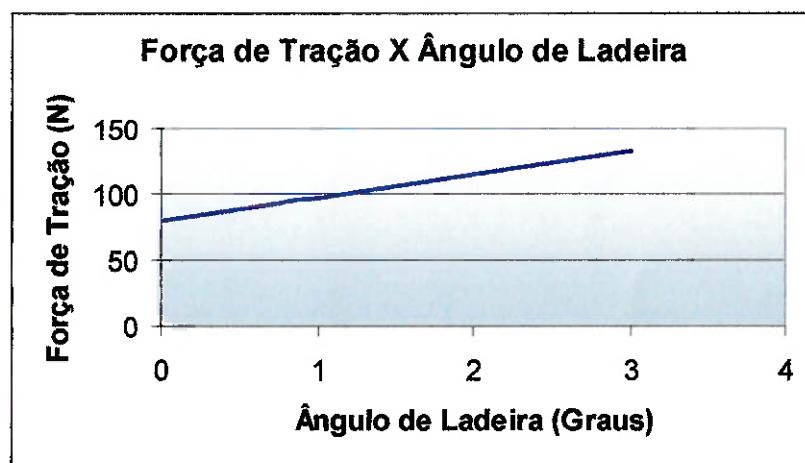


Figura 4-2– Força de tração x Ângulo de ladeira para veículo vazio

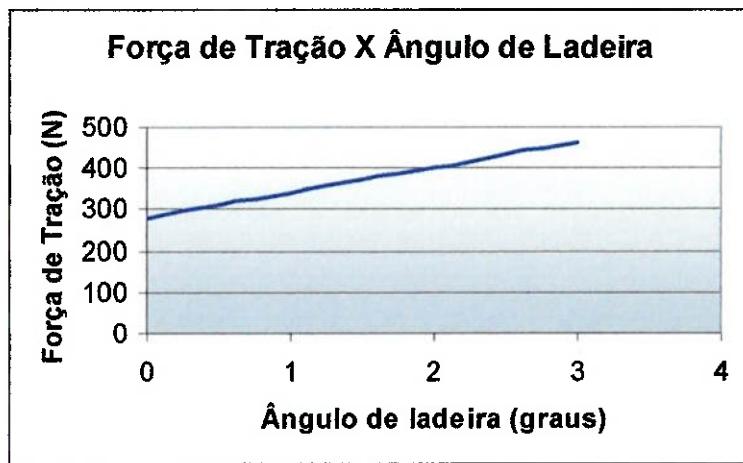


Figura 4-3– Força de tração x Ângulo de ladeira para veículo com carga total

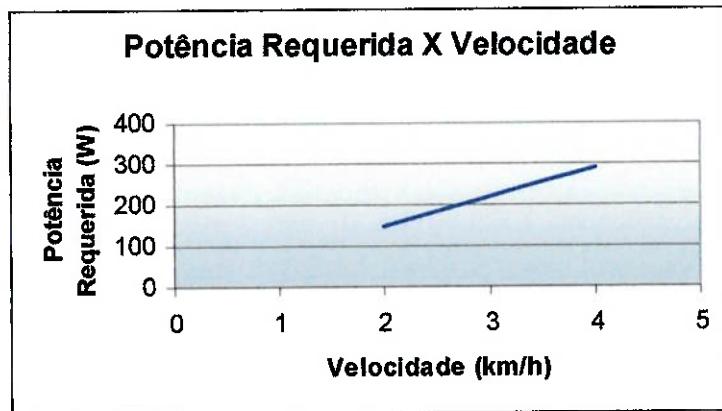
Percebemos que a força máxima necessária para tracionar o veículo em situação extrema (carga total de 350 quilogramas e ângulo de ladeira máximo de 3°) é:

$$F = Px + A = 463N$$

Essa é a força necessária para mover todo o veículo na situação descrita pelo modelo. Mas o sistema de tração proposto no projeto é auxiliar, isto é, será utilizado pelo usuário em momentos onde para mover o veículo seria necessário um grande esforço físico. Portanto, a força total é uma composição da força fornecida pelo motor e da força realizada pelo usuário ao puxar o veículo. Conforme vimos anteriormente, estaremos considerando como situação ergonomicamente confortável, um homem exercendo até 200N de força. Assim, a força máxima a ser exercida pelo motor deve ser:

$$F_{max} = 463 - 200 = 263 \text{ N.}$$

Informações obtidas em estudo junto a catadores mostram que sua velocidade de transito durante a execução do serviço varia de 2km/h a 4km/h. Assim, considerando  $P = F \times v$ , podemos verificar o campo da potência no eixo necessária para tracionar o veículo na situação extrema de veículo com carga total e ladeira de 3°, conforme gráfico a seguir:



**Figura 4-4– Potência x Velocidade de trânsito**

Assim, na velocidade máxima de 4 km/h (1,111 m/s), chegamos a uma potência máxima necessária para a locomoção do veículo:

$$P = F \times v = 263 \times 1,111 = 293W$$

Partindo da velocidade máxima de passeio e do tamanho escolhido para a roda, obtemos a rotação necessária no eixo do veículo:

$$V = \omega \cdot r$$

$$V = 4 \text{ km/h} = 1,11 \text{ m/s}$$

$$r = 10'' = 0,254 \text{ m}$$

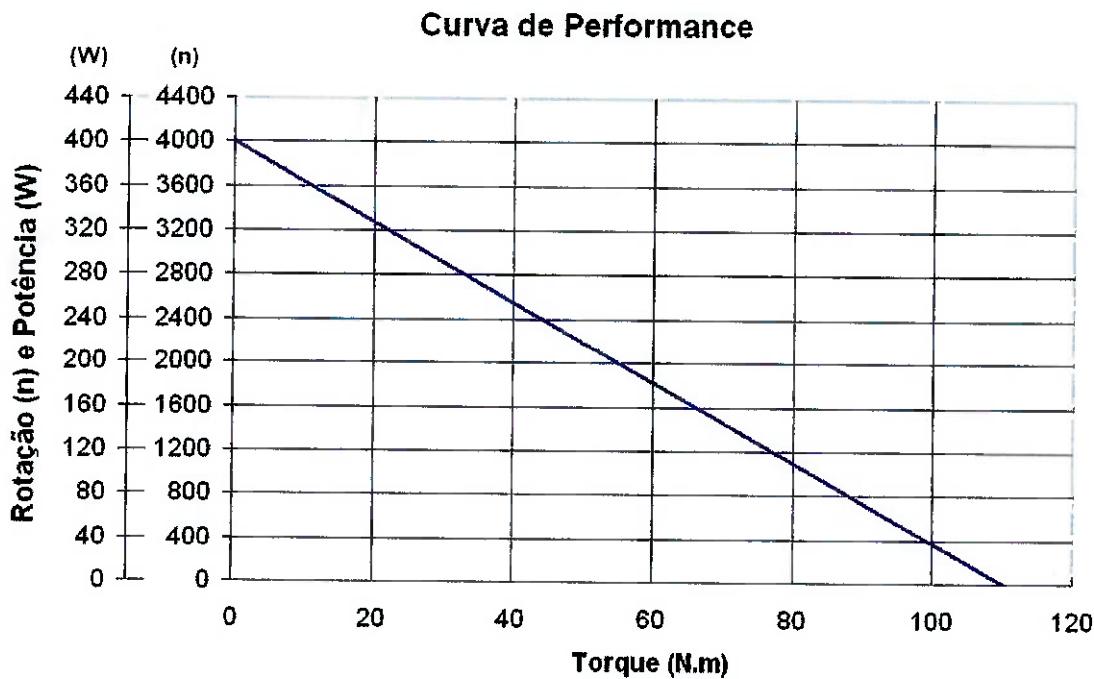
$$n_3 = \omega = \frac{V}{R} = \frac{1,11}{0,254} = 4,33 = 41,36 \text{ rpm}$$

$$n_3 = 42 \text{ rpm}$$

Assim, o torque necessário é no eixo do veículo é:

$$T = F \times r = 263 \times 0,254 = 67 \text{ Nm}$$

No nosso projeto, estaremos utilizando um motor Bosch Tipo GPA de corrente contínua. Sua curva de performance é apresentada a seguir:



**Figura 4.5 – Curva de performance do motor**

Nesse projeto, na situação onde o motor será mais exigido, estaremos utilizando a seguinte configuração:

- $n = 1200 \text{ rpm}$ ;
- $P = 300 \text{ W}$ ;
- $T = 77 \text{ N.m}$

Acoplado a esse motor estaremos utilizando um redutor, já que a rotação do motor é muito superior à rotação necessária no eixo. No projeto estaremos utilizando um redutor de relação 1:24 que nos dará uma rotação de saída de 50 rpm.

#### 4.2. Sistema de alimentação

O sistema de alimentação do veículo em questão será formado pelas baterias, um motor de corrente contínua e um redutor.

