

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**PROJETO DE EQUIPAMENTOS PARA FABRICAR
VASSOURAS A PARTIR DE GARRAFAS PET**

Patrick Agnesini Chen
Paulo Guitti Fernandes de Oliveira

São Paulo
2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**PROJETO DE EQUIPAMENTOS PARA FABRICAR
VASSOURAS A PARTIR DE GARRAFAS PET**

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

Patrick Agnesini Chen
Paulo Guitti Fernandes de Oliveira

Orientador: Marcelo Alves

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo
2005

Visto
MLL
14/12/05

TE05
C42p

1872017

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600011160

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Paulo Guitti Fernandes

Projeto de equipamentos para fabricar vassouras a partir de garrafas PET / P.G.F. Oliveira, P.A. Chen. -- São Paulo, 2005.

44 p.

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

**1.Projeto mecânico 2.Vassouras 3.Plásticos (Reciclagem)
I.Chen, Patrick Agnesini II.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica III.t.**

RESUMO

O reaproveitamento de material descartável é um dos principais focos das discussões sobre a crescente geração de lixo nos centros urbanos. Com criatividade e técnicas rudimentares, algumas associações ligadas à reciclagem têm fabricado vassouras a partir de tiras extraídas de garrafas PET de refrigerante. Além de “ecologicamente corretas”, as vassouras PET tem durabilidade sensivelmente superior às tradicionais de piaçava, entre 10 e 15 vezes. Com esta motivação os alunos Patrick Chen e Paulo Guitti pretendem projetar e desenvolver protótipos de maquinário que otimize a produção desta vassoura ecológica. As principais funções destes equipamentos serão: cortar o corpo da garrafa em tiras e tratar termicamente as tiras aumentando sua rigidez.

ABSTRACT

Through this paper, the students will design and build prototypes that improve the PET-broom production. One of the most remarked features of this kind of broom is its durability, up to 15 times the traditional broom. The main features are: bottle body strips cutting and strips thermal treatment to improve their inflexibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Detalhe das correias	7
Figura 2.2 - Guilhotina cortando PET	8
Figura 2.3 - Detalhe do corte das imperfeições	9
Figura 2.4 - Detalhe do corte das imperfeições	9
Figura 2.5 - Esquema da disposição dos equipamentos sobre a mesa	10
Figura 2.6 - Gráfico da Integração da Equação (I)	12
Figura 2.7 - Disco de Zinco	15
Figura 2.8 - Protótipo	16
Figura 2.9 - Fibras enroladas	16
Figura 2.10 - Detalhe da tela de cabos de aço	17
Figura 2.11 - Discos de corte com separadores	19
Figura 3.1 - Grupos de tiras distribuídos ortogonalmente	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Atividades realizadas no primeiro semestre de 2005..... 2

1. INTRODUÇÃO

Tão fundamental quanto o desenvolvimento da sociedade é a sustentabilidade ambiental inerente a este processo. Dessa maneira, o reaproveitamento de material descartável se tornou um dos principais focos das discussões sobre a crescente geração de lixo nos centros urbanos.

Algumas associações ligadas à reciclagem, com criatividade e técnicas rudimentares, têm fabricado vassouras a partir de tiras extraídas de garrafas PET de refrigerante. Além de “ecologicamente corretas”, as vassouras PET tem durabilidade sensivelmente superior às tradicionais de piaçava, entre 10 e 15 vezes.

Na prática destas associações, tiras extraídas com o auxílio de tesouras de cerca de 15 garrafas são suficientes para confeccionar uma vassoura. Contudo, neste processo manual, as principais dificuldades são a baixa produtividade e a não uniformidade dos produtos finais.

Além da reutilização deste material descartável, este tipo de atividade tem outro aspecto social importante que é a geração de atividade e fonte de renda para a população carente.

Com esta motivação os alunos Patrick Chen e Paulo Guitti vem desenvolvendo projetos, fabricando protótipos e maquinário piloto, a fim de otimizar a produção desta vassoura ecológica. As principais funções destes equipamentos chave são cortar o corpo da garrafa em tiras e tratar termicamente as tiras aumentando sua rigidez.

É fundamental ressaltar ainda que, durante o projeto, além de buscar a elaboração de mecanismos simples e eficientes, a preocupação com a segurança dos operadores tem sido uma constante.

O projeto dos equipamentos vem sendo acompanhado de um estudo sobre a possível inserção do produto no mercado, bem como sua aceitação por empresas de limpeza, donas de casa e instituições públicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na tabela 1.1, apresentada a seguir, estão descritas as atividades que foram executadas pelos alunos durante a elaboração deste projeto, desde o início dos trabalhos em 2005.

Análise de viabilidade econômica	Busca de fornecedores de matéria-prima (reciclagem - Cooperativas)
	Estudo do mercado potencial para utilização das vassouras de PET
	Análise comparativa de custos entre vassouras de piaçava e PET
	Estimativa do investimento inicial e tempo de retorno do investimento
Desenvolvimento de máquinas	"Brainstorm" - Seleção das alternativas
	Projeto do Mecanismo para cortar tiras de PET
	Projeto do Mecanismo para uniformizar as tiras
	Projeto da base das tiras
	Projeto do Mecanismo para choque térmico sobre as tiras
Implementação do projeto	Busca de parcerias (ONGs, Cooperativas)
	Desenvolvimento de Protótipos
	Desenvolvimento de Maquinário-Piloto

Tabela. 1.1 – Atividades executadas

Durante todo o mês de abril, o trabalho se concentrou no estudo de viabilidade econômica do projeto. Os detalhes deste tópico estão descritos no anexo Análise de Viabilidade Econômica deste relatório, documento atualizado de acordo com os resultados e conclusões obtidos pelos alunos.

2.1. Projeto do Mecanismo para cortar o PET em tiras

No início de maio, as primeiras idéias de máquinas para trabalhar com as garrafas foram sugeridas e discutidas entre os alunos e o professor orientador. Lâminas fixadas em um anel que circundaria o corpo da garrafa, lâminas internas e até uma mesa com lâminas deslizantes estavam entre as possibilidades mais concretas.

Contudo o formato não uniforme das diversas marcas e tipos de refrigerantes dificultou ainda mais o projeto, uma vez que o desenvolvimento de máquinas com lâminas fixadas em anéis externos ou internos dependeria de uma seção transversal constante.

Seguindo este raciocínio, as alternativas apresentadas durante o *Brainstorm* revelaram a necessidade de transformar as garrafas em “folhas” de PET, antes de iniciar o corte em cerdas. Dessa maneira, a primeira alternativa que atendesse esses requisitos era o projeto de uma mesa de corte com lâminas deslizantes.

Os alunos desta vez se depararam com uma máquina de construção complicada, já que para cada folha de PET seriam necessários entre 120 e 150 lâminas para a produção de fibras de 2 milímetros de espessura. E para cada uma destas lâminas seria fundamental criar um sulco na mesa, espaçados de 2 milímetros cada.

