

Desenvolvimento da concepção de uma máquina compactadora de resíduos vegetais para produção de briquetes

Flávio Zorzan (FAHOR) fz000872@fahor.com.br

Jaime S. Pinto (FAHOR) jp000876@fahor.com.br

Jeferson H. Paz (FAHOR) jp000535@fahor.com.br

Michael E. Pasa (FAHOR) mp000966@fahor.com.br

Cesar Antônio Mantovani (FAHOR) cesar@fahor.com.br

Resumo

Este artigo apresenta os resultados do desenvolvimento da concepção de uma máquina para a compactação de resíduos vegetais, conceito esse desenvolvido na disciplina de Projeto de Máquinas Agrícolas I do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina. Além da descrição das diversas etapas da fase de projeto conceitual, apresentam-se os resultados obtidos no processo de projeto bem como a descrição de equipamentos semelhantes que vem sendo utilizados. Utilizando-se de uma metodologia de projeto de produto, o artigo apresenta os passos realizados pelo grupo de projeto afim de obter o novo conceito, conceito esse obtido a partir das necessidades apontadas por possíveis clientes do produto.

Palavras chave: Briquetagem, Compactação, Princípios de Solução, Concepção.

1. Introdução

Ainda no século vinte e um o consumo de lenha no Brasil permanece em constante crescimento, chegando a representar 95% da fonte de energia, pois se trata de uma alternativa de baixo custo, e não requer processamento antes do uso. Como consequência é parte significativa da base energética em países em desenvolvimento (UHLIG, 2008).

Apesar de todas as campanhas pela redução do uso da lenha como fonte de energia seu consumo ainda é considerado relevante em comparação a outras fontes de energia. A busca por fontes alternativas vem sendo disseminada e ações nesse sentido devem ser incentivadas. Uma das alternativas que se sobrepõe a outras possíveis é a utilização de resíduos vegetais ligno-celulósicos em substituição a lenha.

A falta de mudanças de hábitos é uma das responsáveis pela manutenção da prática da queima de lenha. Essa mudança se deve em parte ao custo elevado da energia elétrica e do GLP (gás liquefeito de petróleo), Por essa razão, Quirino (2001) relata

outro produto equivalente em substituição a lenha, resultante do processo de compactação de resíduos vegetais em geral (casca de arroz, serragem, bagaço de cana, etc.) para obtenção de briquetes de qualidade energética até superior.

Esta técnica de compactação de resíduos vegetais para uso energético, segundo Quirino (2001) é pouco conhecida e utilizada no Brasil, por consequência disto, apenas grandes empresas detentoras de grandes equipamentos de compactação se beneficiam desta técnica.

Com o propósito de oferecer uma alternativa de máquina na produção de briquetes, desenvolveu-se o projeto de concepção de uma máquina compactadora de resíduos vegetais para produção de briquetes, que poderá ser útil em propriedades rurais, por exemplo.

O objetivo deste artigo é apresentar a concepção e os passos realizados na fase de projeto conceitual, de maneira lógica e sucinta, de um compactador de resíduos. Dentre os passos destaca-se a apresentação da estrutura funcional do novo produto, a busca por princípios de solução para cada função, a combinação dos princípios de solução e a seleção do melhor conceito. Para tanto, o artigo apresenta por primeiro considerações a respeito dos princípios da briquetagem e equipamentos existentes para esta função. Na sequência, além da metodologia utilizada no projeto, apresentam-se os resultados e, por último, a discussão desses resultados.

2. Revisão da Literatura

2.1 A briquetagem no Brasil

Atualmente o Brasil passa por um cenário em que vários processos tecnológicos de geração de energia são investigados, buscando atender à crescente demanda. Neste contexto, um importante papel é atribuído as fontes de energias renováveis, entre elas cabe ressaltar a reutilização da biomassa vegetal (resíduos ligno-celulósicos) no processo de briquetagem (MORAIS, 2007).