Tomando como hipótese a necessidade de tempo de autonomia do uso da tração auxiliar do veículo (h) durante duas a três horas por turno de trabalho de quatro horas, podemos determinar um campo de capacidade para a bateria (C), tomando um

rendimento de 90% para o conjunto baterias/motor e considerando a potência nominal do motor de 300W, temos:

$$C = \frac{300 \times h}{24 \times 0,9}$$

Variando  $h$  entre duas e três horas de autonomia, determinamos nosso campo para a escolha da bateria, conforme o gráfico abaixo:

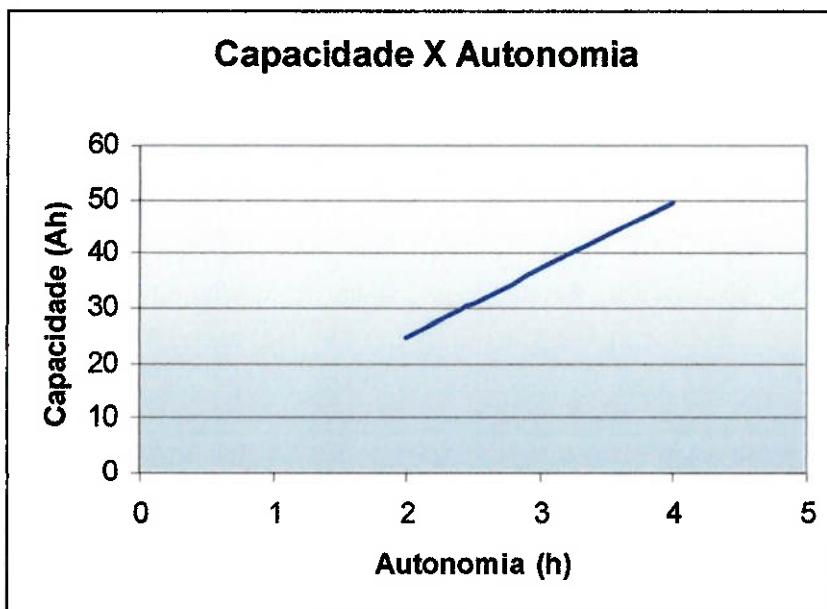


Figura 4-6 – Gráfico de Capacidade x Autonomia

Assim, uma bateria de capacidade nominal de 50 Ah é o suficiente para alimentação do nosso veículo.

Visando uma boa adequação ao uso do veículo e uma autonomia que satisfaça as necessidades do usuário, encontramos a linha Moura LOG monobloco, que foi especialmente desenvolvida sob medida para veículos elétricos. As grandes vantagens do uso dessas baterias são:

- Resistência às condições severas de uso;
- Maior densidade energética;
- Resistência à vibração;
- Conexões soldadas ou parafusadas.

#### 4.3. Dimensionamento da transmissão por correntes.

Para o dimensionamento da transmissão por correntes de rolos foi utilizado o programa ASA2000 da empresa Ciclo Informática Ltda. Este software é um catálogo eletrônico que efetua o dimensionamento de correntes de transmissão de rolos, conforme o equipamento ou projeto do usuário utilizando para isso as equações clássicas de elementos de máquinas.

Inicialmente para efetuar o dimensionamento declara-se para o programa o tipo de acionador que será utilizado, bem como a potência e a rotação do mesmo. Portanto foram declarados a potência de 300W e a rotação de 50rpm.



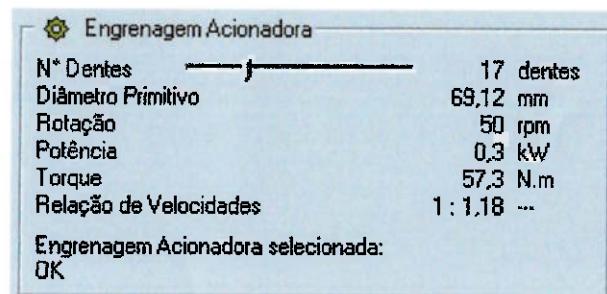
Figura 4-7 Equipamento acionador

A partir disso escolhe-se o tipo do equipamento movido, bem como sua aplicação.

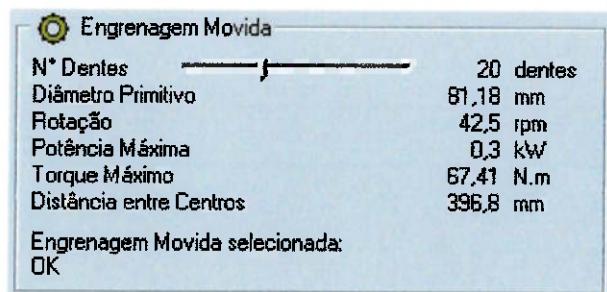


**Figura 4-8 -Equipamento Móvel**

Com isso obtemos o tipo de corrente adequado ao projeto. Indicando o número de dentes da engrenagem motora, varia-se o número de dentes da polia movida até chegar ao valor de rotação pré-determinado no projeto. Com isso, temos as seguinte dimensões para as polias e para a corrente:



**Figura 4-9- Engrenagem acionadora**



**Figura 4-10- Engrenagem Móvida**

Corrente de Transmissão	
Tamanho	ASA 40
Passo	12,7 mm
Nº Carreiras	1 carreira
Comprimento	1028,7 mm
Nº Elos	81 elos
Rotação Admissível	1800 rpm
Velocidade Linear	10,857 m/min
Carga de Ruptura	16671,3 N
Carga Admissível	2778,6 N
Força Aplicada	1658 N
Capacidade Nominal	0,271 kW
Potência de Projeto	0,24 kW
Fator de Serviço	1,13 --
Corrente de Transmissão selecionada: OK	

Figura 4-11 - Corrente de transmissão.

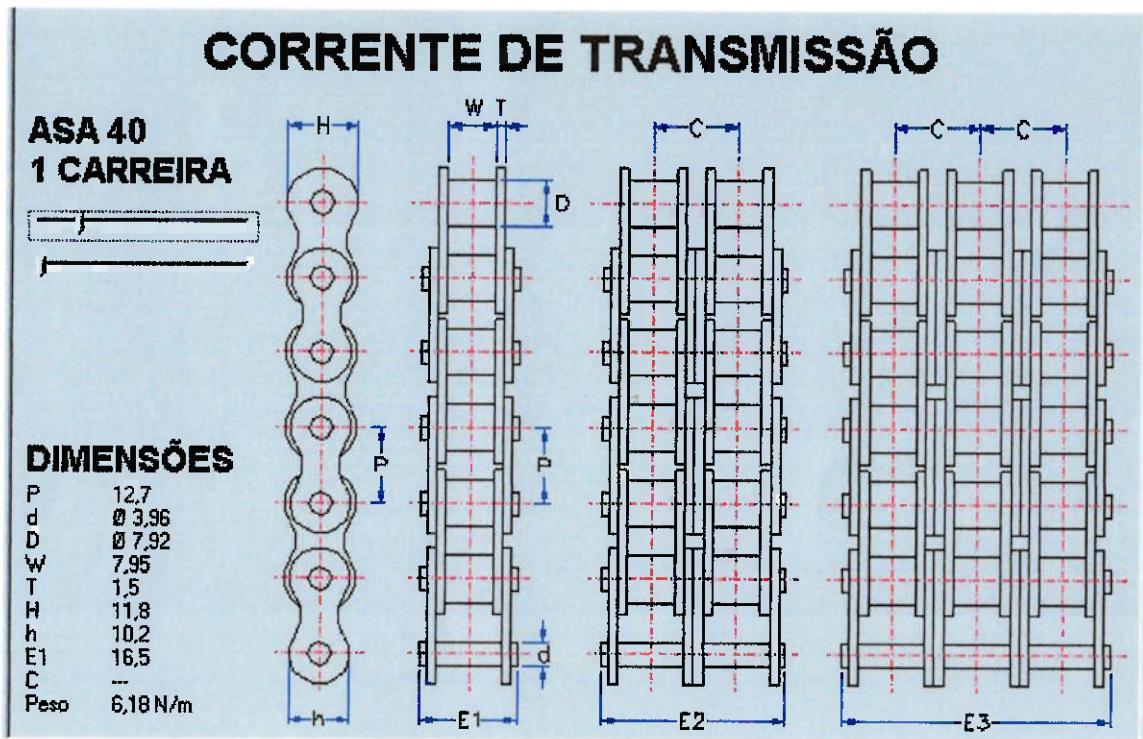
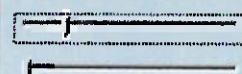


Figura 4.12- Dimensões da corrente.