Após mais alguns dias de reflexão e discussão de idéias, foi sugerida a elaboração de uma máquina similar a um triturador de papel de escritório. Este triturador é dotado de discos de corte que rotacionam, cortando e puxando a folha de papel simultaneamente.

Foi feita uma breve análise sobre um equipamento deste tipo da Secretaria da Engenharia Automotiva da Escola Politécnica em com algumas modificações, os alunos iniciaram os cálculos sobre os discos de corte necessários para transformar o PET em cerdas.

Para o avanço da folha de PET em direção aos discos, foram projetados cilindros que, através de atrito, empurrariam a folha, posicionados antes dos discos de corte.

2.1.1. Dimensionamento do Motor

Para o dimensionamento da potência dos discos, seguiu-se a fórmula:

$$Pot = f.MMR$$

Onde Pot é a potência necessária para efetuar o corte, f é um fator relacionado ao material e MRR é a taxa de remoção de material, expressa por:

$$MRR = w.d.v$$

Onde w é a espessura do corte, d a altura do corte e v a velocidade de alimentação. Considerando $v = 10$ mm/s, proveniente dos resultados experimentais, d e w as dimensões da folha de PET, $MRR = 300$ mm³/min.

Com um diâmetro de garrafa médio de 100 mm, para a obtenção de tiras de espessura de 2 mm, serão necessários cerca de 105 discos. Devido a não uniformidade entre as diversas garrafas de PET, será considerado o uso de 120 discos, para evitar perda de material.

Para a escolha do motor, foram analisados os rendimentos aproximados dos principais componentes da máquina. Dessa forma, com a potência do motor deverá ser 870 W em função das perdas no próprio motor, nas polias e nas engrenagens.

Para esta aplicação, será utilizado um motor trifásico WEG Alto Rendimento Plus, com potência nominal de 1100W, conjugado de 9,38Nm e 1120 rpm.

2.1.2. Dimensionamento das polias de transmissão para o eixo dos discos

De maneira que a rotação do eixo com discos seja a arbitrada de 2000 rpm, uma relação por polias foi projetada, utilizando correias tipo “V”.

Com o diâmetro dn da polia do motor de 6 polegadas, e a relação entre as rotações (i):

$$i = 1120 / 2000 = 0,56$$

Dessa forma, a polia do eixo dos discos terá 3,2 polegadas. Considerando uma distância entre centros C de 708,5 mm, o comprimento da correia é calculado pela fórmula:

$$Ln = 2C + 1,57(Dn + dn) + (Dn - dn) / 4C$$

Com estes dados, será utilizada a correia A-69 e a distância entre centros é recalculada. Se faz necessário utilizar duas polias para a transmissão do torque exigido no projeto.

2.1.3. Dimensionamento do eixo dos discos

A partir da equação:

$$T = Pot / n$$

Onde T é o torque, Pot a potência do eixo e n a rotação em radianos/segundo.

Considerando ainda a força aplicada sobre o eixo dos discos a partir da relação do torque com o raio da polia, determina-se os momentos aplicados sobre o eixo e conseqüentemente o diâmetro pela fórmula de Sodeberg:

$$d = \left\{ \frac{32m}{\pi} \left[\left(\frac{T}{Se} \right)^2 + \left(\frac{M}{Sm} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Trabalhando com o aço 1020, teremos um diâmetro de 9 milímetros. Aplicando fator de correção considerando os rebaixos utilizados, vem que o maior diâmetro (furo do disco) vale 21 milímetros. Os discos serão comprimidos através de porcas presas nas pontas do eixo.

2.1.4. Dimensionamento das polias e engrenagens de transmissão para os rolos

De maneira análoga ao dimensionamento das polias já descrito, o conjunto de redução de $i = 4$ será composto por duas correias A-79, com polias de diâmetro 3 e 12 polegadas.

Deve ser ressaltado que para a redução de rotação entre os rolos e o eixo de transmissão, será necessário uma combinação entre uma redução por polias e por engrenagens como ilustrado na figura 2.1.

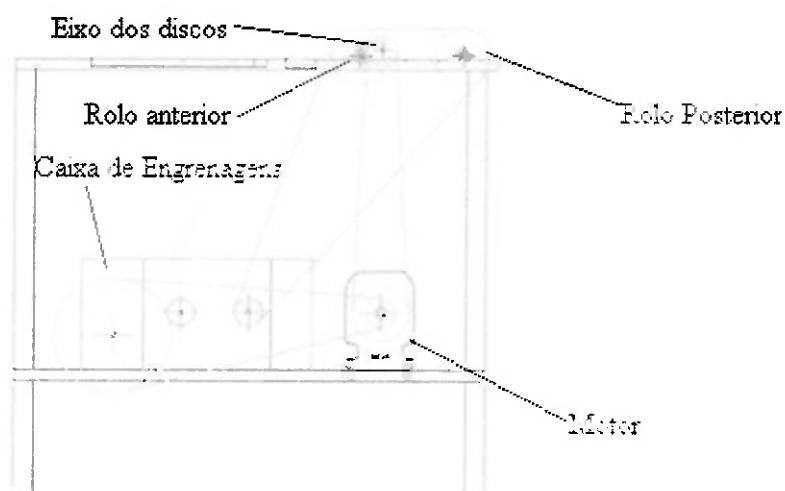


Fig. 2.1 – Detalhe das correias

Como é observado, haverá um único par de correias transmitindo a rotação do motor para o conjunto de rolos, cuja função é deslocar a folha de teste sobre a mesa. Serão utilizados engrenagens com módulo de valor 4 de diâmetros de 72 e 288 milímetros.

2.1.5. Dimensionamento dos eixos de engrenagens de transmissão para o rolo

Partindo novamente do equação $T = P \cdot \omega / n$ e do raio da polia maior, temos a força aplicada sobre a engrenagem:

$$F = T / R$$

Obtendo o torque gerado sobre a engrenagem, a partir do diagrama de momento fletor, temos novamente por Sodeberg o diâmetro deste eixo:

$$d = 20 \text{ mm}$$

Para o segundo eixo, com esforços da ordem de 50% menores em relação ao primeiro, o diâmetro será mantido o mesmo do primeiro eixo por aspectos construtivos. Todos os rolamentos empregados no projeto são da série 63, bem como a padronização dos rebaixos.

2.2. Desenvolvimento do Mecanismo para uniformizar as tiras

Com o intuito de minimizar as dimensões dos equipamentos, decidiu-se agrupar os mecanismos de corte e uniformização das tiras, elaborando uma mesa, sobre a qual as duas máquinas seriam fixadas.

A obtenção de uniformidade das tiras logo após seu corte nos discos foi considerado inviável, uma vez que estas podem não ser produzidas totalmente planas, dificultando o manuseio. A saída encontrada foi uniformizar as folhas de PET, na fase anterior ao seu corte.

