

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

PROJETO ESTRUTURAL DE UM MOLDE BRIQUETADOR

Saulo Henrique dos Santos Esteves, sauloceara@gmail.com¹

João Vitor da Silveira Nunes, jvitornunes@bol.com.br¹

Emanuel David Vasconcelos de Andrade, emanueldrade@gmail.com²

Maria Alessandra de Sousa Rios, alexsandrarios@ufc.br¹

¹Universidade Federal do Ceará, Campus Universitário do Pici, s/n - Pici, Fortaleza - CE, 60455-900.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Fortaleza, Av. 13 de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, CEP 60040-531.

Resumo: O planeta vem passando por um aumento de sua temperatura média, provocado pelo efeito estufa. Em virtude desse fenômeno, cresce a preocupação com o dano ambiental já gerado e há uma maior coordenação internacional de ações e monitoramento das emissões de carbono. A flora contribui para o sequestro desse elemento, pois, em sua formação, os vegetais são constituídos majoritariamente dele e também precisam absorver gás carbônico no processo de fotossíntese. As briquetadeiras são uma importante tecnologia para a produção de biocombustíveis sólidos a partir de rejeitos de biomassa de origem vegetal, evitando o uso de carvão vegetal e o desmatamento provocado. Objetivou-se projetar e dimensionar estruturalmente um molde briquetador de uma prensa em escala de bancada. A técnica utilizada nesse processo foi a análise estática computacional. Foi aplicado o programa de desenho assistido por computador – CAD tridimensional Solidworks. Inicialmente, o molde foi desenhado por meio da modelagem 3D. Em seguida foram analisadas estaticamente diversas dimensões e materiais para os elementos do molde. Essas análises foram feitas no módulo de simulação do programa usado. As variáveis de entrada analisadas foram: diâmetro externo do molde, formato e tamanho dos entalhes para o escape de gases gerados no processo, tamanho do briquete a ser produzido, força aplicada na compressão da matéria orgânica, dimensão da malha de simulação e limite de escoamento do material a ser aplicado. A variável de saída buscada era a tensão de Von Mises sobre o material. Esta era comparada com a tensão de escoamento, sendo considerado aceitável quando o material não deformava em sua zona plástica. Por fim, era calculado o fator de segurança. A configuração selecionada foi o material de aço 1045, limite de escoamento de 530 MPa, diâmetro externo da barra de 63 mm, diâmetro e altura do briquete de 25mm x 100 mm, força de formação de 15 toneladas e malha de simulação de 3 mm. A tensão de Von Mises encontrada foi de 246,9 MPa, gerando um fator de segurança de 2,146. Algumas simulações geraram deformações permanentes e foram sumariamente rejeitadas. Outras configurações permaneceram dentro da zona elástica, contudo, também foram rejeitadas, pois precisariam de diâmetros muito grandes, tornando desinteressante sua relação de custo/benefício. Um caso significativo foi uma barra de 2" (50mm) com os outros parâmetros iguais aos da barra selecionada para o projeto. Apesar de ter um fator de segurança maior que 1 (1,786) e ser mais barato, o molde poderia fragilizar-se em virtude da concentração de tensão provocada pelos entalhes, tendo sido rejeitado em função deste risco. A metodologia utilizada e os resultados gerados permitiram dimensionar adequadamente o molde briquetador por meio da simulação computacional de análise estática, evidenciando a importância dessa ferramenta para o projeto de outros sistemas de energias renováveis relacionados à biomassa sólida.

Palavras-chave: Briquete, Biocombustíveis, Energias Renováveis.