## ENGENAGENS

### ASA 40 1 CARREIRA



### ACIONADORA

Z	17 dentes
D <sub>p</sub>	Ø 69,12
D <sub>e</sub>	Ø 75,56
D <sub>b</sub>	Ø 61,2
D <sub>c</sub>	Ø 60,9
T <sub>1</sub>	7,2
N	--
C	--

### MOVIDA

Z	20 dentes
D <sub>p</sub>	Ø 81,18
D <sub>e</sub>	Ø 87,8
D <sub>b</sub>	Ø 73,26
D <sub>c</sub>	Ø 73,26
T <sub>1</sub>	7,2
N	--
C	--

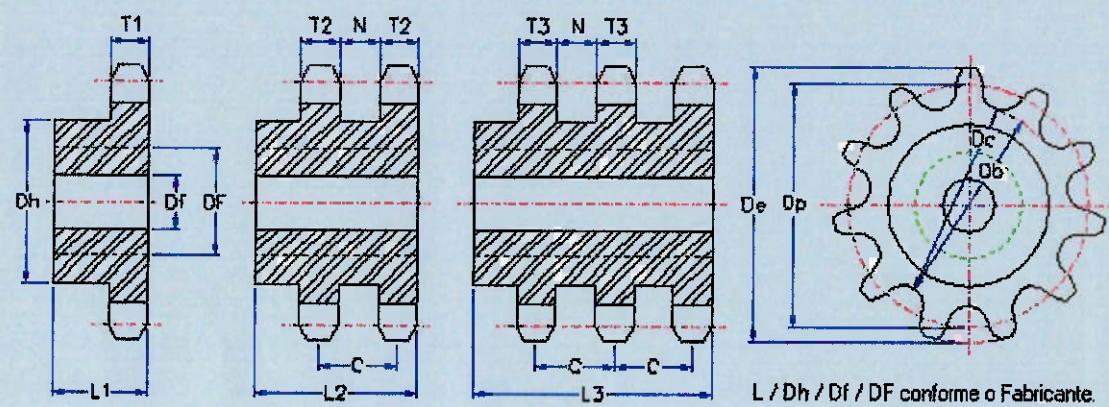


Figura 4-13- Dimensões das engrenagens

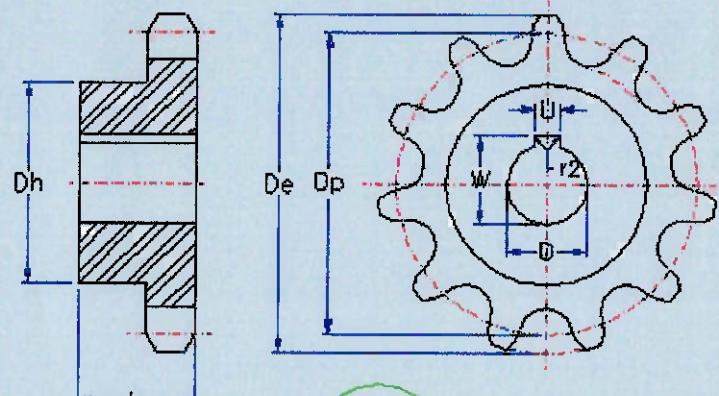
## FURAÇÃO COM RASGO PARA CHAVETA

Engrenagem Acionadora

Engrenagem Movida

### FURO

D	Ø 8 H7
D <sub>p</sub>	Ø 69,12
D <sub>e</sub>	Ø 75,56
Z	17 dentes
W	9,4 ± 0,1
U	3 P8
t <sub>2</sub> min.	0,08
t <sub>2</sub> máx.	0,16



### EIXO E CHAVETA

d	Ø 8
b	3 h8
h	3 h11
H <sub>1</sub>	1,8 ± 0,1
H <sub>2</sub>	1,4 ± 0,1
w	9,2
r <sub>1</sub> min.	0,16
r <sub>1</sub> máx.	0,25

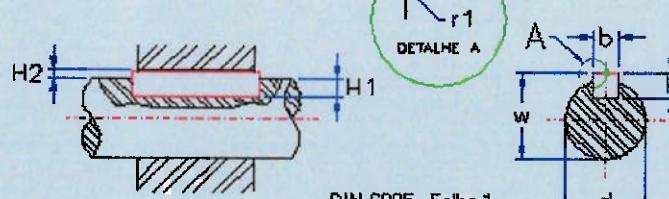


Figura 4-14- Furação com rasgo para chaveta para engrenagem acionadora.

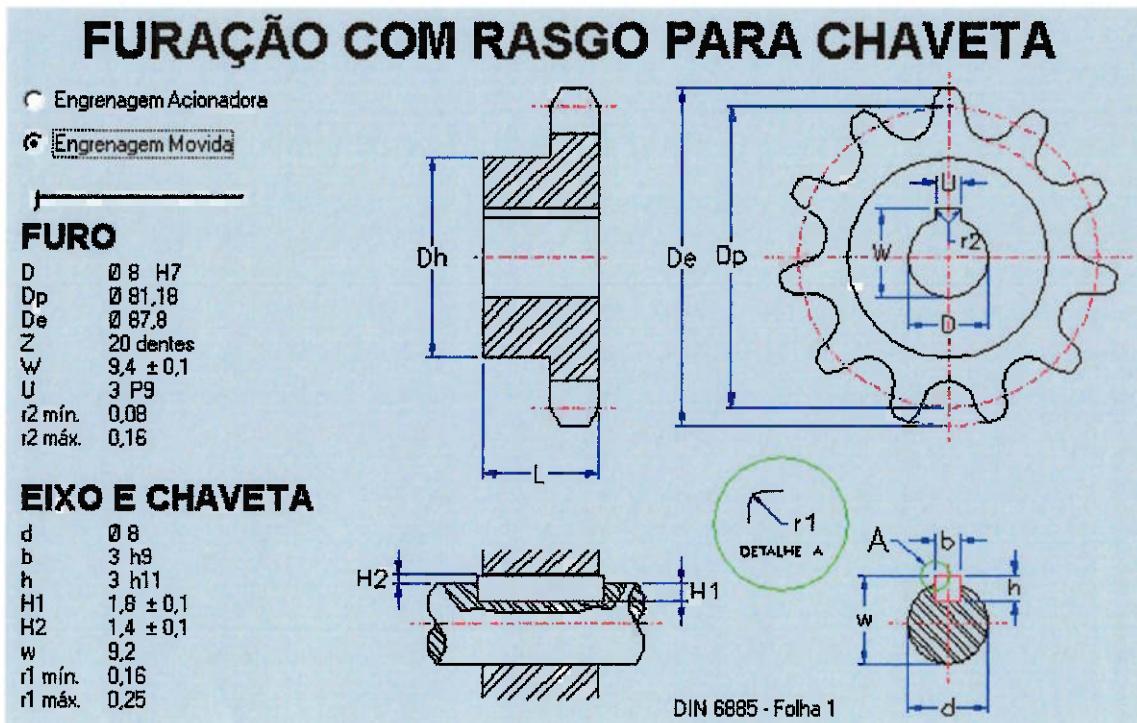


Figura 4-15- Furação com rasgo para chaveta para engrenagem movida

#### 4.4. Sistema de Freios

O sistema de freios projetado é muito simples. Ele é composto de uma barra cilíndrica soldada a barra de direção. A barra de direção permite um movimento vertical. E ao se baixar a barra de direção o cilindro entra em contato com as rodas dianteiras, freando assim o veículo. A barra cilíndrica será revestida de borracha para que não danifique o pneu do veículo.

#### 4.5. Dimensionamento estrutural

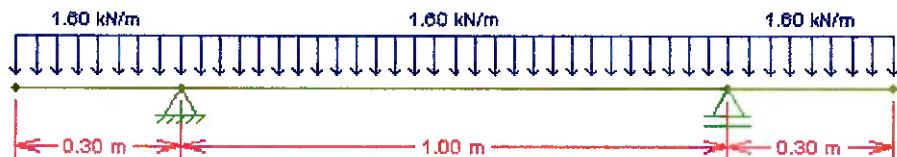
Para o dimensionamento estrutural estaremos considerando:

- Carga máxima distribuída ao longo do veículo de 2500 N;
- Toda a estrutura será de aço, considerando os seguintes dados:
  - $E = 205000 \text{ MPa}$ ;
  - $\sigma_{ADM} = 900 \text{ MPa}$ ;
  - Coeficiente de segurança = 2.

- Seção crítica: As tensões de flexão máxima em uma viga ocorrem na seção transversal onde o Momento Fletor é máximo.
- $\sigma_{ADM} = M_{MAX} / S$ , sendo
  - $M_{MAX}$  = Momento Fletor Máximo;
  - $S$  = Módulo de Seção, com:
    - $S = \frac{b \times h^2}{6}$  (Seção Retangular)
    - $S = \frac{\pi \times d^3}{32}$  (Seção Circular)

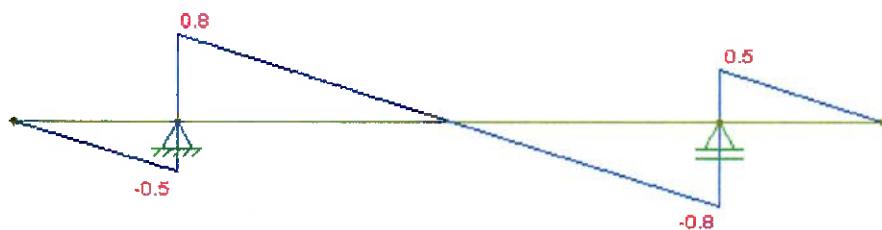
A estrutura do veículo será composta basicamente por uma chapa de aço, três vigas de aço de seção regular e os eixos dianteiro e traseiro. As três vigas deverão sustentar toda a carga do veículo.

