

**INSTITUTO
FEDERAL**
Minas Gerais

André Luís Mendes Costa
Guilherme Olímpio Pamplona da Silva
Gustavo Henrique Moura Vieira
Henrique Martins Fideles
Lucas Souza Camargos
Rafael Moreira Soares

**Trabalho Acadêmico Integrador II:
Prensa de Tijolos Ecológicos**

Arcos - MG

2018

André Luís Mendes Costa
Guilherme Olímpio Pamplona da Silva
Gustavo Henrique Moura Vieira
Henrique Martins Fideles
Lucas Souza Camargos
Rafael Moreira Soares

Trabalho Acadêmico Integrador II: Prensa de Tijolos Ecológicos

Trabalho Acadêmico Integrador - TAI, apresentado às disciplinas referentes ao segundo período do curso de Engenharia Mecânica ministrado no Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*.

Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG

Campus Avançado Arcos

Graduação em Engenharia Mécânica

Orientador: Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana

Arcos - MG

2018

Resumo

O presente trabalho fundamenta-se no estudo, aperfeiçoamento e modelagem de uma prensa de tijolo ecológico, desenvolvido a partir do procedimento para integração das disciplinas de Engenharia Mecânica, no Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*, com o intuito de obtenção de conhecimento sobre este assunto sustentável, para adquirir perícia a respeito da formulação dos calhamaços e aumentar a produção em mais uma unidade por máquina. Prensas são máquinas com intenso uso na indústria, que exerce certa força sobre um material específico, ocorrendo compressão do mesmo, tomando formatos exclusivos do desenho e modelo de sua forma, seu uso se estende desde peças para equipamentos até materiais de construção civil, podendo assim explicar sobre o funcionamento e componentes referentes a prensa, aplicando conceitos básicos da mecânica para modelagem do protótipo. Destarte, como resultado, a modelagem e simulação por meio do *software* Autodesk Inventor 2019 através de conhecimentos obtidos.

Palavras-chave: Prensa. Tijolo. Ecológico. Modelagem. Sustentável.

Lista de ilustrações

| | |
|--|----|
| Figura 1 – CETA-RAM | 7 |
| Figura 2 – CINVA-RAM | 8 |
| Figura 3 – Tijolo Ecológico | 8 |
| Figura 4 – Prensa de Tijolo Ecológico | 10 |
| Figura 5 – Conjunto da Alavanca | 11 |
| Figura 6 – Conjunto do Reservatório e Prensagem | 12 |
| Figura 7 – Conjunto da Gaveta | 12 |
| Figura 8 – Torque | 13 |
| Figura 9 – Gráficos relacionados a aceitação dos tijolos ecológicos | 16 |
| Figura 10 – Gráficos relacionados a aceitação dos tijolos ecológicos | 17 |
| Figura 11 – Cronograma Parte 1 | 21 |
| Figura 12 – Cronograma Parte 2 | 21 |
| Figura 13 – Gráfico da tensão de compactação | 24 |
| Figura 14 – Gráfico da variação da força de reação | 24 |
| Figura 15 – Prensa 1 e Prensa 2 respectivamente | 25 |
| Figura 16 – Gráfico da variação em função do volume | 26 |
| Figura 17 – Programação 1 | 27 |
| Figura 18 – Programação 2 | 27 |
| Figura 19 – Programação 3 | 27 |
| Figura 20 – Desenho técnico | 28 |

Lista de símbolos

| | |
|------------------|--|
| $v =$ | Equação do volume. |
| $v_f =$ | Volume final. |
| $v_i =$ | Volume inicial. |
| $R(v) =$ | Força de reação em função do volume. |
| $\sigma(v) =$ | Taxa de compactação em função do volume. |
| $a =$ | Coefficiente angular. |
| $b =$ | Coefficiente linear. |
| $A =$ | Área da superfície da tampa. |
| $F(v, \theta) =$ | Força aplicada em função do volume e ângulo. |
| $b_a =$ | Área da base do tijolo. |
| $l =$ | Largura do tijolo. |
| $h =$ | Altura do tijolo. |
| $r =$ | Raio do furo do tijolo. |