1. INTRODUÇÃO

Em virtude dos estudos e discussões sobre impactos ambientais, causados pelas queimas de combustíveis fósseis e aumento nas emissões de gás carbônico, novas pesquisas emergiram sobre diversas utilizações de fontes energéticas limpas. De acordo com Zuberi et al (2016), é de consenso geral que o aquecimento global é um dos piores problemas atuais e mediante esses impactos, diversos países criaram medidas de controle monitoramento das emissões dos gases do efeito estufa. Dentre estas medidas podemos destacar alguns mecanismos estabelecidos no Protocolo de Kyoto, em 1997, como sequestro de carbono, por exemplo, que consiste em uma alternativa viável para amenizar o agravamento

do processo de elevação da temperatura global, de acordo com Barreto et al (2009). O conceito denominado de sequestro de carbono é baseado na capacidade fotossintética das plantas em absorver gás carbônico e lançar oxigênio na atmosfera, que pode ser aplicado por meio do cultivo de espécies adequadas para tal finalidade. As determinações impostas, por órgãos e entidades, visam estabelecer padrões e limites de emissão de gases, o papel governamental é fiscalizar e estabelecer métricas e consequências para o não cumprimento das exigências, pois o avanço para uma sociedade sustentável é possibilitado mediante uma consciência ambiental crescente, de acordo com Jacobi (2003).

Estima-se 76,70% do total de emissão de gases do efeito estufa seja do gás carbônico, segundo IPCC (2006) e essas emissões são em geral provenientes dos setores de: transporte, indústria, geração de energia, agricultura, depósitos de lixo e outros. Porém, o maior responsável é o setor de suprimento energético, com 25,9% do total de emissão de gás carbônico, ainda segundo o órgão supracitado. É neste cenário que se encaixa o uso de briquetes, que é um biocombustível sólido, em substituição ao, combustível fóssil, carvão vegetal, que segundo Stolarski et al (2013) geralmente apresenta melhores parâmetros energéticos, maior densidade e menor umidade do que em materiais crus. Os resultados das pesquisas indicaram que a transformação de biomassa em briquetes de alta qualidade podem ser uma solução viável, tanto do ponto de vista energético, quanto para o reaproveitamento do lixo que antes iria ser desperdiçado, segundo Stolarski et al (2013).

Os estudos de resistência dos materiais são necessários em projetos de máquinas e equipamentos, pois, por meio de análises relacionadas, é possível verificar antecipadamente se os equipamentos vão falhar ou não em virtude das solicitações mecânicas aplicadas, de acordo com Hibbeler (2010). São considerados válidos os elementos com fator de segurança maior que 1 ou outro especificado por norma. Esses estudos podem ser realizados por meio de métodos analíticos ou, mais modernamente, por meio de simuladores baseados na técnica dos elementos finitos, segundo Norton (2013). Este trabalho adotou a análise estática computacional.

Mediante os fatos supracitados constata-se a necessidade da construção de um molde para confeccionar briquetes, objetivando projetar e dimensionar um molde briquetador para uma prensa, em escala de bancada. Utilizou-se das ferramentas de desenho e simulações computacionais no *software Solidworks*, para projeto do molde, levando em conta dimensões e tipos de materiais. Por fim, para critério de validação do produto, analisa-se a tensão de *Von Mises* do material, comparando-a com a tensão de escoamento do mesmo, e caso aprovado, estabelece seu fator de segurança.

2. BRIQUETES: OS TIPOS E PROCESSOS DE PRODUÇÃO

O briquete é um biocombustível sólido, constituído a partir do reaproveitamento de resíduos orgânicos, tais como: bagaço da cana de açúcar, palha de milho, madeira de lei, casca de algodão, casca de coco, serragem e outros. A sua utilização baseia-se na substituição de combustíveis como: carvão vegetal, óleo, gás natural e lenha. Fernandes et al (2012), afirma que o briquetes são totalmente compatíveis quanto ao poder calorífico, como também possuem um custo/benefício melhor ao combustível sólido, independentemente do tipo ou do processo de produção utilizado para confecção do mesmo.

Furtado et al (2010) analisa alguns tipos a qualidade de alguns tipos de briquetes, bem como seus processos de produção, e relaciona algumas características importantes do produto, que devem ser levadas em consideração ao comparar-se com outros combustíveis. O autor analisa o briquete por meio do seu poder calorífico, densidade aparente e resistência a compressão e ao final constatou que a qualidade da matéria-prima tem maior influência no resultado do que as variáveis do processo de produção. É neste contexto que se insere o briquete feito a partir do bagaço da cana de açúcar, que é o produto no qual foi desenvolvido o presente trabalho.