Este processo poderia ser realizado sobre a mesa nas quais seriam fixados os equipamentos, através do uso de guilhotinas metálicas. O curso de uma lâmina metálica móvel sobre outra fixa pode facilmente cortar o PET com precisão, como comprovado em teste realizado pelos alunos.



Fig. 2.2 – Guilhotina cortando PET

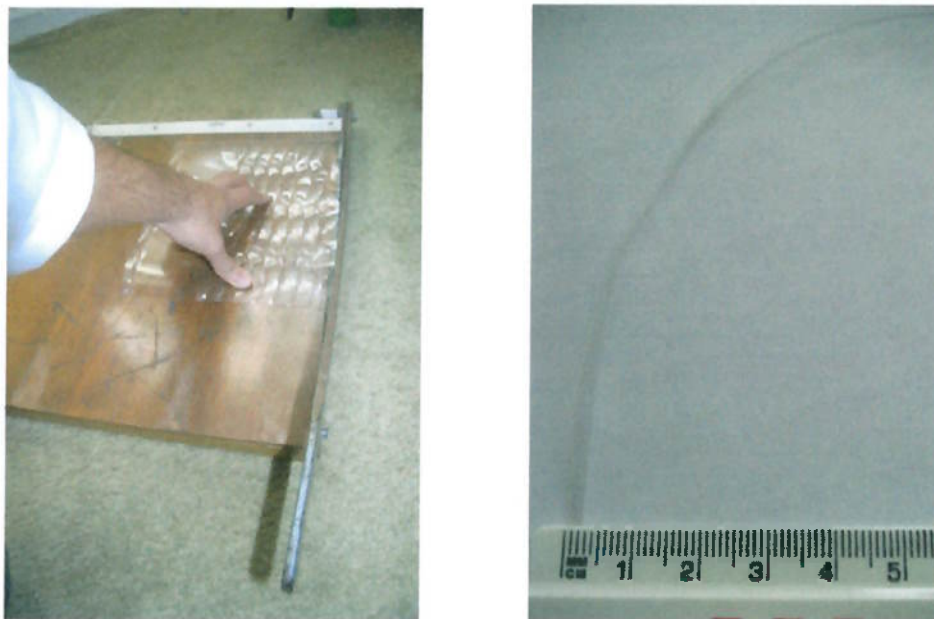


Fig. 2.3 e 2.4 – Detalhe do corte das imperfeições

Com os experimentos, o projeto ganhou duas guilhotinas como ilustrado esquematicamente na figura 2.5. A primeira (indicada pelo número 1) eliminaria as imperfeições da lateral da folha de PET, permitindo o avanço uniforme da mesma, balizada por uma guia. A segunda (número 2), por sua vez, definiria o esquadro da folha, efetuando um corte junto à frente de corte da folha de PET. O número 3 no desenho indica os discos de corte e o número 4 a mesa de fixação dos mecanismos.

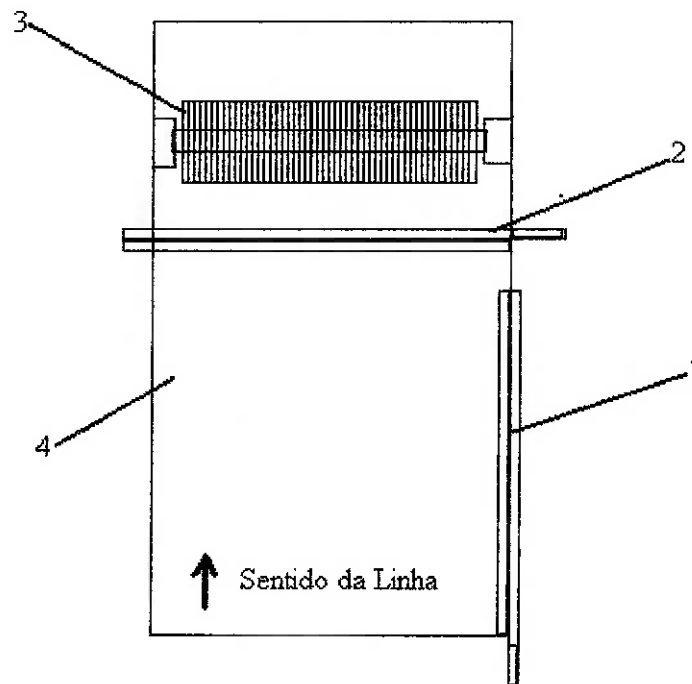


Fig. 2.5 – Esquema da disposição dos equipamentos sobre a mesa

2.3. Desenvolvimento do Mecanismo de Tratamento Térmico

Durante o segundo semestre de 2005, o foco do projeto foi voltado ao mecanismo que proporcionaria o tratamento térmico para as folhas de PET, eliminando possíveis ondulações e elevando a rigidez do material.

Da literatura pesquisada sobre o PET, Martinez (2000), o grupo utilizou como referência a Temperatura de Transição Vítrea (T_g) de 75 graus. Dessa forma, trabalhando o PET através de um meio aquecido entre 55 e 60 graus, aliado à compressão mecânica, poderia se atingir os resultados desejados, como comprovado através de ensaios realizados com água nesta faixa de temperatura.

Utilizando um rolo de macarrão sobre a folha de PET imersa em uma travessa com água por volta de 60 graus, verificou-se que foi possível eliminar a concavidade da folha de PET, proveniente de garrafa de Guaraná Antarctica.

Os rolos de compressão serão movimentados por um sistema de transmissão coroa – pinhão por correntes, e os mancais dos rolos serão externos ao banho para minimizar sua degradação. Para vedar essa interface, serão adotados selos mecânicos com faces de carvão e cerâmica, tipo 12 da Camp Selos, que trabalham até 80 graus, não dependem do sentido do giro.

2.3.1. Cálculo do Tempo de Banho do PET

Adotando como hipóteses:

- Folha de PET totalmente imersa;
- $T_{inicial} = T_{ambiente} = 20$ graus
- $T_{final} = 50$ graus
- $T_{\text{água}} = 60$ graus (uniforme)

Das dimensões da folha de PET, temos:

$$A_{PET} = 315 \times 200 = 63.000 \text{ m}^2$$

Efetuada o cálculo pela energia:

$$\dot{E}_{ac} = \dot{E}_{ef}$$

Considerando somente a convecção:

$$\dot{E}_{ef} = h.A.(T_s - T_{\infty})$$

$$\dot{E}_{ac} = d / dt.(\rho.T.c.V)$$

$$\text{Assim, } dT / dt = h.A.(T_s - T_{\infty}) / (\rho.c.V) \quad (1)$$

Sabendo ainda que:

- $A = 63.000 \text{ mm}^2$;
- $T_{\text{PETinicial}} = 25 \text{ graus}$;
- $T_{\infty} = 60 \text{ graus}$;
- $T_{\text{PETfinal}} = 50 \text{ graus}$;
- $V_{\text{pet}} = 31.500 \text{ mm}^3$;
- $\rho = 1,41 \text{ g/mL}$;
- $c = 1,25 \text{ kJ/kg.J}$.