Sumário

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 7 |
| 1.1 | Justificativa | 8 |
| 2 | OBJETIVOS | 9 |
| 2.1 | Objetivos Gerais | 9 |
| 2.2 | Objetivos Específicos | 9 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 3.1 | Prensa de Tijolos Ecológico | 10 |
| 3.2 | Componentes e sistemas | 11 |
| 3.2.1 | Conjunto alavanca | 11 |
| 3.2.2 | Conjunto reservatório | 11 |
| 3.2.3 | Conjunto de prensagem | 11 |
| 3.2.4 | Conjunto gaveta | 12 |
| 3.2.5 | Conjunto base | 13 |
| 3.3 | Torque | 13 |
| 3.4 | Pressão | 13 |
| 4 | METODOLOGIA | 14 |
| 4.1 | Métodos Utilizados | 14 |
| 4.2 | Modelagem da Prensa de Tijolos Ecológicos | 14 |
| 4.3 | Funcionamento | 15 |
| 4.4 | Avaliação de Mercado Para o Tijolo Ecológico | 15 |
| 4.5 | Análise da Força Aplicada na Compressão do Tijolo | 16 |
| 5 | CONCLUSÃO | 19 |
| | REFERÊNCIAS | 20 |
| A | CRONOGRAMA | 21 |
| B | CÁLCULO DA FORÇA MÍNIMA PARA PRENSA DE UM TIJOLO | 22 |
| B.1 | Cálculo do volume do tijolo, antes e pós compressão: | 22 |
| B.2 | Cálculo da variação da reação em função do volume: | 22 |
| B.3 | Encontrando a função da força: | 22 |
| C | CÁLCULO DA FORÇA MÍNIMA PARA O PROTÓTIPO | 23 |
| C.1 | Cálculo do volume do tijolo, antes e pós compressão: | 23 |

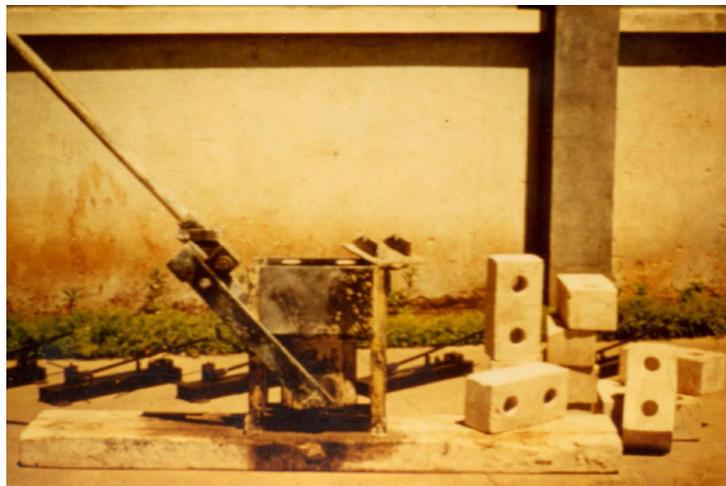
| | | |
|-----|--|----|
| C.2 | Cálculo da variação da reação em função do volume: | 23 |
| C.3 | Encontrando a função da força: | 23 |
| D | GRÁFICOS | 24 |
| E | PROGRAMAÇÃO E DESENHO TÉCNICO | 27 |

1 INTRODUÇÃO

A questão ambiental é um tópico de grande importância nas relações internacionais, onde o meio ambiente é prejudicado progressivamente com as queimas que o ser humano faz para suprir suas necessidades. Incorporada nestas atitudes prejudiciais à natureza, encontra-se a combustão de elementos para o cozimento de tijolos convencionais, dessa forma, é possível observar que há uma grande liberação de gás carbônico (CO_2) na atmosfera (MOTTA et al,2014).

Diante deste problema relacionado á degradação ambiental, busca-se de maneira sustentável amenizar tal distúrbio utilizando os tijolos ecológicos, que durante a sua produção não necessita da queima de madeira, principal combustível usado no cozimento dos calhamaços convencionais. A fabricação do tijolo ecológico carece do uso de uma mistura com terra úmida e cimento, em que para sua confecção usufrui-se de uma prensa, com o intuito de comprimir o mesmo que é retirado para a maturação posteriormente (MOTTA et al, 2014).

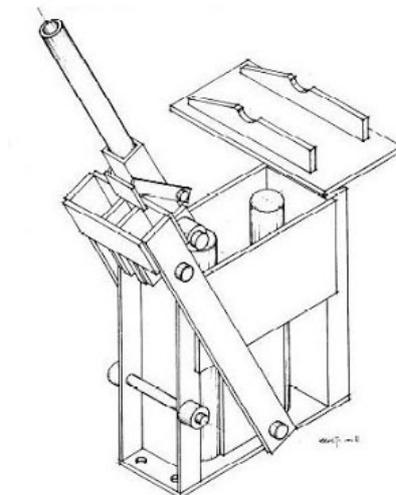
Figura 1 – CETA-RAM



Fonte: <http://brickandpress.com/d/714279/d/la-bloquera-ceta-ram.pdf> (Acesso em: 27 nov. 2018).

A Prensa de Tijolos Ecológicos teve grande destaque a partir da década de cinquenta no qual o primeiro modelo foi criado pelo o engenheiro chileno Raul Ramirez, no centro de pesquisa *Cinva* em Bogotá, Colômbia, nomeada de CINVA-RAM (RIGASSI, 1985). A partir dos anos 70 até os tempos contemporâneos surgiram novas prensas que utilizam mecanismo semelhantes com o da CINVA-RAM, onde pode ser notado as prensas automatizadas hidráulicas e pneumáticas, fazendo com que os tijolos possam ser produzidos em pequenas ou em grandes escalas, para atender demandas referentes ao nível de produção (RIGASSI, 1985).