2.1. Processo de produção do briquete

O processo de fabricação do briquete é composto, basicamente, pelas seguintes etapas:

1. Retirada da biomassa do meio ambiente entregue a fábrica de produção;
2. Seleção do material;
3. Processo de trituração, aonde a matéria-prima é prensada e triturada simultaneamente;
4. Processo de moagem, no qual há uma separação entre os tipos dos grãos;
5. Processo de aquecimento, que visa retirar a umidade residual contida no material;
6. Armazenamento em silos de pó;
7. Passagem pela máquina briquetadeira, aonde haverá a real transformação da matéria prima em briquete.

Percebe-se que os passos 1 ao 6 caracterizam o preparo da matéria-prima e no passo 7 que ocorre a briquetagem. Um dos processos realizados na sétima etapa é a compactação, porém, podem haver algumas diferenças de acordo com o tipo de material usado no briquete. Como dito anteriormente, a qualidade do briquete está relacionada com a qualidade da matéria-prima, então deve-se ter maior atenção as etapas de preparação do mesmo.

Dentre os tipos de briquetadeiras utilizadas podemos citar a extrusora de pistão mecânico, extrusão por rolos, extrusão por parafuso, extrusão por moinho e hidráulica, como descritas em Fernandes et al (2012).

A Figura 1 mostra um exemplo de briquete confeccionado a partir do bagaço da cana de açúcar com a máquina briquetadeira desenvolvida nesta pesquisa.



Figura 1. Bagaço da cana de açúcar e briquete produzido.

Fonte: do autor.

3. METODOLOGIA ADOTADA PARA AS SIMULAÇÕES E SELEÇÃO ESTRUTURAL

Para realizarem as simulações de análise estática deste estudo, utilizou-se o *software* Solidworks, versão 2014. Esse programa é de desenho assistido por computador – CAD e possui recursos de engenharia assistida por computador – CAE, dentre as técnicas CAE, a usada neste estudo foi a análise estática. Tanto os desenhos de modelagem 3D, quanto as simulações foram realizadas no mesmo programa. Foi adotada uma malha de 3 mm. E impressa uma força de 150.000,0 N sobre a barra em estudo, conforme mostrado na Figura 2. O material selecionado para a peça foi o aço 1045. O limite de escoamento indicado para este material é de 530 Mpa.

A malha utilizada para a análise estática era padrão com formato triangular, tendo geometria fixa. Não havia transição automática. A peça estudada era apoiada sobre a base da prensa briquetadeira. A simulação considerava a força aplicada uma carga externa normal. A tolerância para a formação dos elementos era de 0,15 mm. A malha tinha 4 pontos jacobianos. Na avaliação do programa, a densidade adotada para a análise era considerada boa. Foram gerados 251336 nós em um total de 172859 elementos, não havendo deformações para a formação da malha.

Com os dados gerados: de deformação e tensão de Von Mises, foi comparada a tensão máxima com o limite de escoamento do material, gerando um fator de segurança. Quando o fator de segurança era menor do que 1, significava que a peça deformaria na fase plástica, indicando uma deformação permanente que fragilizaria e danificaria o material, sendo estruturalmente rejeitado.

A Figura 2 ilustra a base do molde briquetador utilizado na simulação. Nela estão indicadas onde estão aplicadas as forças e onde são feitos os apoios. As forças são indicadas pela cor rocha, enquanto os apoios são indicados pela cor verde. Os dois apoios são fixos e se estendem até o outro lado da base.

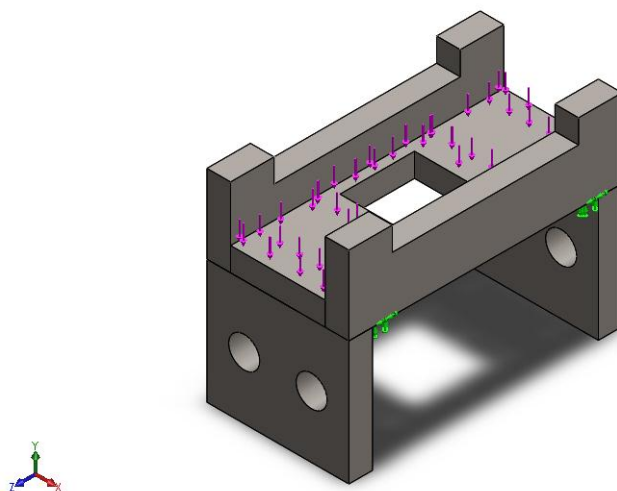


Figura 2. Distribuições de forças na base do molde briquetador.