O percurso da folha dentro da água aquecida é definido em 1400 mm e o tempo do banho em 30 segundos. Com o comprimento do PET de 200 mm, temos $Re = 18,81$ (regime laminar).

O número de Nusselt para esse valor do adimensional de Reynolds, com $Pr = 3,15$ é $Nu = 4,22$.

Considerando $k_{\text{água}} = 650.10.e-3 \text{ W/m.K}$, temos $h = 13,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$. Integrando numericamente a equação (I) com o software Microsoft Excel, tem-se 't' entre 10 e 15 segundos.

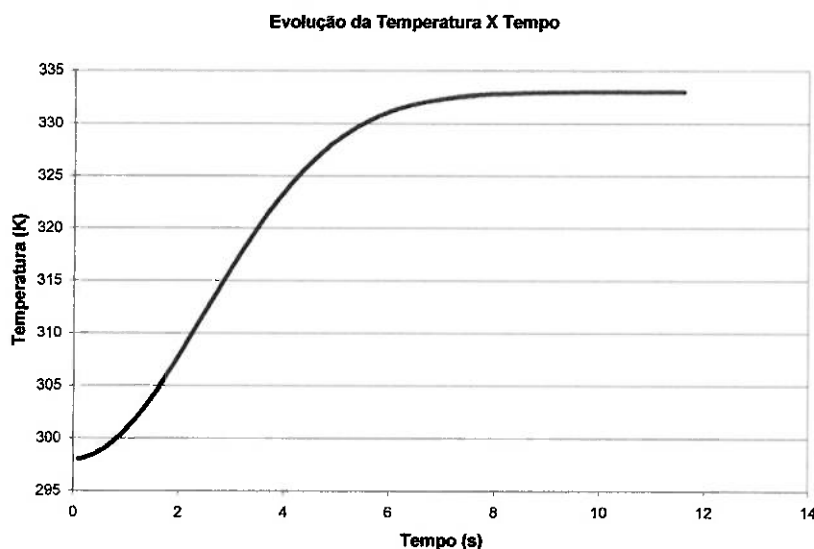


Fig. 2.6 – Gráfico da Integração da Equação (I)

Com rolos de compressão de 50 mm, o percurso da folha é reduzido para 600 mm, recalculando corretamente o número de Nusselt e reintegrando o tempo, tem-se 't' entre 10 e 12 segundos, ainda abaixo dos 30 segundos estimados.

Com a distância percorrida pelo PET e o tempo de banho temos a velocidade de avanço da folha:

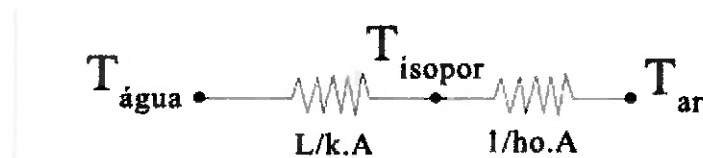
$$V = 600/30 = 20 \text{ mm/s}$$

E como $V = n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R$, onde R é o raio do rolo (25 mm), temos $n = 7,6 \text{ rpm}$.

2.3.2. Dimensionamento do Material Isolante

Hipóteses:

- Regime Permanente;
- Condução Unidimensional;
- Resistência de Contato desprezível;
- Temperatura do aço uniforme;
- Material – Isopor.



Sendo $T_{ar} = 25$ graus, $h_{ar} = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (convecção natural) e fazendo o balanço da energia e estimando uma temperatura máxima do isopor de 30 graus, vem:

$$(T_{\text{água}} - T_{\infty}) \cdot k/L = h(T_{\infty} - T_{ar})$$

Onde L é a espessura do material isolante. Com $k_{\text{isopor}} = 0,04 \text{ W/m.K}$, obtém-se $L = 10 \text{ mm}$.

2.3.3. Dimensionamento da transmissão dos rolos

Utilizando o sistema de corrente, movimentado pela potência excedente da motor, onde $n = 17,5$ rpm:

$$N = 17,5/7,6 = 2,3$$

Arbitrando $d_{\text{pinhão}} = 40$ mm, a força aplicada fica:

$$F = 2.P.n/d$$

Com $P = 110$ W, $F = 96$ kN. Portanto utilize-se uma corrente ANSI 100. Recalculando o diâmetro do pinhão:

$d = p/\text{sen}(180/N) = 44,9$ mm, onde N representa o número de dentes do pinhão e p o passo da corrente.

A coroa, considerando $N = 2,3$:

$$D = 2,3.44,9 = 103,3 \text{ mm}$$

$$\text{Recalculando, } D = p/\text{sen}(180/N) = 102,7 \text{ mm}$$

Os eixos dos rolos serão apoiados em mancais da série NSK 6302, montados externamente ao recipiente do banho, isolados da água por meio de selos mecânicos tipo 12 da Camp Selos, que suportam até 80 graus.

2.4. Desenvolvimento do Protótipo

Com o desenvolvimento dos cálculos, a montagem do primeiro protótipo do mecanismo para o corte das tiras teve início. Discos de zinco cortados no diâmetro de projeto, como mostra a figura 3.1, foram associados e fixados sobre um parafuso.



Fig. 2.7 – Disco de Zinco

Uma furadeira de uso doméstico foi utilizada como motor elétrico e assim realizou-se um experimento comprovando que a rotação de projeto (próxima a da furadeira) era suficiente para que os discos cortassem o PET.

O segundo passo foi elaborar uma mesa, sobre a qual foi montado um rolo para empurrar a folha de PET em direção aos discos e o eixo sobre o qual os discos foram fixados. É importante ressaltar que o protótipo foi elaborado com um número reduzido de discos, já que a principal função desta montagem foi verificar o funcionamento do mecanismo projetado.

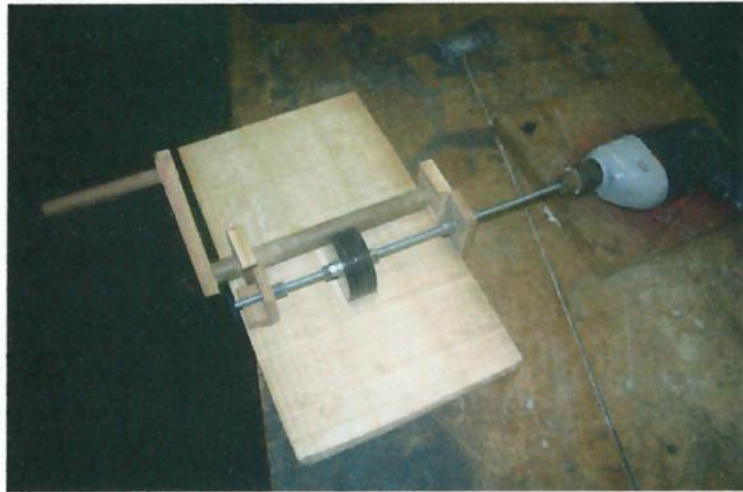


Fig. 2.8 - Protótipo

Durante os primeiros testes, foram obtidas fibras com muitas rebarbas e por vezes, algumas destas se enrolavam entre os discos de corte, travando o equipamento. Em relação às rebarbas, constatou-se que a melhoria do fio de corte dos discos minimizou este problema.