Uma das técnicas empregadas para o aproveitamento de resíduos ligno-celulósicos como forma de combustível é a sua densificação, denominada briquetagem. A briquetagem é um processo de compactação de resíduos agrícolas e industriais que consiste na aglomeração de partículas finas por meio de pressão, com auxílio ou não de aglutinantes, permitindo a obtenção de um produto não só compactado, mas com formas, tamanhos e parâmetros mecânicos adequados (MORAIS, 2007).

Conforme CETEM apud Mota (2004), a briquetagem teve origem na Europa, já no Brasil as primeiras iniciativas de utilização deste processo, acorreram em meados da década de 60, na Companhia Siderúrgica Belgo Mineiro do estado de Minas Gerais, com a instalação de um equipamento da empresa alemã Humboldt.

De acordo com Quirino (2000), “A técnica de compactação de resíduos para uso energético ainda é pouco conhecida e pouco utilizada no Brasil”. De certa forma, o reaproveitamento de biomassa necessita de maior atenção ao incentivo da produção e desenvolvimento de equipamentos.

2.2 Processo de compactação de briquete

Na fabricação de briquete, as matérias-primas utilizadas podem ser: serragem, maravalha, casca de arroz, palha e/ou sabugo de milho, bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, café entre outros, obtendo-se briquetes com qualidade superior, (QUIRINO, 1991). O processo de compactação consiste na aplicação de pressão em uma massa de partículas dispersas com objetivo de torná-las um sólido geométrico compacto de alta densidade.

Gentil apud Pereira (2006), complementa que para reduzir os custos de produção e suavizar a briquetagem, podem ser incluídas outras matérias-primas, em porcentagens variáveis de 10% a 25% de teor de silício. Estes produtos podem favorecer a briquetagem, gerando menor atrito na briquetadeira dando-lhe maior vida útil.

Segundo Grover apud Felippetto (1996), existem vários mecanismos que permitem a ligação entre as partículas da biomassa compactada, e geralmente todos eles colaboram para obter a resistência e a coesão final do briquete. Podem-se citar a ação de aglutinantes (já presentes na matéria-prima ou adicionados), as forças de Van Der Waals, as forças de valência e o emaranhamento (entrelaçamento) entre partículas. BIOMAX (2010), relata que a pressão e o aquecimento provocam a "plastificação" da lignina, substância que atua como elemento aglomerante das partículas dos resíduos de madeira, uma razão muito importante da não necessidade de adicionar produtos aglomerantes (resinas, ceras, dentre outros) em determinados resíduos.

Ainda conforme os autores, os compostos ligantes que já estão presentes na matéria-prima podem ser ativados pelas elevadas pressões e temperaturas alcançadas no processo de compactação. Pode ser o caso da lignina, presente nas células da biomassa, que amolece entre 100 e 190 °C e age como uma cola entre as partículas. Os mecanismos de emaranhamento e a ativação de forças de valência e de Van Der Waals acontecem pela forte aproximação e deformação das partículas provocada pelas pressões de compactação. Mesmo depois da compactação, as partículas da matéria-prima ainda são perceptíveis.

2.3 Princípios básicos de equipamentos de compactação

Segundo Quirino (2001), alguns equipamentos ou princípios básicos de compactação existentes no mercado mostram-se muito eficientes, porém são equipamentos industriais pesados, grandes e voltados à alta produtividade, tais como: extrusoras de pistão mecânico, extrusoras de pistão hidráulico, extrusoras de rosca sem fim, ou ainda peletizadoras.

Gentil (2008), relata que o tipo mais utilizado no Brasil é a prensa extrusora de pistão mecânico, geralmente pesando de seis a dez toneladas, constituída de um pistão de aço horizontal pulsante de movimentos alternativos, sendo ligado excentricamente a um virabrequim e este acoplado a um volante. Quirino (2001), ainda enfatiza que esta é uma tecnologia desenvolvida desde o princípio do século vinte e bastante conhecida no mundo. A figura 1, mostra uma perspectiva externa de

uma máquina extrusora de pistão mecânico.