Inicialmente consideraremos as barras paralelas responsáveis pela sustentação de toda a carga do veículo. Na figura a seguir representamos uma vista frontal do veículo, submetida a uma carga distribuída de 1,6 kN/m, onde essas duas vigas são representadas pelos apoios:

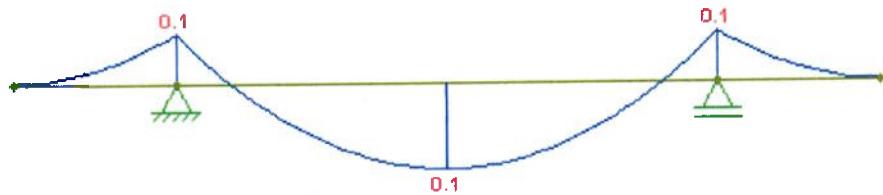


**Figura 4-16 – Barras paralelas de sustentação**

Essa disposição nos resulta nos seguintes diagramas:

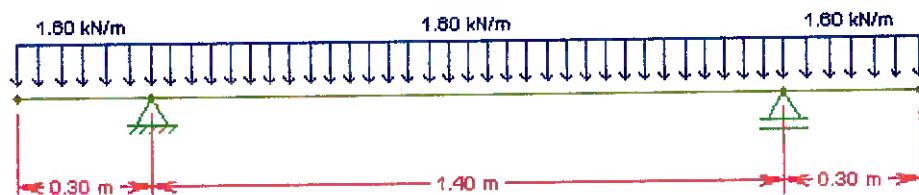


**Figura 4-17 – Diagrama de Forças Cortantes (kN)**



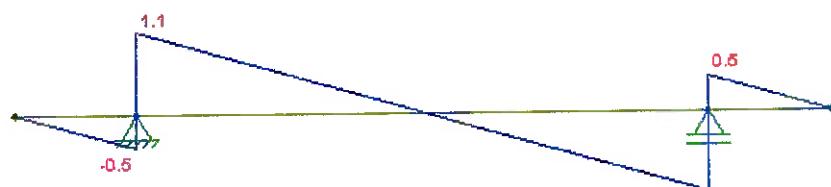
**Figura 4- 18– Diagrama de Momentos Fletores (kNm)**

Para dimensionar a seção transversal dessas vigas paralelas estaremos seguindo o esquema da figura abaixo. Nela vemos a representação de uma dessas barras, submetida à carga de 1,6 kN/m. Os apoios nesse esquema representam o eixo traseiro e a barra de fixação do eixo dianteiro, itens que serão discutidos adiante.

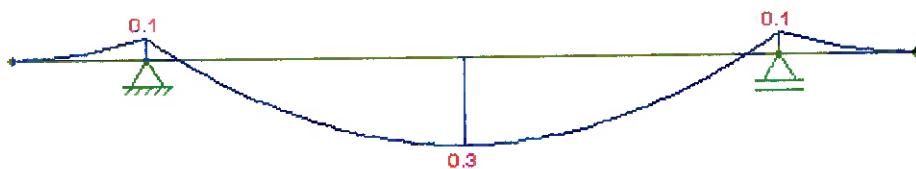


**Figura 4-19 – Barra de sustentação**

Os diagramas da estrutura são:



**Figura 4-20 - Diagrama de Forças Cortantes (kN)**



**Figura 4.21– Diagrama de Momentos Fletores (kNm)**

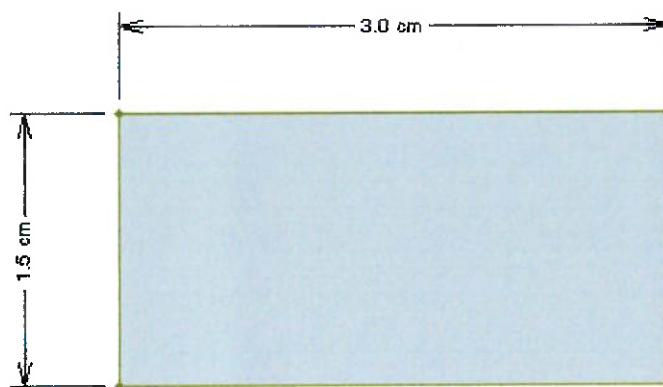
Do diagrama de Momentos Fletores percebemos que a seção crítica encontra-se submetida a um momento de 0,3 kNm. Além disso, estaremos considerando, por motivos construtivos, a base da seção transversal (b) como sendo duas vezes o valor da altura da viga (h), ou seja,  $b = 2h$ . Assim:

$$\sigma_{ADM} = \frac{M_{MAX}}{S} = \frac{M_{MAX}}{h^3} \times 3$$

$$h^3 = \frac{M_{MAX} \times 3}{\sigma_{ADM}} = \frac{900}{400 \times 10^6}$$

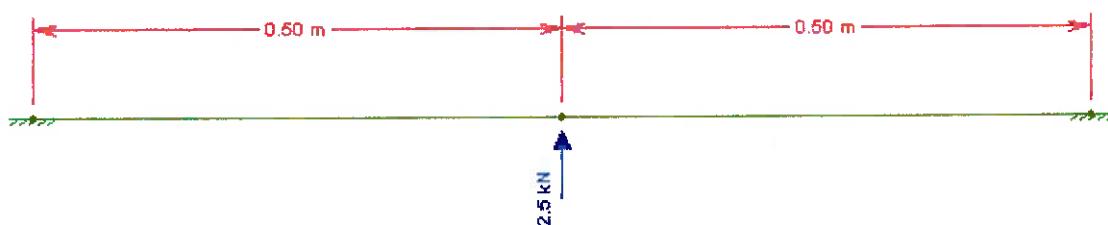
$$h = 1,25 \times 10^{-2} m$$

No projeto estaremos utilizando as seguintes medidas para a seção transversal dessa viga:



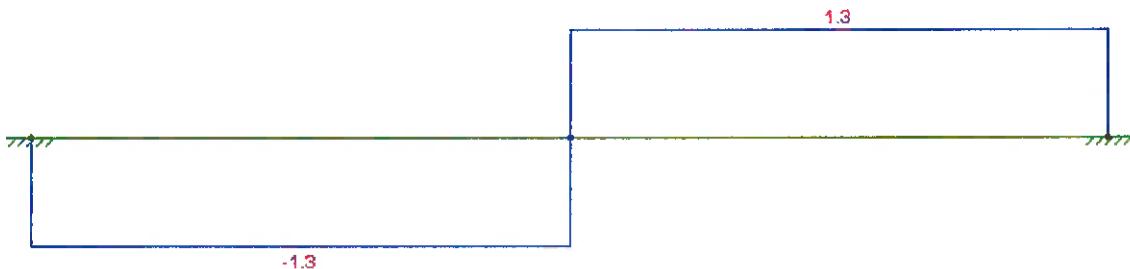
**Figura 4-22– Seção transversal vigas paralelas**

Outra viga a ser dimensionada é a barra de fixação do eixo dianteiro, que segue esquematizada:

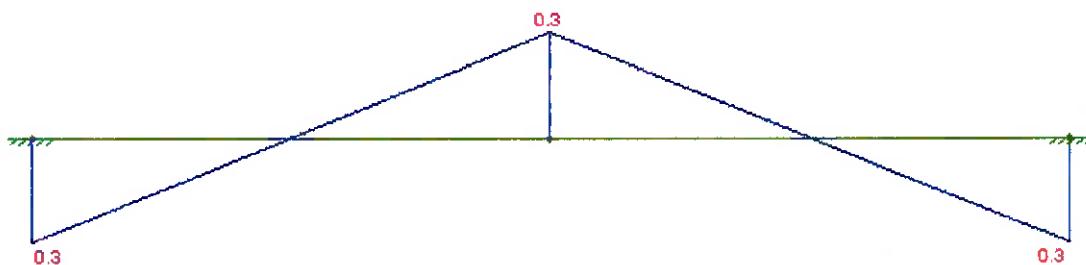


**Figura 4-23– Barra de fixação do eixo dianteiro**

No esquema acima vemos a reação provocada pelo eixo dianteiro de 2,5kN e o contato com as vigas paralelas, representado pelos engastes. Seguem os diagramas de Força Cortante e Momento Fletor:



**Figura 4.24– Diagrama de Forças Cortantes (kN)**



**Figura 4-25– Diagrama de Momentos Fletores (kNm)**

Para dimensionarmos a seção transversal dessa viga, consideraremos sua altura fixa  $h = 1,5 \text{ cm}$ , por aspectos construtivos e  $M_{MAX} = 0,3 \text{ kNm}$ . Assim, temos:

$$\sigma_{ADM} = \frac{M_{MAX}}{S} = \frac{M_{MAX}}{b \times (1,5 \times 10^{-2})^2} \times 6$$

$$b = \frac{300 \times 6}{450 \times 10^6 \times (1,5 \times 10^{-2})^2} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Por questões construtivas, estaremos utilizando para a barra de fixação do eixo dianteiro uma viga de seção transversal igual à das barras paralelas, conforme a figura abaixo:

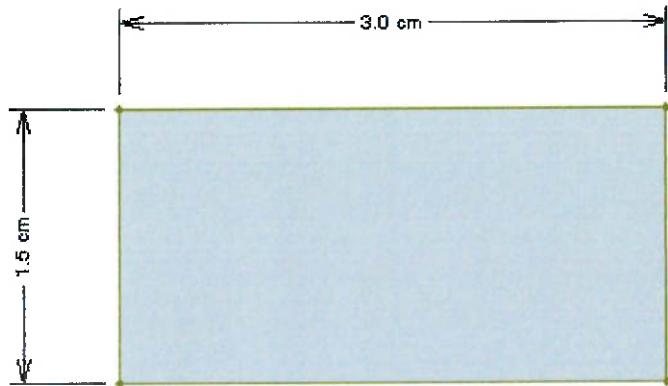


Figura 4-26– Seção transversal barra de fixação do eixo dianteiro

Para o dimensionamento dos eixos, analisaremos os diagramas dos eixos traseiro e dianteiro.

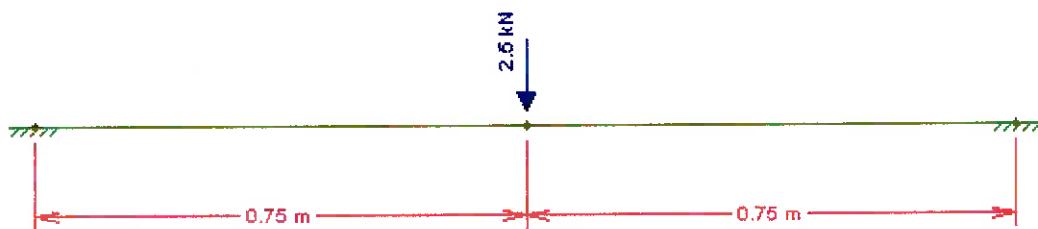


Figura 4-27– Eixo dianteiro

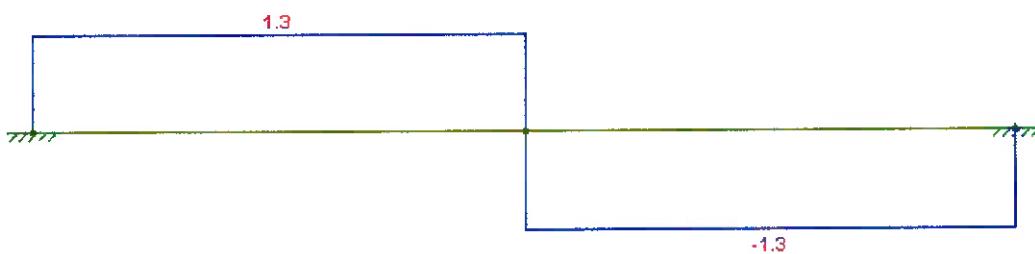
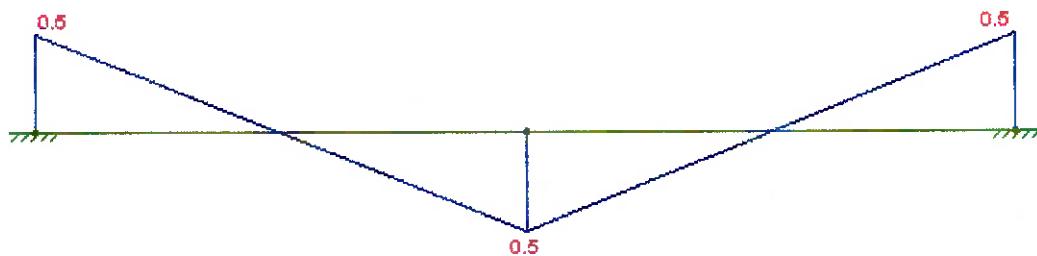
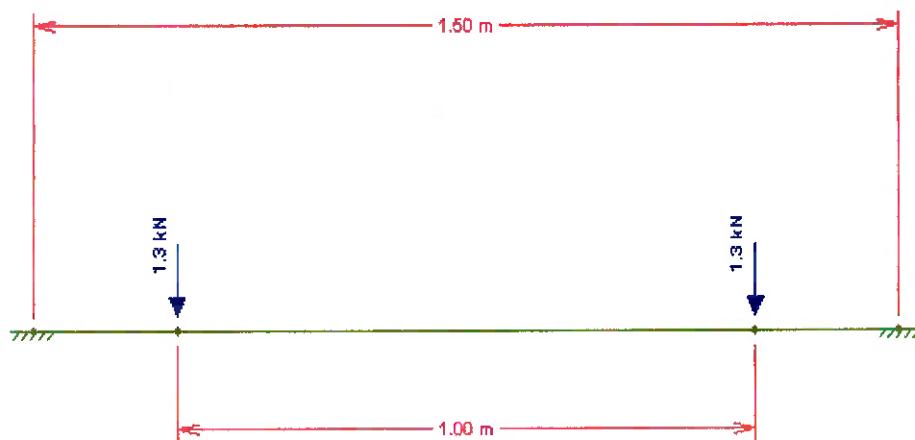


Figura 4-28– Diagrama de Forças Cortantes (kN) – Eixo Dianteiro



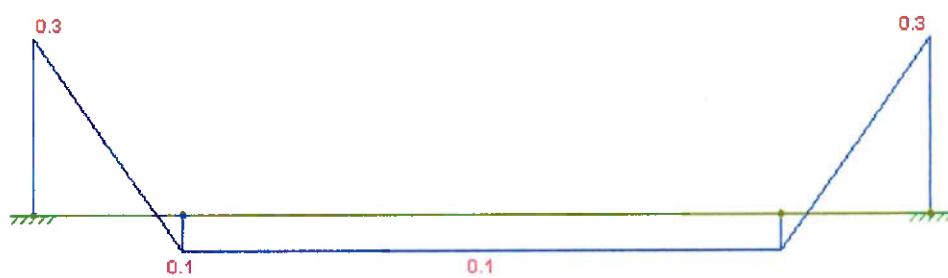
**Figura 4-29– Diagrama de Momentos Fletores (kNm) – Eixo Dianteiro**



**Figura 4-30– Eixo traseiro**



**Figura 4-31– Diagrama de Forças Cortantes (kN) – Eixo Traseiro**



**Figura 4-32– Diagrama de Momentos Fletores (kNm) – Eixo Traseiro**

A partir desses diagramas, percebemos que a seção mais crítica dos eixos pertence ao eixo dianteiro com  $M_{MAX} = 500$  N. Assim, temos:

$$\sigma_{ADM} = \frac{M_{MAX}}{S} = \frac{M_{MAX}}{\pi \times d^3} \times 32$$

$$d^3 = \frac{M_{MAX}}{\pi \times \sigma_{ADM}} \times 32 = \frac{500 \times 32}{\pi \times 450 \times 10^6}$$

$$d = 1,9 \times 10^{-2} m$$

Assim, apesar de o diâmetro mínimo necessário para os eixos ser de apenas dezenove milímetros, estaremos utilizando eixos de diâmetro de vinte e cinco milímetros no projeto, por questões construtivas.

#### 4.6. Rolamentos

Os rolamentos utilizados nesse projeto serão os mesmos que são usados em motocicletas. Devido ao fato de que em seu emprego normal (para qual foram dimensionados), esses rolamentos estarem submetidos a maiores rotações, e por consequência a maiores esforços solicitantes, do que serão submetidos no veículo de coleta seletiva, é supérfluo fazer todo o seu dimensionamento.

No caso do eixo dianteiro, os rolamentos ficarão alojados no cubo da roda, permitindo que a roda gire livremente. Já no caso da do eixo traseiro, os rolamentos ficarão alojados no suporte do eixo, e o eixo será fixado ao cubo da roda, não permitindo o movimento relativo entre a roda e o eixo.

O rolamento escolhido tem as seguintes dimensões:

- Diâmetro interno (d)-25mm;
- Diâmetro externo (D)- 42mm;
- Largura (B)- 9mm.