Fig. 2.9 – Fibras enroladas

O rolo responsável pelo avanço da folha mostrou-se ineficaz, uma vez que não proporcionou atrito suficiente. Contudo foi de grande utilidade durante os experimentos, impedindo o recuo das folhas, quando iniciados os cortes.

2.4.1. Problemas e Soluções

Dos problemas diagnosticados durante a avaliação do protótipo, a maior dificuldade foi lidar com o enrolamento de algumas tiras entre os discos de corte. Com o intuito de extinguir esta característica, elaborou-se um mecanismo que direcionasse as fibras durante o corte.

Utilizando cabos de aço, uma tela de dupla camada de cabos foi posicionada contra os discos, para que a folha de PET fosse inserida entre estes dois planos.



Fig. 2.10 - Detalhe da tela de cabos de aço

De fato, com a tela, as cerdas não enrolaram com o movimento dos discos. Contudo, a camada inferior não evitou que algumas tiras se prendessem na parte inferior do dispositivo. Neste contexto, continua sendo interessante a utilização de uma base sólida com sulcos, como projetado inicialmente.

Com a necessidade de aperfeiçoar tal mecanismo, outro material foi estudado para a fabricação desta peça, o PVC, cuja isotropia mostrou-se uma propriedade essencial para a sua função. Contudo, novamente, a não uniformidade exata dos discos e espaçadores revelou-se um grande empecilho na execução dos rasgos.

Além do PVC, Nylon também foi cogitado para compor este dispositivo. Ainda assim, os problemas de fabricação se mostraram semelhantes ao PVC, com dificuldade na execução dos rasgos por um processo padrão. As variações milimétricas implicam diretamente em atrito e problemas de montagem das peças.

Dessa forma, o projeto caminhou em direção a algum material que possibilidade a moldagem com o eixo dos discos finalizado. Testes estão sendo realizados com materiais moldáveis como argila em caráter experimental.

2.5. Desenvolvimento da Máquina Piloto

Após testes com o protótipo de máquina de cortar tiras de PET apresentado no primeiro semestre de 2005, foi iniciada a elaboração da máquina piloto, com dimensões e materiais de projeto. Com o apoio da Indústria de Máquinas Santa Terezinha – IMASTER, localizada em Atibaia, algumas peças estão sendo fabricadas.

Em meio aos equipamentos de estampagem da fábrica, foi encontrado o estampo ideal para o este projeto, com diâmetro de 70 mm. Os primeiros discos de corte foram estampados com algumas chapas de aço disponíveis. Com espessuras de 1,5 mm para aço carbono 1020 e 1,2 mm para aço inox, foram notadas deformações das chapas durante a estampagem.

A concavidade resultante poderia prejudicar a uniformidade da espessura entre as diferentes tiras. A utilização de chapas de espessura 0,91 mm foi testada, minimizando com sucesso a deformação nos discos e ainda, reduzindo a espessura das tiras para aproximadamente 2 mm.

Após este passo, foi executada a furação interna a estes discos, no diâmetro de 20 mm calculado para o eixo. Esse processo foi desenvolvido em outro estampo, usinando um rebaixo de 70 mm de diâmetro, servindo de gabarito para o posicionamento dos discos já cortados, centralizando o furo de 20 mm.



Fig. 2.11 – Discos de corte com separadores

Com os discos praticamente prontos, foram fabricados os espaçadores, montados entre cada disco de corte. Para esta peça foi aproveitado um disco de 30 mm, sobra do processo de fabricação de alguns itens produzidos na fábrica.

O reaproveitamento deste material possibilitou uma redução nos custos de fabricação, o que por sua vez implica diretamente no preço final da vassoura, mais detalhado na Análise da Viabilidade Econômica, documento anexo a este relatório.

Para que a montagem do eixo dos discos de corte fosse possível, foi projetado e executado um furo excêntrico nos discos, no qual será transpassado um vergalhão que proporcionará o intertravamento destes e ainda minimizará o enrolamento das tiras.

Apesar do projeto contemplar inicialmente travamento por pressão, os processos de fabricação disponíveis na fábrica da IMASTER provocaram uma tendência a esta modificação, técnica e economicamente.

3. RESULTADOS

Paralelamente a fabricação, um protótipo da vassoura ecológica foi elaborado, para que fosse possível visualizar o produto final e ainda analisar sua aceitação junto a consumidores em potencial.

Com tiras variando entre 2 e 4 milímetros de espessura, a primeira vassoura foi montada para uma visualizar mais detalhadamente o produto final que se deseja construir. A partir de uma base de madeira de 400 por 70 milímetros grupos de tiras foram montados sobre furações feitas na base. De 8 em 8 tiras, os conjuntos foram montados em posições ortogonais alternadas, visando melhorar a rigidez da totalidade de tiras da vassoura.



Fig. 3.1 - Grupos de tiras distribuídos ortogonalmente

Efetando um estudo mais profundo da quantidade de material utilizado para a fabricação dessa vassoura, chegou-se a um número de 9 garrafas utilizadas para preencher totalmente a vassoura com cerdas. Com o mesmo raciocínio chega-se a conclusão de que para se construir uma vassoura com dimensões de 500 por 70 milímetros (proposta inicial) será necessário um uso de 11,5 garrafas o que se encontra muito próximo ao estimado inicialmente que era um número de 10 a 15 garrafas por vassoura.

4. DISCUSSÃO

As primeiras impressões da vassoura protótipo fizeram com que os alunos percebessem a necessidade de buscar tiras mais estreitas, com no máximo 2 mm de espessura. Contudo a diminuição desta medida implica diretamente em maior complexidade do equipamento, com maior atrito e conseqüente torque sobre o eixo e geração de calor mais intensa.

Nesse mesmo ponto, tanto a fabricação do eixo dos discos, quanto a base e demais dispositivos tem seu grau de dificuldade elevado pela maior precisão que envolve estes processos.

Um problema crítico detectado durante os testes realizados com o protótipo, o enrolamento das tiras de PET, deve ser minimizado com o vergalhão excêntrico que trava os discos.

A ondulação das folhas de PET, proveniente do formato cilíndrico e irregular das garrafas, será eliminada com o processo de tratamento térmico desenvolvido e explicitado neste relatório. Dessa forma, a matéria-prima torna-se mais manuseável no processo de fabricação das tiras.

5. CONCLUSÕES

A construção de um protótipo que permitiu aos alunos identificar possíveis problemas, antes não detectados e ainda verificar algumas teorias aqui explicitadas. De maneira análoga, a elaboração e montagem das partes e componentes faltantes tem sido prova da funcionalidade do equipamento, bem como sua viabilidade.