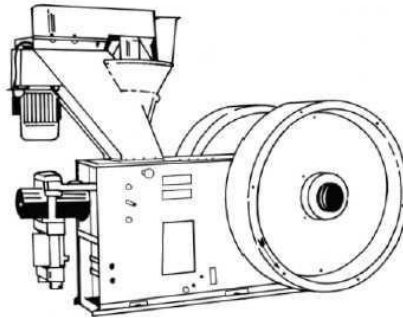


Figura 1 – Prensa extrusora de pistão mecânico. Fonte: Quirino (2001).

Para Quirino (2001), a prensa extrusora de rosca sem fim é um processo muito usado para resíduos, no exterior, apresentando excelentes resultados. Seu princípio mecânico é semelhante às marombas da indústria cerâmica, sendo de fácil manutenção e investimento favorável se comparado à outros tipos produzidos no exterior. A figura 2, mostra uma vista frontal em corte do princípio básico de uma máquina extrusora de rosca cônica.

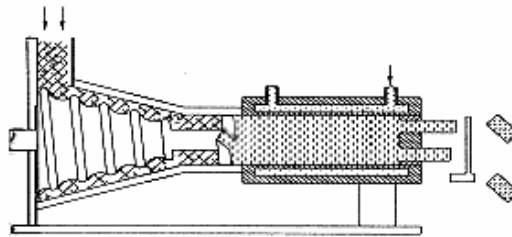


Figura 2 – Prensa de parafuso cônico. Fonte: Walbert chrisostomo (2010).

Outro equipamento que usa um pistão, porém este acionado hidráulicamente, é a extrusora de pistão hidráulico. Onde o material a ser compactado é alimentado lateralmente por uma rosca sem fim e uma peça frontal ao embolo abre a expulsa o briquete quando se atinge a pressão desejada (QUIRINO, 2001). A figura 3, mostra a imagem de uma extrusora de pistão hidráulica fabricada no Brasil.



Figura 3 – Prensa extrusora hidráulica. (Fonte: TECNOBRIQ).

Outra máquina segundo Quirino (2001) é a peletizadora, que tem o princípio de funcionamento dos equipamentos de produção de ração animal, onde há necessidade de injeção de vapor para aquecer e corrigir a umidade, também operando pelo processo extrusivo. Sendo que este equipamento vem sendo experimentado para compactação de resíduos com resultados razoáveis. A figura 4,

mostra uma vista funcional do princípio básico de uma peletizadora de ração animal.

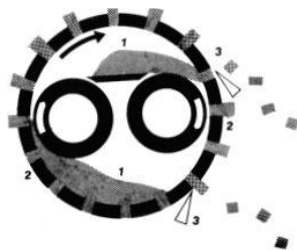


Figura 4 – Peletizadora de ração animal testada para resíduos. Fonte: Quirino (2001).

3. Métodos e Técnicas

A exemplo de Back apud Mantovani (2011), que considera o projeto de engenharia como uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente aquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura. Este trabalho, do desenvolvimento da concepção de uma máquina compactadora de resíduos vegetais para a produção de briquetes, teve como base metodológica o projeto conceitual, abstraído do modelo de fases de projeto do produto, onde este último, segundo Mantovani (2011), tem como característica o aumento de conhecimento a cada fase, tanto do problema quanto da solução.

Segundo Amaral et al (2006), no projeto conceitual, a definição da estrutura de funções do produto, propõem vários princípios de solução, aonde uma combinação destes princípios vem a possibilitar que várias alternativas de solução sejam criadas, logo, uma ou mais pode ser selecionada. Para cada uma dessas alternativas geradas, é definida uma arquitetura que contém a estrutura do produto em termos de componentes e suas conexões. Estas arquiteturas vem a dar origem às concepções do produto, agregando informações de estilo e de possíveis fornecedores, devendo ainda, dentre estas concepções, apontar a que melhor atende as especificações-meta e a outros critérios de escolha.