Figura 2 – CINVA-RAM



Fonte: <http://steppingforwarden.blogspot.com/2012/05/23-manual-ceb-cinva-press.html> (Acesso em: 21 nov. 2018).

1.1 Justificativa

Diversos setores produtivos tem buscado soluções para as adversidades causadas pela utilização em excesso dos recursos naturais, visando a preservação deles e a qualidade de vida da população contemporânea e futura (JUNIOR, 2017). Dessa forma, a Prensa de Tijolos Ecológicos foi desenvolvida com o intuito de reduzir os impactos ambientais gerados pela produção dos tijolos de cerâmica.

A fabricação de tijolo ecológico não exige a queima ao forno como os tradicionais, evitando a emissão de gases poluentes como CO e CO_2 , pois o tijolo ecológico passa por um processo de cura no qual se consiste a irrigação da mistura e a secagem até atingir características adequadas (TORGAL e JAVALI, 2009 apud SILVA, SANTOS e SAVARIS, 2018, p. 448). Observando esses motivos, o grupo 4 do TAI II decidiu modelar a prensa de tijolos ecológicos no *software* Autodesk Inventor 2019.

Figura 3 – Tijolo Ecológico



Fonte: <http://www.gramuza.com.br/> (Acesso em: 21 nov. 2018).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo principal deste trabalho consiste em desenvolver e modelar a prensa de tijolo ecológico no *software* Autodesk Inventor 2019, aplicando os conhecimentos adquiridos ao decorrer do semestre do curso de Engenharia Mecânica, ministrados no Instituto Federal de Minas Gerais–IFMG, *Campus* Arcos.

2.2 Objetivos Específicos

Este projeto tem por objetivo desenvolver e modelar a Prensa de Tijolos Ecológicos no *software* Autodesk Inventor 2019, além de:

- Desenvolver e adaptar o funcionamento da máquina.
- Aprendizagem do *software*.
- Estudar e compreender o processo de fabricação.
- Modelagem e animação.
- Otimizar a prensa de tijolos ecológico.

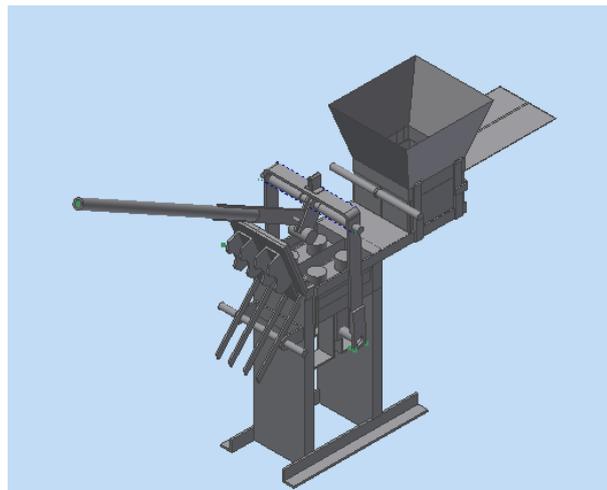
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Prensa de Tijolos Ecológico

A prensa de tijolos ecológicos, também uma prensa mecânica, é bastante usada nas indústrias devido seu alto índice de produção, economia de energia e baixa manutenção (NATAL, 2015), porém a prensa apresentada por esse trabalho é destinada a atender pequenas demandas pelo fato de ser uma prensa mecânica manual, devido a este fator sua produção busca atender uma produtividade relativamente pequena, com o intuito de disponibilizar uma renda extra para grupos que não possuem arrecadamento financeiro fixo para o sustento familiar.

Tal Prensa de Tijolos Ecológicos se espelhou em prensas como Cinva-Ram e Ceta-Ram, onde as mesmas são inteiramente compostas de aço, usando princípios semelhantes para o procedimento de prensagem (LOU MA, 1985). Assim, estas necessitam de caixas de moldes com tampa no qual suas alavancas encaixam em um garfo localizado na tampa, e são interligados a um pistão, quando estão em funcionamento, ao exercer procedimento de conduzir a alavanca verticalmente, a mesma aciona tais pistões que exercem uma força progressiva pressionando a mistura solo-cimento contra a tampa, dando assim o formato do tijolo (HUMANITY DEVELOPMENT LIBRARY, sd).

Figura 4 – Prensa de Tijolo Ecológico



Fonte: Aatoria do próprio grupo - Via Autodesk Inventor 2019.

3.2 Componentes e sistemas

Como a máquina é composta por diversos componentes, e os mesmos formam um sistema de funcionamento, pode-se destacar algumas partes principais para a sua atividade.

3.2.1 Conjunto alavanca

O conjunto da alavanca é um dos principais componentes das prensas manuais, sendo composto pela tampa, garfo e os pistões, observa-se que o mesmo realiza a função de complementar a compressão dos tijolos, atuando na elevação da base da caixa de prensagem com movimentos verticais. Já em relação ao braço da alavanca nota-se que gera o torque que devido ao comprimento do mesmo, fará o indivíduo exercer uma força necessariamente grande ou pequena para comprimir tal material (HUMANITY DEVELOPMENT LIBRARY, sd).