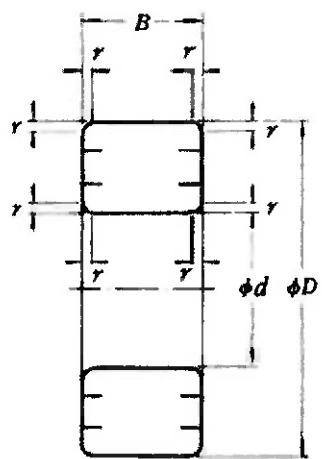
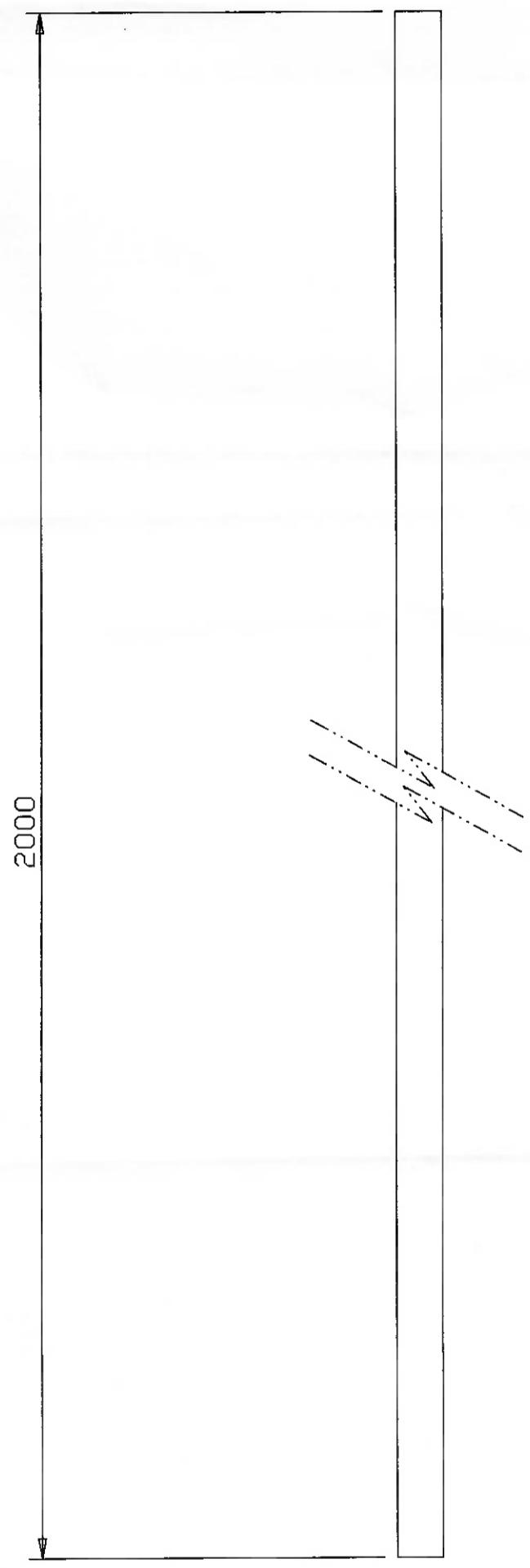
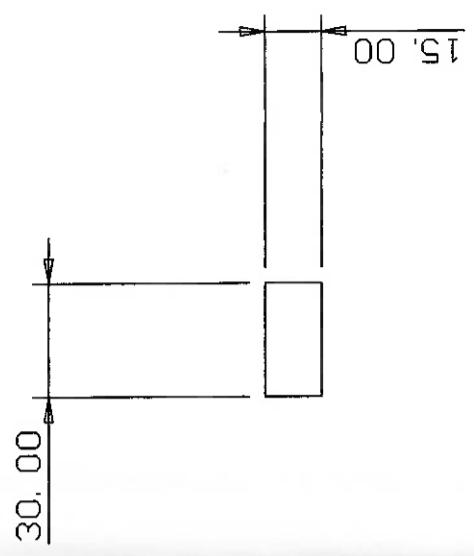


Figura 4.33 - Rolamento

## **5. Referências Bibliográficas**

- 1) Kaminski, P.C. "Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade", Livros Técnicos e Científicos Editora AS, 2000.
- 2) Susteras, G. L. "Reengenharia do veículo elétrico", EPUSP, 2003.
- 3) Brant, B. "Build your own electric vehicle", TAB Books, 1994.
- 4) Gere, J.M. "Mecânica dos Materiais", Pioneira Thomson Learning, 2003.
- 5) Gillespie, T. D. "Fundamentals of vehicle dynamics" SAE, 1992.
- 6) Mabie, H. H. "Mecanismos e dinâmica das máquinas", Ao Livro Técnico, 1967.
- 7) Crouse, W. H. "Automotive mechanics", McGraw-Hill, 1970.
- 8) Canale, A.C. "Automobilística", Erica, 1989.
- 9) "Manual de aplicação da norma regulamentadora nº 17", Ministério do Trabalho, 2002.
- 10) Catálogo Daido de corrente de transmissão de rolo, 1988.
- 11) Catálogo Cestari de motorredutores e redutores coaxiais, 2004.
- 12) Internet:
  - ▶ Banco Federativo/BNDES:  
<http://federativo.bnDES.gov.br/dicas/>
  - ▶ Best Cars Website:  
<http://www2.uol.com.br/bestcars/classicos/isetta-1.htm>
  - ▶ Metalcrec Reboques:  
<http://www.metaltecreboques.ubbi.com.br/album.html>
  - ▶ Triciclos do Brasil:  
<http://www.triciclosdobrasil.com.br/>
  - ▶ Triciclo Elétrico Urbano:  
<http://www.agbueno.pop.com.br/triciclo/>
  - ▶ A Arte da Fibra:  
<http://aartedafibra.sites.uol.com.br/reciclavel.htm>
  - ▶ D-Mail:  
<http://www.dmail.pt/prodotto.php?cod=110653>
  - ▶ Baterias Moura:  
<http://www.moura.com.br>

- ▶ MBT Energia Autônoma:  
[http://mbtenergia.com.br/energia\\_autonoma.htm](http://mbtenergia.com.br/energia_autonoma.htm)
- ▶ Pedal.com.br:  
<http://www.pedal.com.br>
- ▶ Poral VE:  
<http://www.portalve.com.br>
- ▶ FTool Site  
<http://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool>

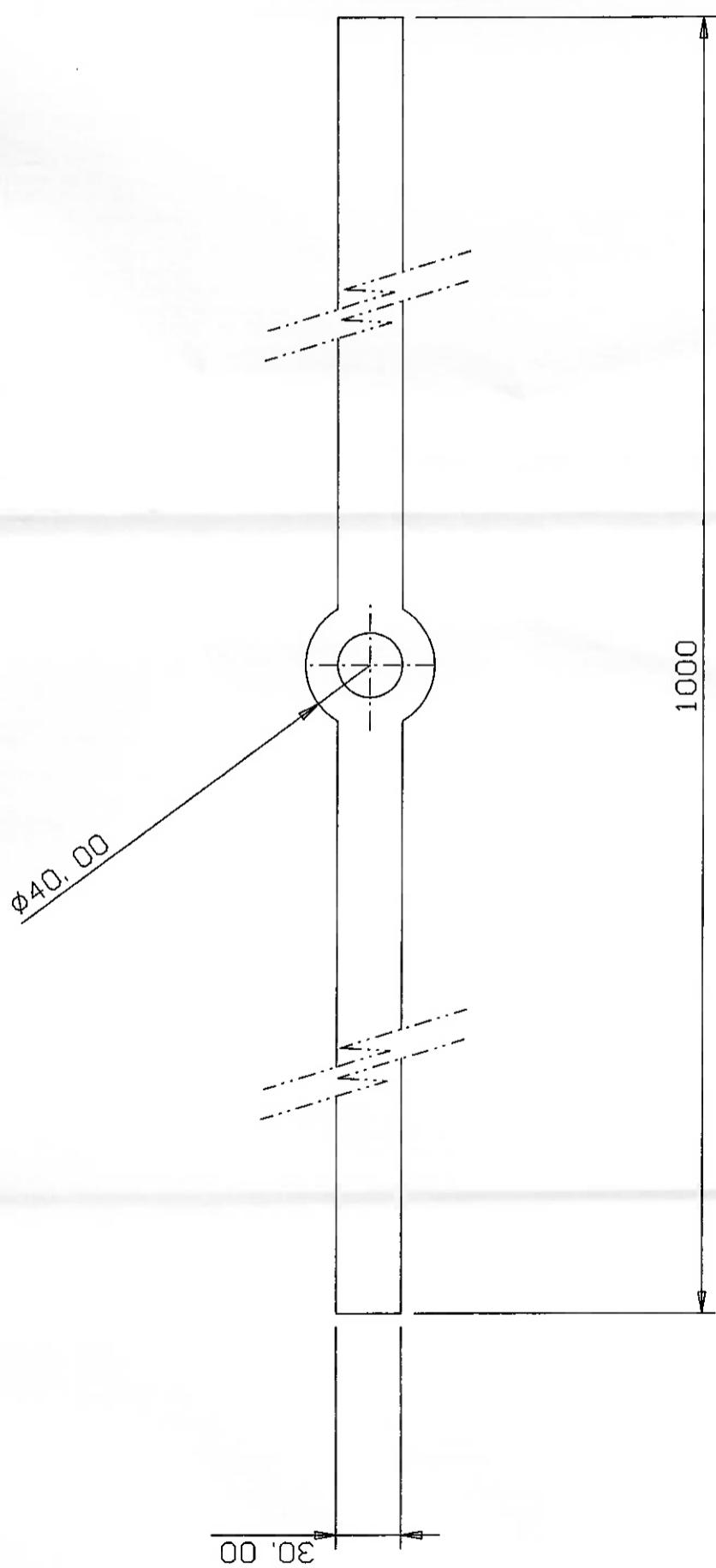
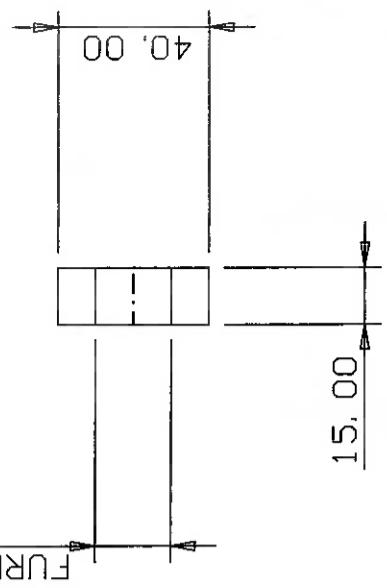