4. Resultados e discussões

Os dados que alimentaram esta fase de projeto foram as especificações do novo produto, Eco-Compactador, resultantes de sua fase de projeto informacional não relatada neste artigo, sendo estas especificações, os objetivos derivados das necessidades e dos desejos dos clientes do produto.

A função global, “compactar os resíduos em forma de tarugos”, foi definida como sendo o ponto de partida ao desenvolvimento da concepção da máquina em questão. Esta definição auxiliou no desenvolvimento da sinterização do que realmente se espera desta máquina, conforme mostra a figura 5.

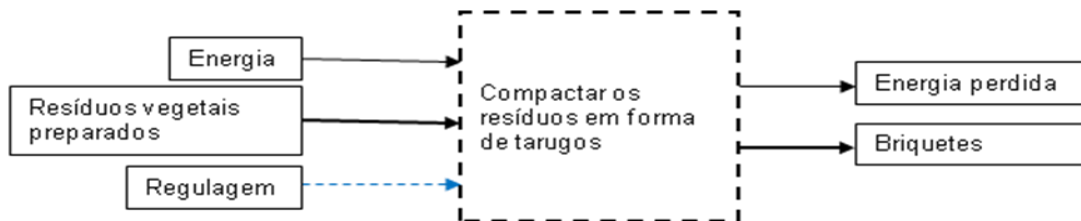


Figura 5 – Diagrama representativo da função global para a concepção da máquina de briquetes.
Fonte: Adaptado de Amaral et al (2006).

De posse desta sinterização, foi realizado o desdobramento da função global (Figura 6). Neste diagrama, foram adicionadas as estruturas funcionais alternativas de armazenar, conduzir, compactar e retirar da câmara, sendo estas funções concensadas como elementares ao atendimento global da máquina.

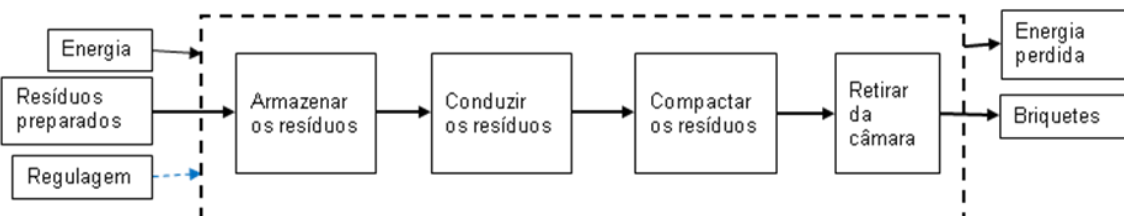


Figura 6 – Primeiro desdobramento da função global “compactar os resíduos em forma de tarugos”.

Após o desdobramento da função global, foram adicionadas ainda as funções auxiliares de acionar mecanismos e sincronizar movimentos. Assim, foi desenvolvida a estrutura funcional em primeiro nível, conforme figura 7.