Figura 5 – Conjunto da Alavanca



Fonte: Autoria do próprio grupo - Via Autodesk Inventor 2019.

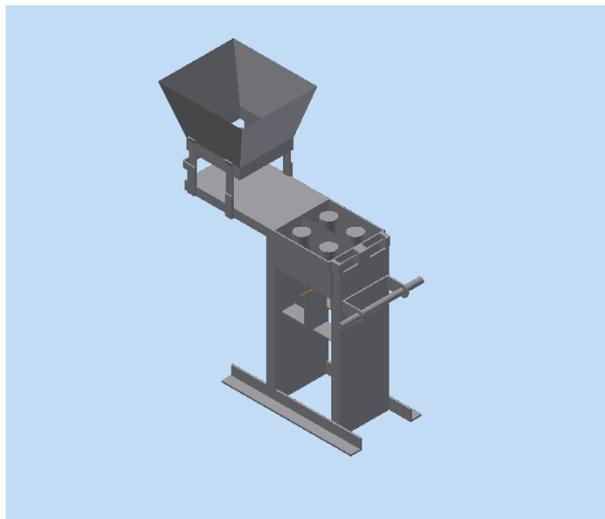
3.2.2 Conjunto reservatório

O reservatório da prensa de tijolos ecológicos é utilizado para que não seja necessário a recarga da mistura a cada tijolo prensado, abrigando assim uma maior quantidade de material abastecido à gaveta, disponibilizando um aumento entre os intervalos de recargas.

3.2.3 Conjunto de prensagem

A conjunto de prensagem tem por objetivo compactar a mistura de solo-cimento, no qual a pressão exercida pelo mecanismo de prensagem gera uma força capaz de modelar tal massa obtendo o formato do tijolo ecológico.

Figura 6 – Conjunto do Reservatório e Prensagem

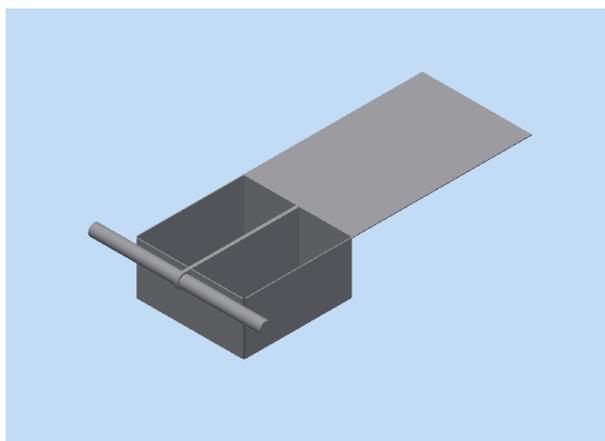


Fonte: A autoria do próprio grupo - Via Autodesk Inventor 2019.

3.2.4 Conjunto gaveta

O conjunto gaveta é o componente que recebe a mistura solo-cimento, transportando-o até a caixa de prensagem. Tal compartimento possui uma medida para controlar o índice de recarga levado para a prensagem, nela há uma aba longitudinal que promove o movimento de guiar a gaveta para a caixa de prensagem, assim vedará a abertura do reservatório não permitindo um incidente na saída do material, o que ocasionaria desperdício.

Figura 7 – Conjunto da Gaveta



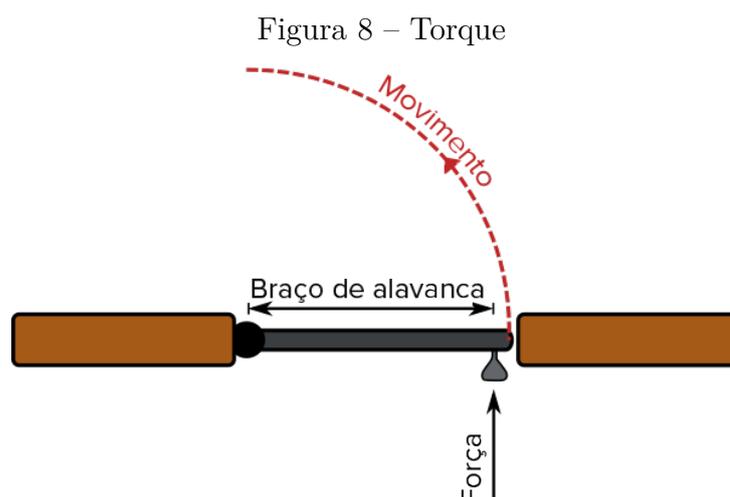
Fonte: A autoria do próprio grupo - Via Autodesk Inventor 2019.

3.2.5 Conjunto base

Devido ao torque gerado quando a alavanca da prensa é acionada, tal força aplicada pode gerar uma desestabilização capaz de prejudicar o funcionamento da máquina, para isso a base da prensa busca apoiar a estrutura metálica de forma que proponha estabilizá-la quando estiver em funcionamento.