TITULO	BARRA DE SUSTENTACAO	
DESENHO	DE FABRICACAO	
FORM.	DESENHO N°	
A3	1	
ESCALA SEM	-	FOLHA 1 DE 1

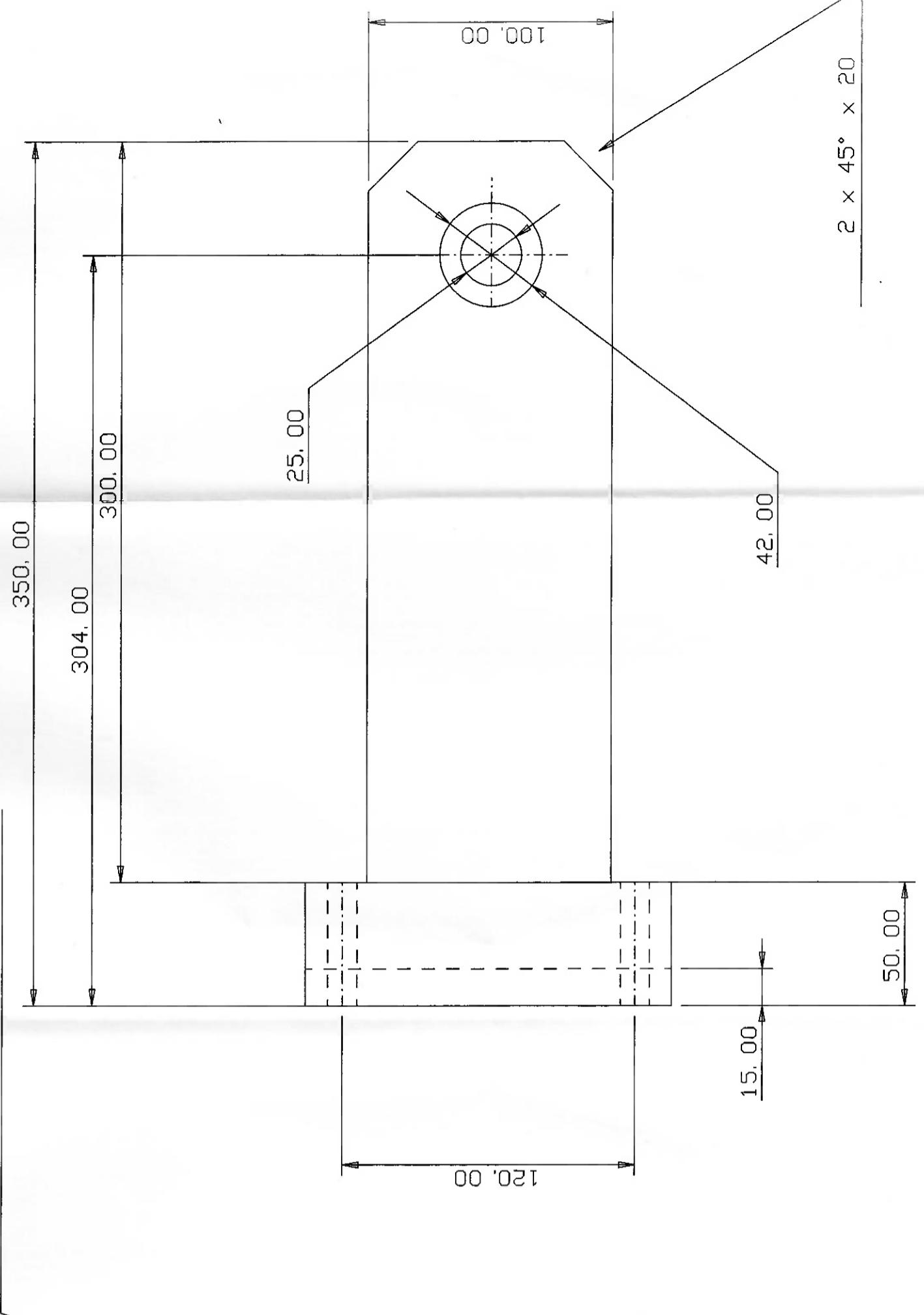
TITULO  
BARRA DE FIXACAO DO EIXO DIANTEIRO