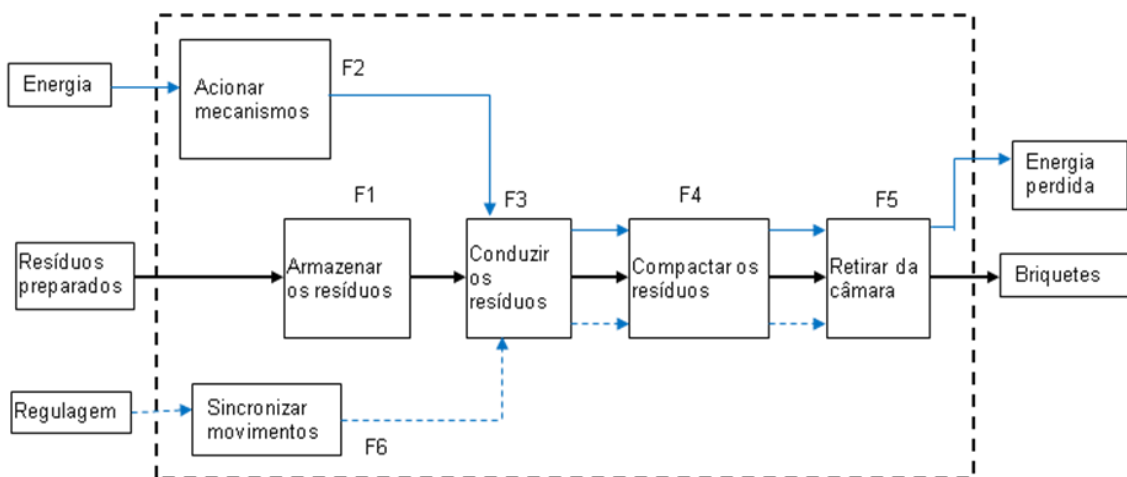


Figura 7 – Estrutura Funcional – Primeiro nível de desdobramento.

Em seguida, foi realizado um novo desdobramento, obtendo-se assim, um segundo nível de complexidade para a estrutura funcional (Figura 8).

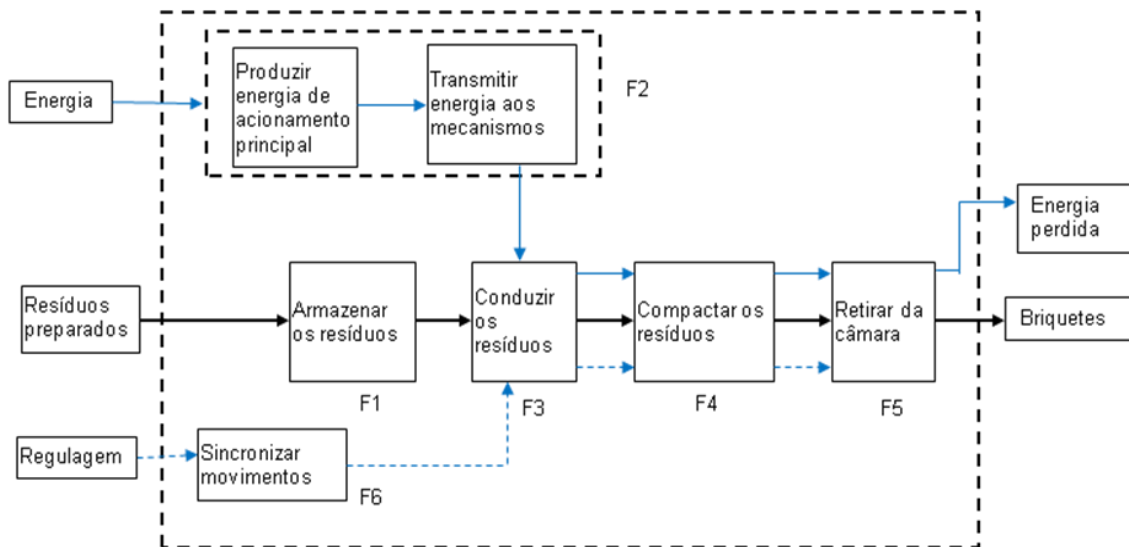


Figura 8 – Estrutura Funcional – Segundo nível de desdobramento.

Os desdobramentos expostos acima, permitiram a subdivisão da função global, e com isso, possibilitou a busca pelos princípios de solução. Segue no quadro 1, a matriz morfológica elaborada com as alternativas de solução geradas para se chegar a uma concepção da máquina, onde para cada uma das funções da estrutura funcional definidas anteriormente, foram atribuídos um ou mais princípios de solução.

FUNÇÕES	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO				
F1 - Abastecimento dos resíduos preparados					
F2.1 - Mecanismo de acionamento principal					
F2.2 - Mecanismo de transmissão de energia					
F3 - Mecanismo de condução dos resíduos					
F4 - Mecanismo de prensagem					
F5 - Mecanismo de retirada do tarugo					
F6 - Regulagem de sincronia dos acionamentos					

Quadro 1 – Matriz morfológica. Fonte: Equipe Projeto Eco-Compactador (2011).