Fonte: do autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES DAS SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Com relação aos resultados, a Tabela 1 correlaciona a espessura da barra analisada e o fator de segurança obtidos nas simulações realizadas. São indicados os dois resultados mais significativos encontrados.

Tabela 1. Resultados das análises estáticas realizados nas barras do molde briquetador.

Espessura da barra	Fator de segurança
63 mm	2,146
50 mm	1,786

Fonte: do autor.

A Figura 3 mostra as deformações sofridas na peça e as tensões de *Von Mises* em diferentes pontos. Para efeitos de elucidação, o simulador amplia em 407,61 vezes as deflexões sofridas em diversos pontos, pois, caso não houvesse esse recurso, as deformações não seriam visíveis. Do lado direito da figura, é indicada a tensão de *Von Mises* obtida em diversos pontos do material, em função das cores apresentadas na figura.

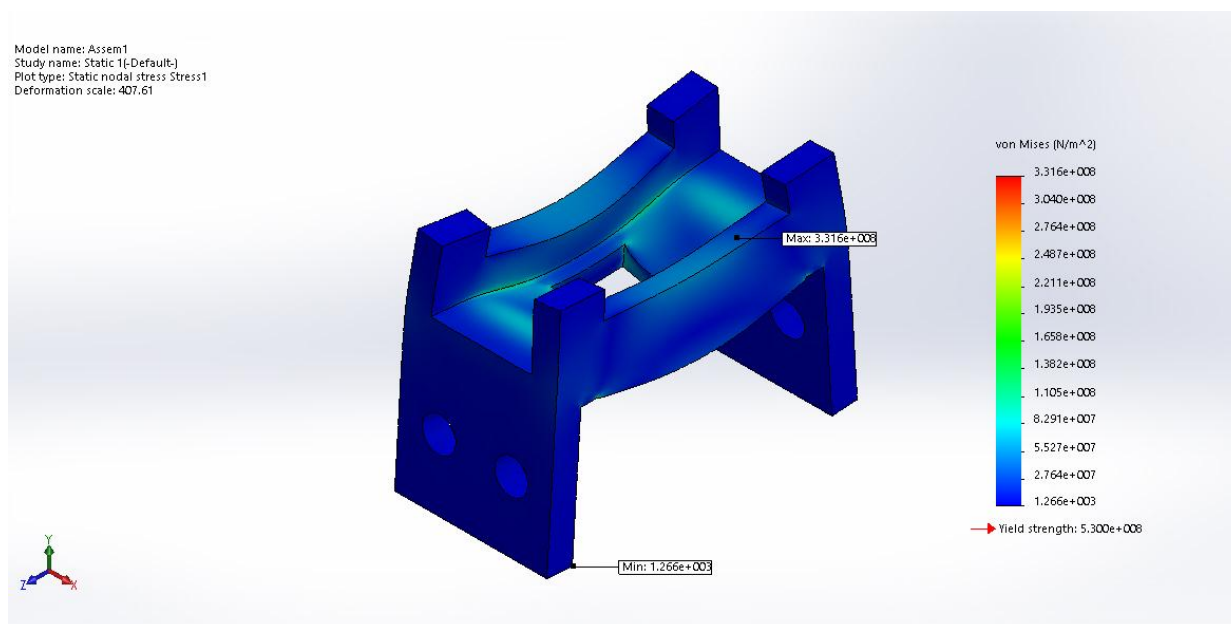


Figura 3. Peça submetida a esforços mecânicos.

Fonte: do autor.