3.3 Torque

O torque é uma medida de força que está presente em grande parte do cotidiano das pessoas, valendo ressaltar sua presença no simples ato de trocar o pneu de um carro, em que devido uma força aplicada em determinado local de uma chave de roda, determinará se o indivíduo exercerá grande ou pequeno esforço para desaparafusar os parafusos da roda do automóvel, ou seja, faz com que determinados objetos girem ao redor de um eixo (JEWETT JR, SERWAY, 2010).



Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/torque-angular-momentum/torque-tutorial/a/torque> (Acesso em: 24 nov. 2018).

3.4 Pressão

Considerada uma quantidade escalar, a pressão varia de acordo com a região de contato, ou seja, quanto menor a área pressionada, maior será a pressão exercida. Essa força, quando se colide com um objeto, expande-se para as extremidades do mesmo (JEWETT JR, SERWAY, 2010).

4 METODOLOGIA

4.1 Métodos Utilizados

Primordialmente, cabe salientar que a ideia do projeto Prensa de Tijolos Ecológicos manifestou-se através de debates realizados pelo grupo de TAI II (Trabalho Acadêmico Integrador), realizando a integração de conteúdos em benefício da consolidação de projetos da engenharia incentivada por professores do Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*, destinados aos alunos do segundo período de Engenharia Mecânica.

Analisando o assunto em foco, procurou-se através de pesquisas obter uma prévia análise sobre prensas e a utilização do *software* Autodesk Inventor 2019. Assim, buscou-se conhecimento sobre a máquina através de explorações físicas e teóricas, e então foi possível para o grupo conquistar capacidade suficiente para desenvolver o relatório.

Além do relatório, cabe frisar que foi necessário o estudo do *software* Autodesk Inventor 2019, desenvolvendo habilidades para modelar a prensa de tijolos ecológicos, onde os integrantes do grupo optaram por otimizar tal equipamento. A otimização que se teve no projeto da prensa foi a duplicação do espaço destinado à prensagem dos calhamaços, em que partiu-se de uma unidade para duas no momento de fabricação.

Outro aspecto que vale salientar, é como se deu as reuniões do grupo. Os encontros aconteceram frequentemente, tanto na casa dos integrantes, quanto no Instituto Federal Minas Gerais - *Campus Arcos*, no qual foi possível conciliar a união das ideias concisas e organizadas sobre o trabalho proposto pelos componentes do grupo, além de dar desenvolvimento ao projeto. A organização das etapas para o melhor aproveitamento do tempo de progressão ao objetivo, foi separada por meio de um cronograma semanal para atender as datas limites do prazo estipulado.

4.2 Modelagem da Prensa de Tijolos Ecológicos

A modelagem da Prensa de Tijolos Ecológicos foi desenvolvida pelos integrantes do grupo no *software* Autodesk Inventor 2019, onde se modelou a máquina. A modelação se deu através da divisão de fases que compõem o cronograma de atividades separadas semanalmente. Dentre as etapas subdivididas estão a elaboração das partes:

- Conjunto base.
- Conjunto mesa.

- Conjunto gaveta.
- Conjunto reservatório.
- Conjunto tubos.
- Conjunto trava.
- Conjunto molde.