Depois da obtenção desses princípios de solução, foram feitas algumas combinações dessas soluções em cada coluna, para o atendimento da função global. Assim, a matriz morfológica a seguir (Quadro 2), apresenta cinco possíveis combinações, ordenadas em suas colunas por ordem de melhor configuração das soluções, de maneira que cada uma atenda a função global da máquina. Pode-se observar ainda, que muitos princípios de solução precisam uns dos outros para o funcionamento adequado, porém, algumas funções elementares não se tornam necessários dependendo da alternativa de solução definida.

FUNÇÕES ELEMENTARES	ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO				
	1	2	3	4	5
F1 - Abastecimento dos resíduos preparados					
F2.1 - Mecanismo de acionamento principal			 <small>Credito: Nissan Karvud</small>		
F2.2 - Mecanismo de transmissão de energia					
F3 - Mecanismo de condução dos resíduos					
F4 - Mecanismo de prensagem					
F5 - Mecanismo de retirada do tarugo					
F6 - Regulagem de sincronia dos acionamentos					

Quadro 2 – Alternativas de soluções para o processo de adequar a pressão sobre os resíduos. Fonte: Equipe Projeto Eco-Compactador (2011).

Com a ajuda de uma matriz de avaliação, a coluna de número 1 foi a variante que teve o maior *score*, e com este resultado, esta coluna foi definida como a concepção mais adequada para a máquina em questão. De posse destas informações, foram elaborados alguns desenhos preliminares que apresentam a concepção resultante do desenvolvimento desse trabalho.

Conforme apresentado abaixo (Figura 9), a máquina compactadora de resíduos vegetais para a produção de briquetes, será acionada por um motor elétrico (1), o qual transmite movimento mecânico pela transmissão polias e correias (2) ao fuso principal (sem-fim), como os resíduos que são armazenados no reservatório (3) ficam dispostos diretamente em contato com o sem-fim (4), este fica responsável pela condução e compactação do resíduo no interior do redutor de saída (5) e em seguida o briquete é expulso por extrusão.

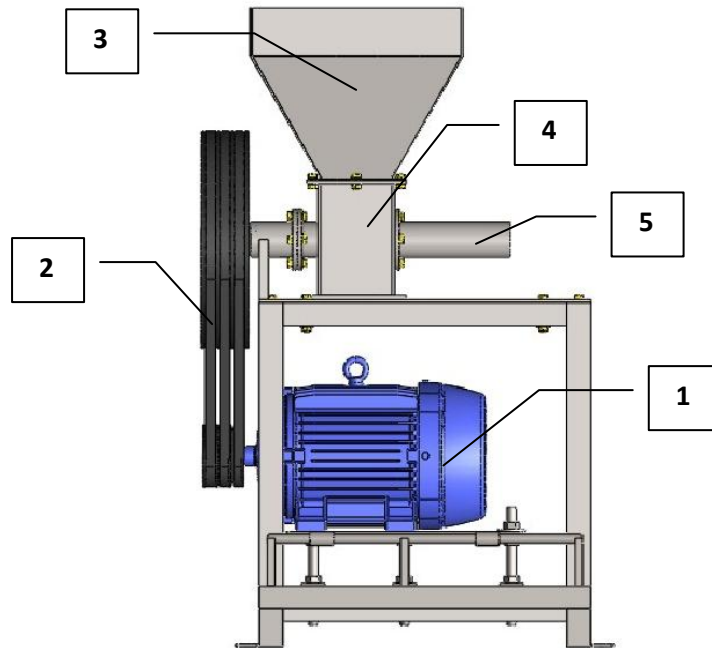


Figura 9 – Identificação das partes externas do esboço Eco-compactor. Fonte: Equipe de Projeto (2011).