Diversas simulações foram feitas, visando encontrar dimensões adequadas para o projeto estrutural do molde, em função do seu uso proposto. Um dos resultados demonstrou uma vantagem em termos de custo, se utilizar-se uma barra de 50 mm, com um coeficiente de segurança de 1,786, porém a seleção dessa medida poderia fragilizar o molde, em virtude de uma eventual concentração de tensões provocada pelos entalhes, portanto decidiu rejeitar esta peça em função do risco estrutural. Para a barra selecionada (de 63mm), encontrou-se uma tensão de de *Von Mises* de 246,9 MPa, e consequentemente um fator de segurança de 2,146. Essa sobredimensão seria capaz de compensar eventuais concentrações de tensão e cargas não previstas no projeto no uso do molde briquetador.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada e os resultados gerados demonstraram a importância de uma simulação computacional antes da confecção moldes briquetadores, visto que as seleções adequadas dos parâmetros de entrada, como diâmetro externo do molde, formato e tamanho dos entalhes, influenciam diretamente na tensão de *Von Mises*, e consequente no fator de segurança do material. É importante salientar que o uso dessa ferramenta para o projeto de outros sistemas de energias renováveis relacionados à biomassa sólida, traz as iguais vantagens e benefícios supracitados.

Para o projeto proposto, foi selecionada uma barra de 63 mm para a confecção do molde briquetador. Com auxílio da análise estática, foi possível projetar e dimensionar um molde briquetador para uma prensa, em escala de bancada. Ele foi julgado estruturalmente válido, possuindo fatores de segurança maiores do que 1, dentro do critério da tensão de *Von Mises*. Como continuidade deste estudo, deve ser realizada a caracterização do poder calorífico dos briquetes produzidos, em comparação ao material bruto, não beneficiado.

6. REFERÊNCIAS

- Barreto, L. V., Freitas, A. C. S., Paiva, L. C. (2009). Sequestro de Carbono. Centro Científico Conhecer, Goiânia, *Enciclopédia Biosfera* N.07.
- Budde, J., Prochnow, A., Plöchl, M., Suárez, T., & Heiermann, M. (2016). Energy balance, greenhouse gas emissions, and profitability of thermobarical pretreatment of cattle waste in anaerobic digestion. *Waste Management*, 49, 390–410. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.003>
- Colling, A. V., Oliveira, L. B., Reis, M. M., Da Cruz, N. T., & Hunt, J. D. (2016). Brazilian recycling potential: Energy consumption and Green House Gases reduction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 544–549. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.233>
- Elias, B., & Soares, C. (2004). Artigo Científico Desenvolvimento sustentado e consciência ambiental: natureza, sociedade e racionalidade, 02, 42–49.
- Furtado, T. S., Valin, M., Brand, M. A., & Bellote, A. F. J. (2010). Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30(62), 101–106. <http://doi.org/10.4336/2010.pfb.30.62.101>
- Herbert, G. M. J., & Krishnan, A. U. (2016). Quantifying environmental performance of biomass energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 292–308. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.254>
- Hibbeler, R. C. *Resistência dos Materiais*. 7 ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- IPCC Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories, IPCC; 2006.
- Jacobi, P. (2003). Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Caderno de Pesquisa*, 118, 189–205.
- Li, J., Wang, E., Wang, Y., Xing, H., Wang, D., Wang, L., & Gao, C. (2016). Reducing greenhouse gas emissions from a wheat–maize rotation system while still maintaining productivity. *Agricultural Systems*, 145, 90–98. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.03.007>
- Márquez-Vera, M. A., Ramos-Fernández, J. C., Cerecero-Natale, L. F., Lafont, F., Balmat, J.-F., & Esparza-Villanueva, J. I. (2016). Temperature control in a MISO greenhouse by inverting its fuzzy model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 124, 168–174. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2016.04.005>
- Nakahara, T., Yan, H., Ito, H., & Fujita, O. (2015). Study on one-dimensional steady combustion of highly densified biomass briquette (bio-coke) in air flow. *Proceedings of the Combustion Institute*, 35(2), 2415–2422. <http://doi.org/10.1016/j.proci.2014.08.013>
- Norton, R. L. *Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada*. 4 ed. São Paulo: Bookman, 2013.
- Ravichandran, P., & Corscadden, K. (2014). Comparison of gaseous and particle emissions produced from leached and un-leached agricultural biomass briquettes. *Fuel Processing Technology*, 128, 359–366. <http://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.07.030>
- Rovira, C., & Fernandes, P. (2012). Produção De Briquete Industrial: Energia Limpa E Sustentável, 1–6.
- Roy, M. M., & Corscadden, K. W. (2012). An experimental study of combustion and emissions of biomass briquettes in a domestic wood stove. *Applied Energy*, 99, 206–212. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.003>
- Sakkampang, C., & Wongwuttanasatian, T. (2014). Study of ratio of energy consumption and gained energy during briquetting process for glycerin-biomass briquette fuel. *Fuel*, 115, 186–189. <http://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.07.023>
- Stolarski, M. J., Szczukowski, S., Tworkowski, J., Krzyzaniak, M., Gulczyński, P., & Mleczek, M. (2013). Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass. *Renewable Energy*, 57, 20–26. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2013.01.005>
- Su JL, Zhao XW, Wang W. Research status
- Wang, Z., Lei, T., Chang, X., Shi, X., Xiao, J., Li, Z., ... Yang, S. (2015). Optimization of a biomass briquette fuel system based on grey relational analysis and analytic hierarchy process: A study using cornstalks in China. *Applied Energy*, 157, 523–532. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.079>
- Zuberi, M. J. S., & Ali, S. F. (2015). Greenhouse effect reduction by recovering energy from waste landfills in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 117–131. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.028>