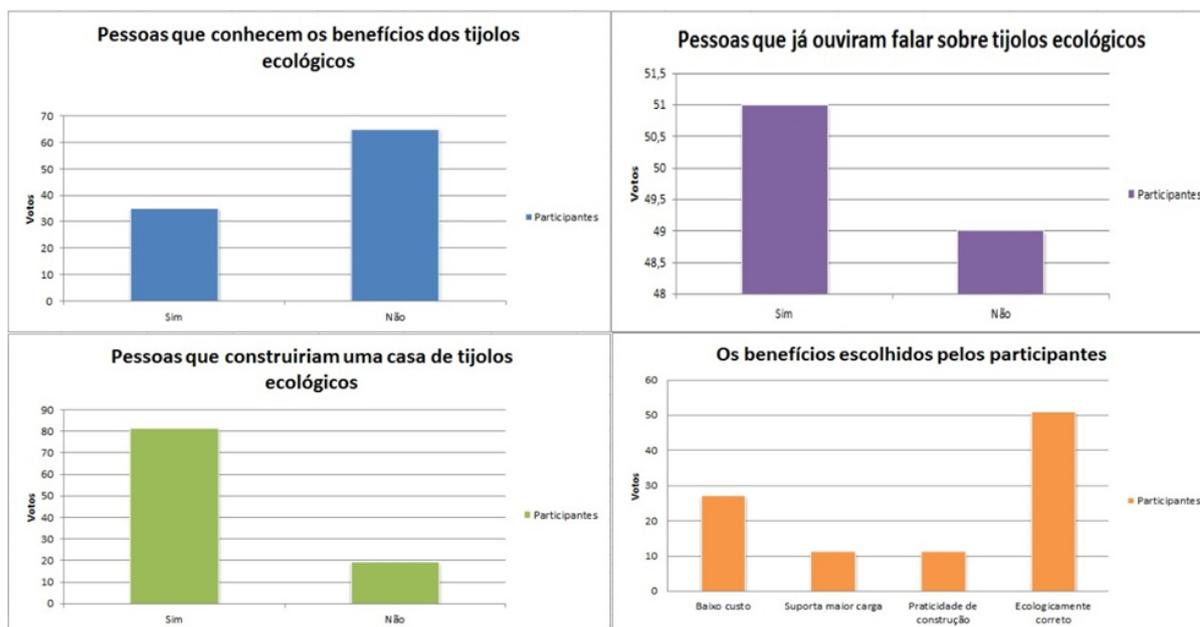
4.3 Funcionamento

O ciclo de funcionamento da Prensa de Tijolos Ecológicos é iniciado quando insere-se a mistura de solo-cimento no reservatório da máquina, deslizando o compósito para a gaveta. Por conseguinte, a mesma é movida manualmente transportando a matéria prima até a caixa de prensagem e retornando à sua posição inicial, onde é modelada no seu formato de tijolo após a alavanca ser travada no conjunto tampa e sofrer uma ação manual decrescente. Posteriormente, a alavanca é destravada e passa por um movimento ascendente que desencadeia abertura do conjunto tampa, e então o tijolo é erguido através do conjunto prensa e molde inferior. Assim, encerra-se o processo fabril com a remoção do calhamaço da máquina, e outro regime é iniciado sucessivamente.

4.4 Avaliação de Mercado Para o Tijolo Ecológico

Com o intuito de averiguar a aceitação do tijolo ecológico no mercado, foi desenvolvida uma pesquisa que investigou se a introdução dos calhamaços no meio social seria aprovado pelos participantes. A análise realizada por uma amostra aleatória de cem indivíduos com idades superiores a dezoito anos, teve os seguintes resultados:

Figura 9 – Gráficos relacionados a aceitação dos tijolos ecológicos



Fonte: Autoria do próprio grupo - Via Excel.

Diante de uma amostra aleatória que se mostrou preocupada com as questões ambientais, foi possível notar que empregar este tipo de calhamaço nas construções contemporâneas e futuras, se torna atraente. Fundamentado nos gráficos mostrados acima, observa-se que 81% das pessoas entrevistadas responderam positivamente a realização de construções utilizando o tijolo ecológico.

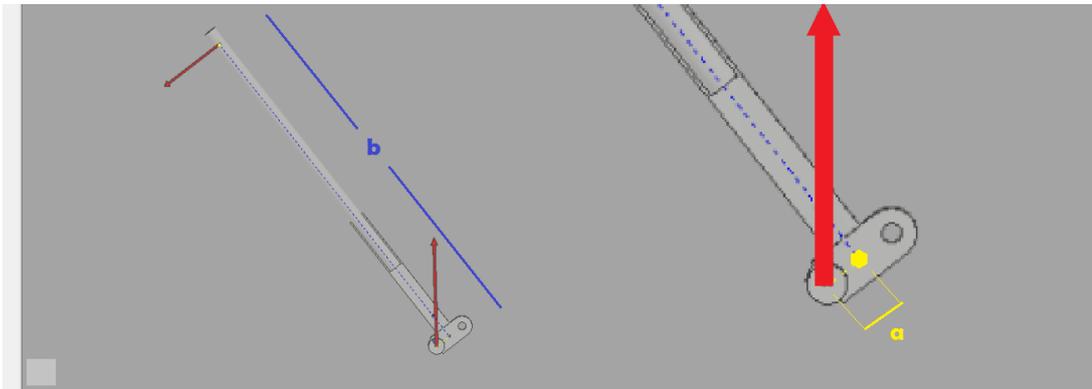
4.5 Análise da Força Aplicada na Compressão do Tijolo

Ao analisar o sistema de prensagem, surgiu a necessidade de se calcular uma força necessária para compactação do tijolo. Para isso, é preciso encontrar a reação provocada pela aplicação da força na extremidade da alavanca. Segundo Miele "a taxa de compactação corresponde à relação entre os volumes da mistura no estado solto e em estado compactado, sendo diretamente proporcional à tensão de compactação", no qual essa taxa (σ), em uma prensa manual, tem um valor mínimo de 1,5 MPa como pode ser observado na figura do gráfico 19.

Como observa-se no gráfico da figura 19, o volume inicial da mistura solo-cimento acrescentado a caixa de prensagem possui um volume maior que o final, devido a compressão exercida para moldar o tijolo, ou seja, conforme a taxa de compactação tende a aumentar, o volume tende a diminuir, no qual pode-se achar a função $R(v)$, encontrada na equação B.4, através da função da reta da figura 8, multiplicada pela área da superfície superior da tampa.