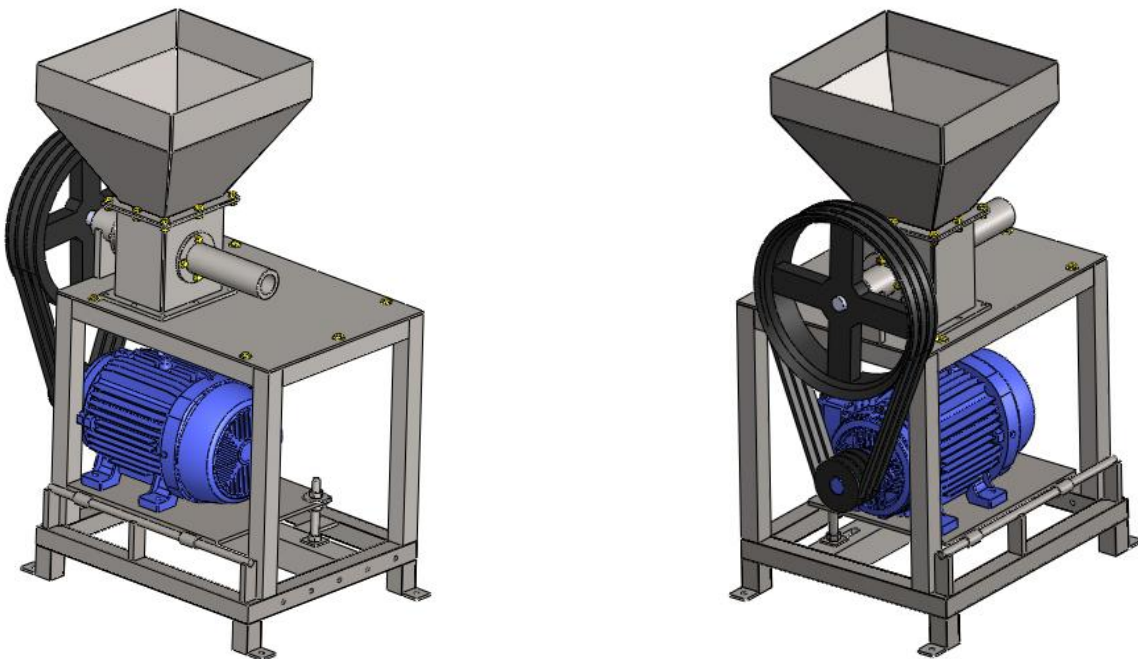


Figura 10 – Esboço Eco-compactor. Fonte: Equipe de Projeto (2011).

A concepção da máquina compactadora de briquetes alcançada neste trabalho (Figura 10), tem como resultado uma estrutura funcional de forma bem simplificada, que atende a função global de “compactar os resíduos em forma de tarugos”.

5. Conclusões

Deve-se destacar o despertar à necessidade de melhorar a utilização de recursos naturais como fontes de energia, pois a necessidade do país pelo desenvolvimento de projetos inovadores é a razão apregoada por cientistas, pesquisadores e dirigentes de políticas governamentais, este artigo é o resultado de um trabalho realizado no curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina.

Na etapa de desenvolvimento da estrutura funcional, buscou-se uma subdivisão simplificada, objetivando não se a ter em pequenos detalhes. Ainda assim, possibilitou vários princípios de solução, que permitiram pelo menos cinco combinações diferentes neste artigo e, gera a percepção de muitas outras possíveis variáveis de combinações.

No que se refere a concepção mais adequada, definida por uma matriz de avaliação, esta se apresenta de forma vantajosa para o projeto da máquina, pois seus componentes não são muito complexos, facilitando a escolha de seus fornecedores e a manutenção do produto final.

Embora escolhida a melhor combinação para a definição da concepção, ressalta-se que as demais alternativas de soluções, merecem ser pesquisados em outros trabalhos científicos para melhor explorar estas possíveis configurações em outras aplicações, que venham atender uma demanda diferenciada desta selecionada.