DESENHO DE FABRICACAO

FORM. A3	DESENHO N. 2
ESCALA SEM	FOLHA 1 DE 1



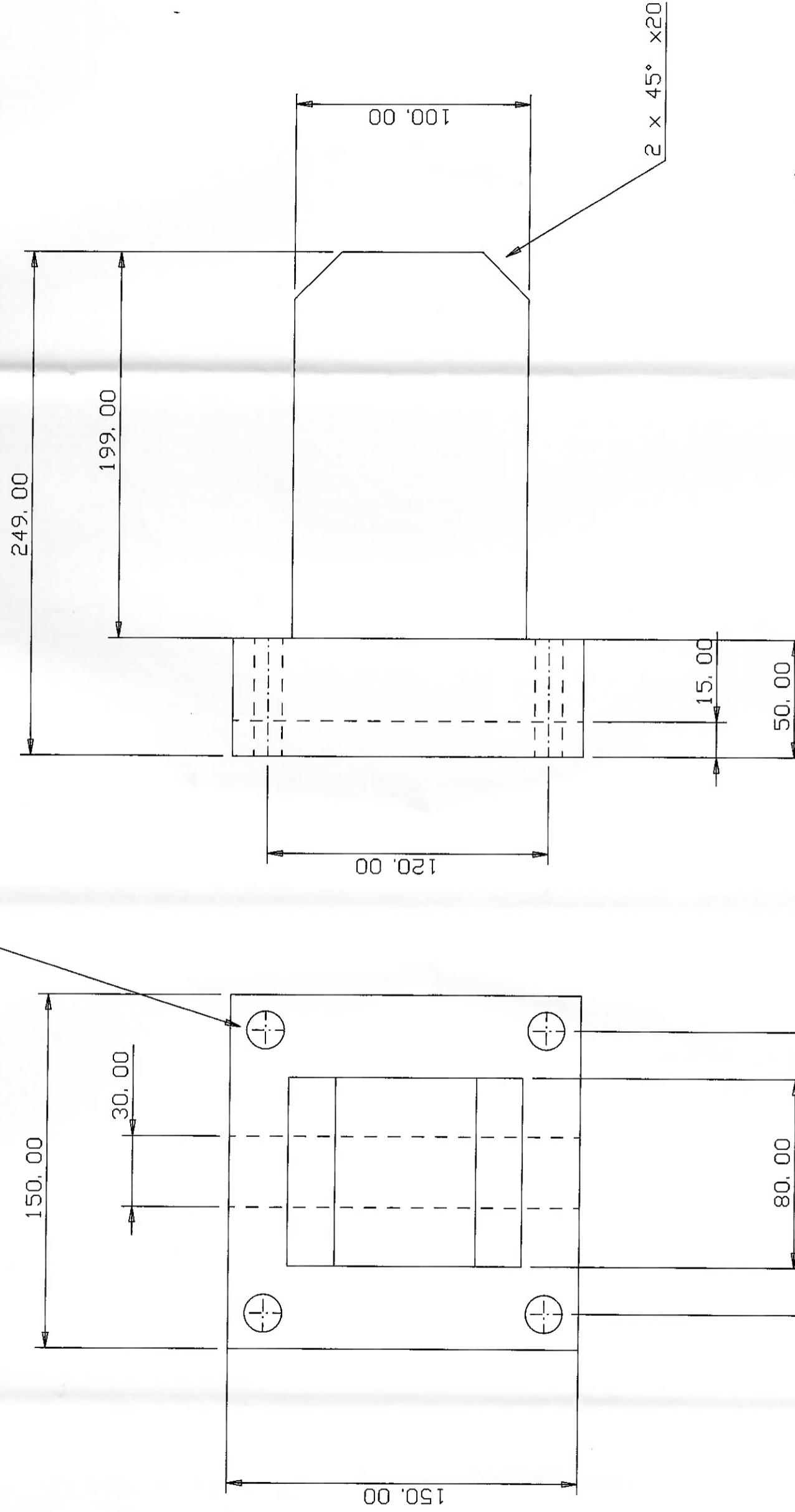
FUR<sup>O</sup> 4X Ø12mm PASSANTE



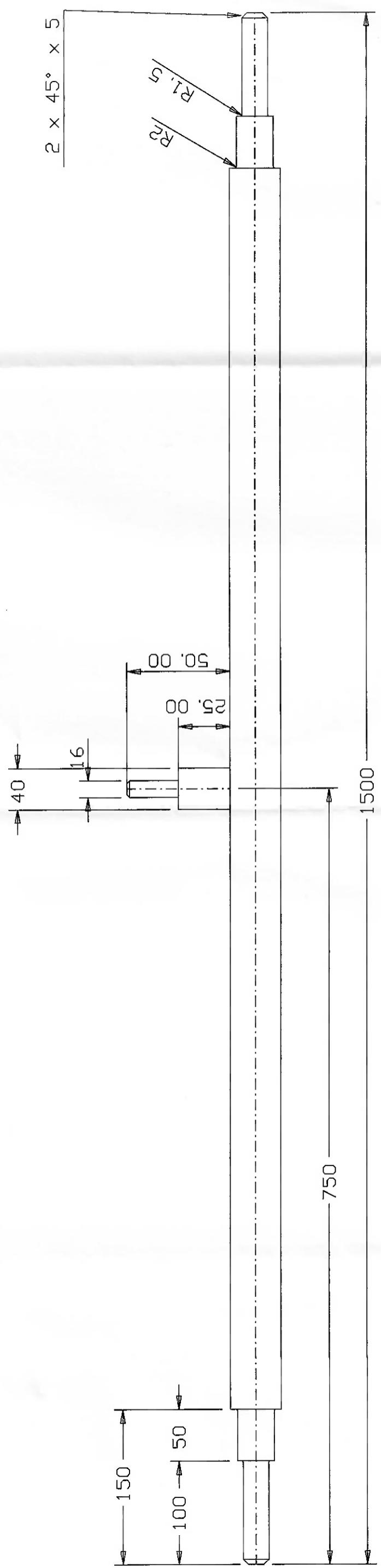
TITULO SUORTE DO EIXO TRASEIRO  
DESENHO DE FABRICACAO

FORM. A3	DESENHO N° 3	FECHA 1	DE1
ESCALA 1: 1	-	FECHA 1	DE1

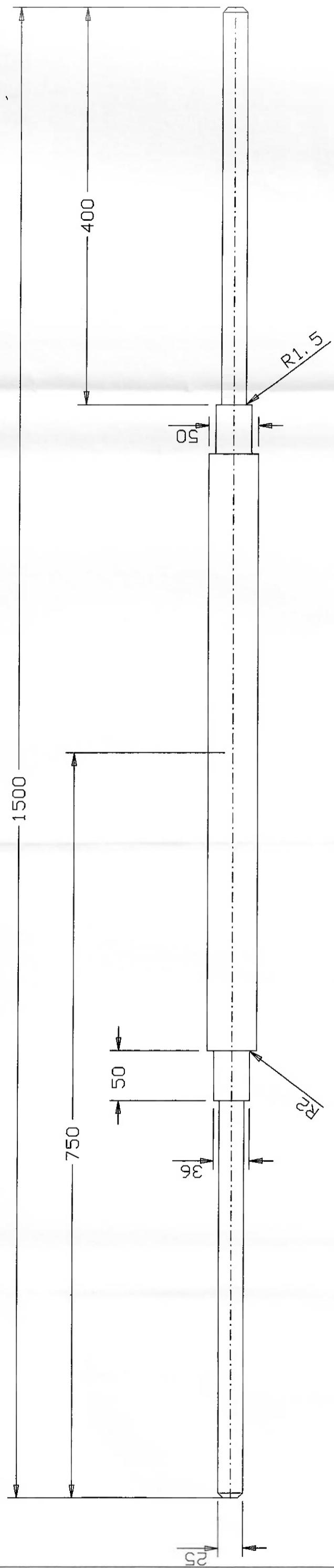
FUR<sup>O</sup> 4X Ø12mm PASSANTE



TÍTULO		SUORTE DO EIXO DIANTEIRO	
DESENHO DE FABRICAÇÃO			
FORM.	DESENHO N°	4	REV.
A3	-	FOLHA 1 DE 1	



TÍTULO		EIXO DIANTEIRO	
DESENHO DE FABRICAÇÃO			
FORM. A3		DESENHO N° 5	REV.
ESCALA 1:1	PESO -	ATUAL	FOLHA 1 DE 1



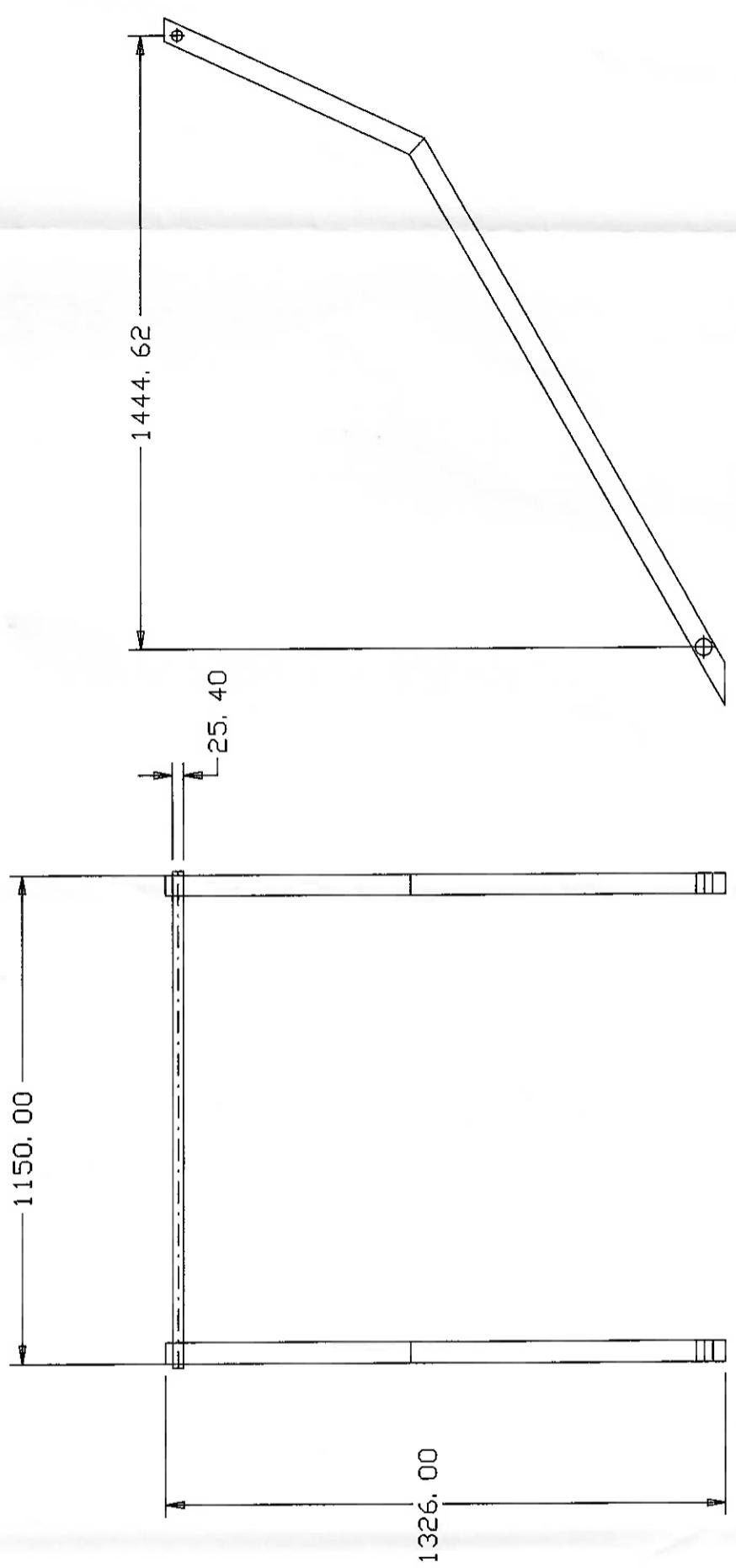
TÍTULO		EIXO TRASEIRO	
		DESENHO DE FABRICAÇÃO	
FORM. A3		DESENHO N° 6	REV.
ESCALA SEM		-	FOLHA 1 DE 1

D

C

DES. No

A



## BARRA DE DIRECAO

FORM. A3	DESENHO N.º 7	REV.
ESCALA SEM	FOLHA 1 DE 1	

1

2

3

4