Ao passo que os testes com o protótipo revelaram problemas que poderiam atrapalhar a fabricação seriada das tiras, a máquina-piloto vem sendo desenvolvida apoiada no projeto e ao mesmo tempo focada na solução destes problemas.

Neste momento, as atividades propostas pelo projeto inicial foram executadas com sucesso e já se iniciou uma segunda fase do projeto, com a fabricação da máquina-piloto de corte e em seguida o equipamento de tratamento térmico. Objetiva-se dessa maneira, desenvolver por completo as ferramentas necessárias para a fabricação e comercialização da vassoura ecológica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Starta. Empreendedorismo social: um outro mundo é possível. Agosto/2004. Disponível em <http://www.starta.com.br/informe/8/vassouras.asp>. Acesso em 28/04/2005.

Kaminski, PC. Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade qualidade, Editora LTC, São Paulo, 2000.

Shigley, J.E., Elementos de Máquinas, Editora LTC, 3.ª Edição, 1988.

Kalpakjian, Serope, Manufacturing processes for engineering materials, Editora Menlo Park, 3ª. Edição, 1997.

Manual de correias E.C. MULTI-V, Good Year, Catálogo

Apostila Mancais de Rolamento, Prof. Boris Zampese

Martinez, E.G., Reciclagem de garrafas PET para uso em fibras – estudo de propriedades; Trabalho de Formatura do Depto. de Eng. de Materiais da USP, 2000.

Incropera, DeWitt, Fundamentals of heat and mass transfer, Editora Wiley, 3.ª Edição, 1990.

SUMÁRIO

1. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	1
1.1. Desenvolvimento de Máquinas.....	1
1.2. Implementação do Projeto.....	1
1.3. Levantamento de Dados.....	2
1.3.1. Matéria-prima.....	2
1.3.2. Maquinário.....	3
1.3.3. Número de funcionários.....	3
1.3.4. Gastos Fixos.....	4
1.3.5. Embalagem e Frete.....	4
1.3.6. Mercado Potencial.....	5
1.3.7. Análise Financeira.....	6
1.3.8. Valor de revenda.....	7
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8

1. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Durante o mês de abril, o principal ponto abordado foi a Análise de Viabilidade Econômica do projeto. Foram levantados os custos de matéria prima junto a Cooperativas de reciclagem e ainda os preços de vassouras existentes no mercado, tanto das tradicionais feitas de piaçava, como algumas disponíveis em PET.

Com dados obtidos de cidades onde experimentos com vassouras PET foram realizados, foi possível estimar o potencial do mercado da região da Grande São Paulo, bem como investimento inicial e retorno de investimento. Estes valores serão abordados mais detalhadamente.

1.1. Desenvolvimento de Máquinas

Iniciaram em maio e se estenderam até o final de outubro de 2005 as atividades relacionadas à elaboração dos mecanismos necessários para o processo de confecção das vassouras PET. Esta etapa foi dividida em duas. Num primeiro momento foi projetado o mecanismo de corte das tiras e uniformização das mesmas. Posteriormente, em julho, as atenções caíram sobre a base das cerdas e o tratamento térmico que elas receberão.

1.2. Implementação do Projeto

Uma possível inserção do produto no mercado foi analisada durante o 2.o semestre de 2005, com a busca de parcerias e o desenvolvimento de uma Máquina-Piloto.

Em paralelo a estes tópicos foi desenvolvidos ao longo do ano os relatórios parcial e final e apresentações a serem avaliados.

1.3. Levantamento de Dados

1.3.1. Matéria-prima

Para o estudo de viabilidade econômica do projeto de uma máquina para a fabricação de vassouras a partir de garrafas PET foram levantados diversos dados como: preço de matéria prima, quantidade de matéria prima para a fabricação da vassoura, custo das máquinas, custo de mão de obra, entre outros.

Inicialmente foi efetuado o levantamento dos custos da matéria prima que será utilizada para a fabricação do produto final. Para isso foi feita uma cotação em diversas cooperativas que recolhem esse tipo de material, como a Reciclázaro.

Assim descobriu-se que o valor para compra desse tipo de plástico para uso final é de 1,50 reais. Outro valor que foi levantado é o preço de compra desse produto pela cooperativa, pois como irá ser descartada uma parte da garrafa, que não será útil para o projeto, esse material deverá ser reencaminhado para a cooperativa para que seja novamente encaminhado para reciclagem.

Para se conhecer o peso de material que será reencaminhado para o centro de reciclagem foi efetuado um teste manual no qual foram cortadas as tiras que servirão de cerdas para a vassoura e separado da parte que não será utilizada. Assim se obteve um peso de descarte de aproximadamente 30% do peso total da garrafa. Isso faz com que o preço real da matéria-prima fique menor.

Uma alternativa interessante seria compactar o material não utilizado, uma vez que neste formato ele é mais valorizado. Dessa forma, a implementação de um equipamento deste tipo está sendo analisada.

1.3.2. Maquinário

Após o levantamento de preço da matéria-prima, foi efetuado um estudo para se saber o valor de custo aproximado do maquinário que será utilizado para a fabricação da vassoura.

Considerando os custos de peças e mão de obra, foi possível estimar com maior precisão o custo real do investimento. Sendo um maquinário de pequeno porte, o preço total das máquinas que consistem em: uma “Cortadora de Cerdas”, uma “Aparadora de Cerdas”, uma máquina para tratamento térmico, será de aproximadamente três mil reais (R\$ 3.000,00), contra os dez mil reais estimados inicialmente.

1.3.3. Número de funcionários

Ainda foi estimado um número mínimo de funcionários que deverá compor a empresa para que possa ser fabricado o produto final. Portanto concluiu-se que deveria haver ao menos um operador por máquina, com exceção da máquina de tratamento térmico que poderá ser manipulada pelo operador menos carregado, pois essa operação deverá ser mais longa e produzir mais peças simultaneamente.

Portanto a empresa deverá contar com três operadores de máquinas mais um representante de vendas / secretária. O salário inicial estipulado é de 450,00 reais mensais para cada funcionário, totalizando um custo mensal com empregados de mil e oitocentos reais (R\$ 1.800,00).

1.3.4. Gastos Fixos

Também foi fixado um valor de gastos fixos como água, luz, gás, telefone e aluguel. Para isso foi considerado um galpão de pequeno porte, aproximadamente 50 m² na periferia da cidade de São Paulo, totalizando um aluguel de 500,00 reais mensais. Os gastos de água, luz, gás e telefone somariam uma quantia de 300 reais mensais, pois seriam apenas gastos locais exceto o telefone que seria utilizado para ligações comerciais.

1.3.5. Embalagem e Frete

Por último, foi efetuado um levantamento de custos de embalagem e de transporte. O custo de embalagem foi estimado em trinta centavos por vassoura. Essa embalagem seria apenas um logo da empresa que caracterizaria o produto.