Finalizando, espera-se que o presente artigo venha se constituir numa interessante contribuição para as soluções de engenharia criadas em benefício ao meio ambiente. Fazendo este, servir de referência para a elaboração de conceito de outros produtos e, ao mesmo tempo, sirva como elemento motivador com respeito a disseminação do uso de metodologias projetuais no desenvolvimento de produtos.

6. Referências

AMARAL, ET AL. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo. Editora: SARAIVA. 2006.

BARBOSA, **Utilização de Tanino e Derivados Ligno-Celulósicos na Preparação de Areias de Fundação e de Briquetes de Resíduos Vegetais**. Disponível em:

<<http://www.if.ufrj.br/pgcaf/pdfdt/Dissertacao%20Joao%20Carlos.pdf>> Acesso em: 15 Set 2011.

BIOMAX, **Briquetagem**. Disponível em: <<http://www.biomaxind.com.br/site.html>> Acesso em: 3 Set 2011.

CARVALHO ET AL, **Briquetagem**. Disponível em: <

<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2004-190-00.pdf> > Acesso em: 24 Mar 2011.

CHRISOSTOMO, **Compactação de Resíduos Ligno-celulósicos para Utilização Como Combustível Sólido**. Disponível em: <

http://engenhariadeenergia.net/Material_%20Palestras/Palestra_Walbert%20Chrisostomo.pdf >
Acesso em: 31 Mar 2011.

FELIPETTO, Briquetagem de Resíduos Vegetais: Viabilidade Técnico Econômico e Potencial de Mercado. Disponível em:
<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000430136&fd=y>> Acesso em: 08 Set 2011.

FURASTE; Normas técnicas para o trabalho científico. Porto Alegre. Editora: Brasul Ltda. 15ª Ed. 2009.

GENTIL, Tecnologia e Economia do Briquete de Madeira. Disponível em: <
http://efl.unb.br/tese/Luiz_Vicente_Gentil.pdf > Acesso em: 24 Mar 2011.

MANTOVANI, Metodologia de Projeto de Produto. Horizontina: Fahor, 2011.

MARCHIORI, Aproveitamento de Resíduos de Madeira para Confeção de Briquetes. Disponível em: <
<http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Monografia%20Julio%20Marchiori.pdf> > Acesso em: 31 Mar 2011.

MORAIS ET AL, Briquetes de Resíduos Ligno-Celulósicos como Potencial Energético para a Queima de Blocos Cerâmicos: Aplicação em uma Indústria de Cerâmica Vermelha que Abastece o Distrito Federal. Disponível em: <
<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Briquetes-De-Res%C3%ADduos-Ligno-Celul%C3%B3sicos-Como-Potencial/49748.html>> Acesso em: 09 Set 2011.

MOTA, Utilização do Linter Hidrolisado como Fonte de Energia. Disponível em: <
<http://www.academicoo.com/artigo/utilizacao-de-linter-hidrolisado-como-fonte-de-energia>> Acesso em: 23 Set 2011.

QUIRINO ET AL, Características e Índice de Combustão de Briquetes de Carvão Vegetal. Disponível em: <
<http://www.funtec.org.br/arquivos/indice.pdf> > Acesso em: 24 Mar 2011.

QUIRINO, Briquetagem de Resíduos Ligno-Celulósicos. Disponível em: <
<http://www.funtec.org.br/arquivos/briquetagem.pdf> > Acesso em: 24 Mar 2011.

QUIRINO, Utilização Energética de Resíduos Vegetais. Disponível em: <
<http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/aproveitamento.pdf> > Acesso em: 24 Mar 2011.

UHLIG, Lenha e Carvão Vegetal no Brasil: Balanço Oferta-Demanda e Métodos para a Estimação do Consumo. Disponível em :<
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/td-14052008-113901/pt-br.php> > Acesso em: 03 Out 2011.

VALIN ET AL, Estudo das Propriedades Físicas e Mecânicas em Briquetes de Resíduos Ligno-Celulósicos. Disponível em: <
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/874079/1/14710.pdf> > Acesso em: 14 Abr 2011.