O torque da reação tende a anular ou ser menor que o módulo do torque da força aplicada para a modelagem do tijolo, no qual o primeiro torque é calculado a partir da reação em função do volume, multiplicado pela distância entre o eixo de contato da alavanca até o ponto de referência (b) e pelo seno θ . Como a força de reação na caixa de prensagem é gerada de maneira perpendicular a superfície de sua tampa em sentido positivo, usa-se o seno para projetar tal força no eixo y de forma que fique contrária a força aplicada. O segundo torque é calculado pela força aplicada na extremidade da alavanca (a), como pode ser observado abaixo:

Figura 10 – Gráficos relacionados a aceitação dos tijolos ecológicos



Fonte: Autoria do próprio grupo.

$$R(v) \cdot \frac{50,8}{1000} \cdot \text{sen}\theta - F \cdot \frac{1174,6}{1000} \leq 0 \quad (4.1)$$

Sabe-se que para colocar a alavanca em movimento necessita-se de uma força mínima exercida sobre a mesma, dada pela função acima, que isolando F encontrará a força mínima necessária para a compressão do tijolo, dada pela equação abaixo:

$$F(v, \theta) = 0,508 \cdot R \cdot \text{sen}\theta \quad (4.2)$$

$$F_1(v, \theta) = 0,508 \cdot (-1,0405 \cdot 10^{18} \cdot v + 3,1114 \cdot 10^{15}) \cdot 0,0248 \cdot \text{sen}\theta \quad (4.3)$$

$$F_2(v, \theta) = 0,508 \cdot (-5,2011 \cdot 10^{17} \cdot v + 3,1103 \cdot 10^{15}) \cdot 0,0496 \cdot \text{sen}\theta \quad (4.4)$$

De acordo as equações acima 4.3 e 4.4, respectivamente correspondem as forças geradas por prensas de um e dois tijolos, podendo ser analisada nos gráficos das figuras 15 e 16 como prensa 1 (um tijolo) e prensa 2 (dois tijolos).

Quando duplicou-se o volume da mistura, percebeu-se que seria necessário uma força aplicada maior para modelar dois tijolos ao invés de um, como pode ser notado nos gráficos das figuras [15](#).

5 CONCLUSÃO

Assim, obtendo conhecimentos mais aguçados sobre a prensa de tijolos ecológicos, foi possível chegar a uma conclusão de que ela é uma máquina aliada do meio ambiente e do mercado consumidor dos tijolos produzidos. Destarte, é necessário o conhecimento das pessoas sobre a existência dos benefícios tanto ambientais, quanto financeiro da utilização desses calhamaços nas construções, para que a prensa possa evoluir a um aspecto global.

Referências

HUMANITY DEVELOPMENT LIBRARY 2.0. For sustainable development and basic human needs. Disponível em: <<http://www.nzdl.org/gsdldmod?e=q-00000-00-off-0hdl-00-0-0-10-0-0-0direct-10-4-ste-0-11-11-en-50-20-about-cetaZz-ram-00-0-1-00-0-4-0-0-11-10-0utfZz-8-00a=dc=hdlsrc=0srn=0cl=searchd=HASH4edbf917bee4e6ae86aa2c.24>>.

Acesso em: 20 nov. 2018.

JEWETT JR., John W.; SERWAY, Raymond A. **Física: para cientistas e engenheiros**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. xxiii, 412 p.

JUNIOR, F. W. **Avaliação das propriedades tecnológicas de tijolo ecológico modular de solo-cimento com incorporação de resíduo da fabricação da papel**. Rio de Janeiro, 2017. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

LOU MA, R. **Manual para iaconstruccion de la CETA-RAM**. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1981. 52p.

MOTTA, J. C. S. S.; MORAIS, P. W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J. L.; LUCAS, T. P. B. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/viewFile/1038/665>> Acesso em: 03 nov. 2018.

MIELI, P. H. **AVALIAÇÃO DO TIJOLO MODULAR DE SOLO CIMENTO COMO MATERIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2009. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro.

NATAL, Treinamento e consultadoria. Engenharia Natal. Rio Grande do Norte, nov. 2015. Disponível em: <<http://www.natal.eng.br/201501-Natal-tipos-prensas.pdf>>. Acesso em: 2015.

SILVA, L. O.; SANTOS, G. N.; SAVARIS, W. K. TIJOLO SOLO-CIMENTO: Fabricação e Utilização em Construções que Visam o Equilíbrio Ambiental. **Conexão Eletrônica**. Mato Grosso do Sul, v.15, n. 1, p. 446-455, 2018.

RIGASSI, V. **COMPRESSED EARTH BOLCKS: MANUAL OF PRODUCTION**. 1. vol. Federal Republic of Germany: Titane Galer, 1985.