Já o frete seria efetuado com veículo próprio, em uma média de entregas de dois dias por semana, que somaria um gasto de aproximadamente trezentos reais mensais, utilizando um carro a gás natural.

1.3.6. Mercado Potencial

Concluído o levantamento de custos de materiais e recursos humanos, iniciou-se a estimativa de mercado potencial para o produto. Para isso foi efetuado um estudo com cidades que já possuem esse tipo de produto, e a partir dos dados de vendas locais e dos dados da população atendida, foi efetuado uma estimativa do mercado potencial local.

A cidade consultada foi Ribeirão das Neves, localizada em Minas Gerais, que possui uma população de 300.000 habitantes e um mercado para esse tipo de produto de cerca de 7.000 vassouras mensais, onde já existe uma fábrica desse tipo de produto.

Assim, mantendo as mesmas proporções para se chegar a um número estimado grosseiramente, tem-se um mercado potencial de cerca de 400.000 vassouras mensais, estimando uma população de 1.700.000 habitantes para a cidade de São Paulo.

1.3.7. Análise Financeira

Com um número estimado de mercado potencial, iniciou-se o cálculo para se verificar qual seria a produção mínima que se deve ter para que se chegue em um investimento plausível.

Para isso foi efetuada uma simulação no Software Excel, estipulando uma fabricação de 12 vassouras por hora contando com três funcionários operantes. Foi assumido que será utilizado um total de vinte garrafas PET por vassoura, somando ainda um cabo de vassoura que tem um custo de aproximadamente 0,30 reais e um suporte para as cerdas que custa aproximadamente 0,50 reais.

Consolidando essas informações, chega-se a uma produção de 1.920 vassouras por mês, que significa 0,5% do mercado potencial estimado, obtendo um faturamento mensal de 13.200 reais (158.400,00 reais anuais). Somando-se os custos, tem-se um valor de 8.276 reais mensais mais 3.154,80 reais de impostos (SIMPLES, IPI e ICMS).

Efetuando-se o cálculo da taxa interna de retorno (TIR) do investimento acima descrito, para um horizonte de 2 anos, considerando um crescimento hipotético mínimo de 1 % ao mês, temos um valor de 4,9 % ao mês. Esse valor anualizado seria de 77,2% considerando juros simples, o que seria bem acima do valor de juros pagos pelo governo (17% aa), caracterizando assim um bom investimento.

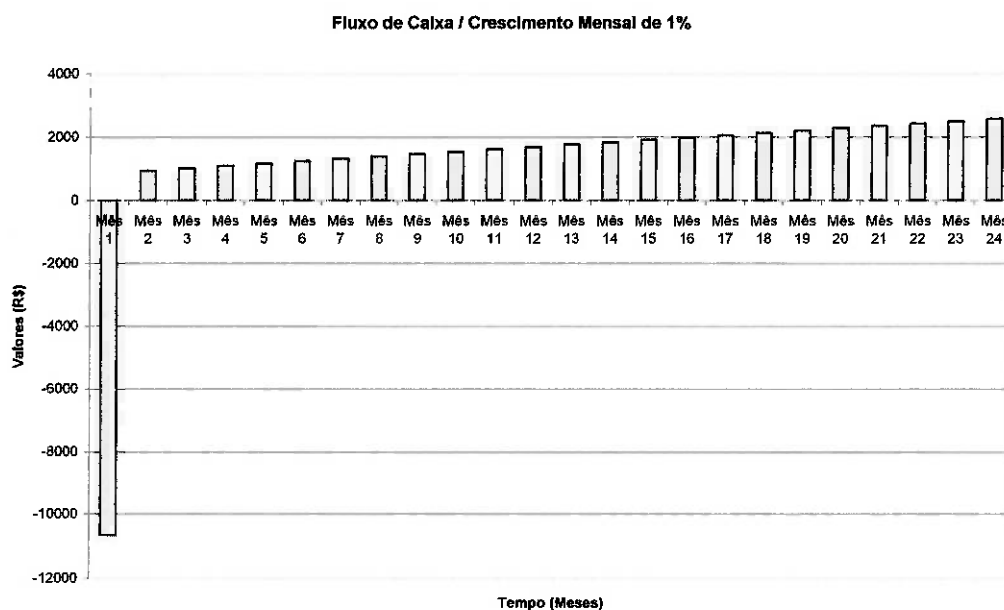


Figura 1.1- Fluxo de caixa em dois anos

1.3.8. Valor de venda

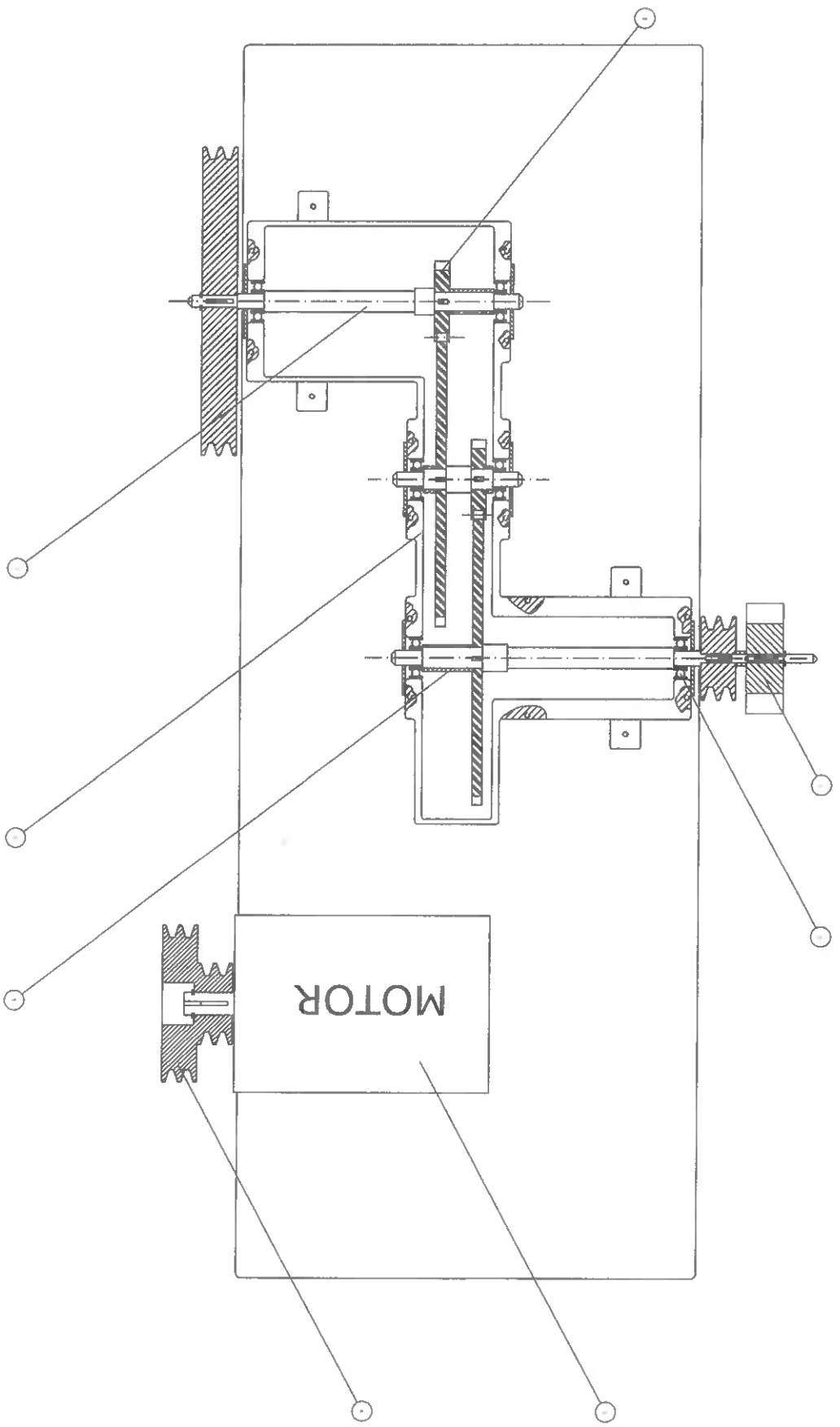
Sendo assim, o custo final da vassoura seria de 2,54 reais. Considerando uma margem alta de 100%, para cobrir eventuais compensações erros de estimativas, o preço final da vassoura seria de 5,08 reais, o que estaria dentro do preço de mercado que atualmente está em torno de 5,00 a 7,00 reais para uma vassoura comum.