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

STRUCTURAL DESIGN FOR A BRIQUETTE MOLD

Saulo Henrique dos Santos Esteves, sauloceara@gmail.com¹

João Vitor da Silveira Nunes, jvitornunes@bol.com.br¹

Emanuel David Vasconcelos de Andrade, emanueldrade@gmail.com²

Maria Alessandra de Sousa Rios, alexsandrarios@ufc.br¹

¹Federal University of Ceará, Pici Campus, s/n - Pici, Fortaleza - CE, 60455-900.

²Federal Institute of Educations, Science and Thechnology of Ceará, Fortaleza Campus, Av. 13 de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, CEP 60040-531.

Abstract. The average surface temperature has been increasing because of the greenhouse effect. This effect has triggered high levels of concerns on what damage has been made and has set motions on global scale coordinations of actions and monitoring carbon gas. The plants contribute for carbon kidnap, since they are made of it in a large scale, but especially because they use in their own life-cycle process, called *photosynthesis*. The briquette machines are an important technology for solids biofuel production, essentially constituted of organic biomass, this allow humans avoid using charcoal and deforestation. The main reason of this research was to design and scale out a briquette mold for a small laboratory bench. The technique used on this process was static computational analysis. It was used the Computer Added Design (CAD) software, Solidworks, for 3-D modeling and later for statics analysis of dimensions and materials. Those analyses were made in a simulation toolbox, inside the software. The entry-analyzed variables were: external diameter in the mold, his shape, size of briquette, size of slots for gases exhaustion in the process of production, applied compression forces, size of grid simulation and yield strength of the material. The out variable is Von Mises strain under the material and these strains is compared to the values of yield strength, considering acceptable when there is no distortion in his plastic zone, in order to calculate the factor of safety. This set was made under the 1045 steel, 530MPa of yield strength, 63 mm of external diameter, 25 mm x 100 mm diameter and briquette height, 15 tons of distortions forces and simulation grid on 3 mm. Von Mises strain found was 246.9 MPa, achieving the 2,146 factor of safety. A few simulations achieved permanent distortions and were primarily rejected. Other configurations remain under the elastic region, however they were also rejected, since there will be needed bigger diameters, making it an unviable solution. The significant result was under simulations on a 50 mm bar with the same parameters on the selected bar for the project. But even it resulting in a factor of safety bigger then 1 (1,786) and cheaper product, the mold could be fragilized in virtue of the strains concentrations inside the slots, because of that it has been rejected. The methodology used in this paper and the results allows to scale out properly the briquette mold under static computational simulations, finding the important matter of this tool for designing other biomass renewable energy systems

Keywords: Briquette, Biofuel, Renewable Energy