Um fator de grande relevância para esse produto é que sua vida útil é aproximadamente dez a quinze vezes superior a uma vassoura comum de piaçava.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

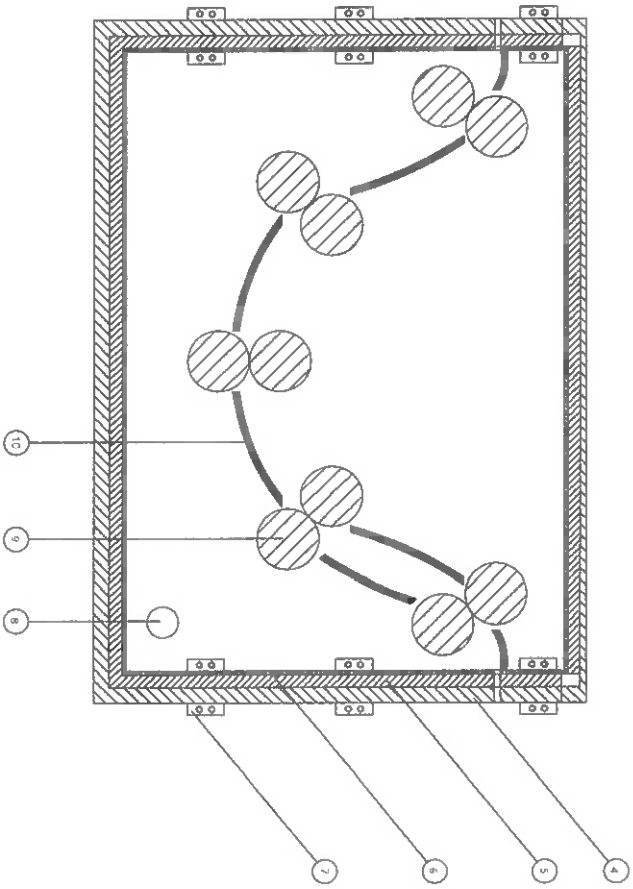
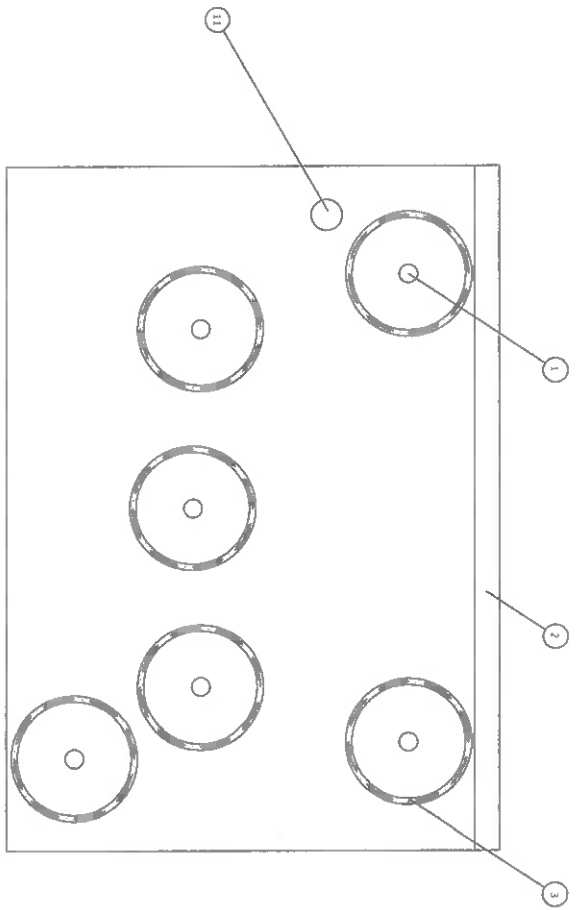
Starta. Empreendedorismo social: um outro mundo é possível. Agosto/2004. Disponível em <http://www.starta.com.br/informe/8/vassouras.asp>. Acesso em 28/04/2005.

Kaminski, PC. Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade qualidade, Editora LTC, São Paulo, 2000.



Q.º	Descrizione	Q.º	Descrizione
1	Albero motore	1	Albero motore
2	Albero di trasmissione	2	Albero di trasmissione
3	Albero di uscita	3	Albero di uscita
4	Albero di uscita	4	Albero di uscita
5	Albero di uscita	5	Albero di uscita
6	Albero di uscita	6	Albero di uscita
7	Albero di uscita	7	Albero di uscita
8	Albero di uscita	8	Albero di uscita

Nota: Questo disegno è un'opera d'arte e non deve essere riprodotto o copiato senza permesso scritto dalla casa editrice.



Nº	DESCRIZIONE	MATERIALE	Q.TA.	UNITA'	REMARKS
1	TELA ESTERNA	COBRE			
2	TELA INTERNA	ACQUA			
3	SOLO INTERNO	ACQUA			
4	TELA ESTERNA	ACQUA			
5	TELA INTERNA	ACQUA			
6	TELA ESTERNA	ACQUA			
7	TELA INTERNA	ACQUA			
8	TELA ESTERNA	ACQUA			
9	TELA INTERNA	ACQUA			
10	TELA ESTERNA	ACQUA			
11	TELA INTERNA	ACQUA			

NOME: _____
 DATA: _____
 AUTORE: _____
 VERIFICATO: _____
 APPROVATO: _____
 MATERIALI: _____
 Q.TA.: _____
 UNITA': _____
 REMARKS: _____