A Cronograma

Figura 11 – Cronograma Parte 1

| Cronograma de Atividades Semanal | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Item | Atividade a ser desenvolvida | Dia limite | Agosto | | Setembro | | | | Outubro | | | | |
| | | | S1 22/ago | S2 29/ago | S3 05/set | S4 12/set | S5 19/set | S6 26/set | S7 03/out | S8 10/out | S9 17/out | S10 24/out | S11 31/out |
| 1 | Revisão Bibliográfica | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Escolha do Projeto | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Aprendizagem Software Inventor Autodesk 2019 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Montagem do Cronograma | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Redigir Relatório | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Dimensionamento do Projeto | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Mdelagem 3D | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Modelagem da Base | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Análise dos Resultados Parciais | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Apresentação Parcial | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Modelagem da Mesa | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Modelagem da Gaveta | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Modelagem do Reservatório | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Modelagem dos Tubos | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Modelagem da Prensa | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Modelagem da Tampa | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Modelagem da Alavanca | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Modelagem da Trava | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Modelagem do Molde | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Análise dos Resultados Finais | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Conclusão | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Entrega do Relatório | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Apresentação Final | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Autoria do próprio grupo - Via Excel.

Figura 12 – Cronograma Parte 2

| Cronograma de Atividades Semanal | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Item | Atividade a ser desenvolvida | Dia limite | Novembro | | | | Dezembro | |
| | | | S12 07/nov | S13 14/nov | S14 21/nov | S15 28/nov | S16 05/dez | S17 12/dez |
| 1 | Revisão Bibliográfica | | | | | | | |
| 2 | Escolha do Projeto | | | | | | | |
| 3 | Aprendizagem Software Inventor Autodesk 2019 | | | | | | | |
| 4 | Montagem do Cronograma | | | | | | | |
| 5 | Redigir Relatório | | | | | | | |
| 6 | Dimensionamento do Projeto | | | | | | | |
| 7 | Modelagem 3D | | | | | | | |
| 8 | Modelagem da Base | | | | | | | |
| 9 | Análise dos Resultados Parciais | | | | | | | |
| 10 | Apresentação parcial | | | | | | | |
| 11 | Modelagem da Mesa | | | | | | | |
| 12 | Modelagem da Gaveta | | | | | | | |
| 13 | Modelagem do Reservatório | | | | | | | |
| 14 | Modelagem dos Tubos | | | | | | | |
| 15 | Modelagem da Prensa | | | | | | | |
| 16 | Modelagem da Tampa | | | | | | | |
| 17 | Modelagem da Alavanca | | | | | | | |
| 18 | Modelagem da Trava | | | | | | | |
| 19 | Modelagem do Molde | | | | | | | |
| 20 | Análise dos Resultados Finais | | | | | | | |
| 21 | Conclusão | | | | | | | |
| 22 | Entrega do Relatório | | | | | | | |
| 23 | Apresentação Final | | | | | | | |

Fonte: Autoria do próprio grupo - Via Excel.

B Cálculo da força mínima para prensa de um tijolo

B.1 Cálculo do volume do tijolo, antes e pós compressão:

$$v = b_a \cdot h \cdot l - 2\pi \cdot r^2 \cdot h \quad (\text{B.1})$$

$$v_f = \left[\left(\frac{250}{1000} \right) \cdot \left(\frac{125}{1000} \right) \cdot \left(\frac{62,5}{1000} \right) - 2\pi \cdot \left(\frac{32}{1000} \right)^2 \cdot \left(\frac{62,5}{1000} \right) \right] = (0,001548 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^3 \quad (\text{B.2})$$

$$v_i = \left[\left(\frac{250}{1000} \right) \cdot \left(\frac{125}{1000} \right) \cdot \left(\frac{120,5}{1000} \right) - 2\pi \cdot \left(\frac{32}{1000} \right)^2 \cdot \left(\frac{120,5}{1000} \right) \right] = (2,99 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^3 \quad (\text{B.3})$$

B.2 Cálculo da variação da reação em função do volume:

$$R(v) = \sigma(v) \cdot A \quad (\text{B.4})$$

(0,00299 , 0) e (0,0015485 , 1,5 · 10¹⁵) são pontos inicial e final, respectivamente.

$$\sigma(v) = a \cdot V + b \quad 0 = 0,00299a + b \quad (\text{B.5})$$

$$1,5 \cdot 10^{15} = 0,0015485a + b \quad (\text{B.6})$$

$$\begin{cases} \text{Equação1 : } (0 = 0,00299a + b) \cdot (-1) \\ \text{Equação2 : } 1,5 \cdot 10^{15} = 0,0015485a + b \end{cases}$$

$$a = \frac{1,5 \cdot 10^{15}}{-1,4415 \cdot 10^{-3}} \quad a = -1,0406 \cdot 10^{18} \quad , \quad b = 3,1114 \cdot 10^{15} \quad (\text{B.7})$$

$A = 0,02481$ (Através do *software* Autodesk Inventor 2019, foi possível encontrar A)

B.3 Encontrando a função da força:

$$F(v, \theta) = 0,508 \cdot R \cdot \text{sen}\theta \quad (\text{B.8})$$

C Cálculo da força mínima para o protótipo

C.1 Cálculo do volume do tijolo, antes e pós compressão:

$$V = b_a \cdot h \cdot l - 2\pi \cdot r^2 \cdot h \quad (\text{C.1})$$

$$V_f = 2 \cdot \left[\left(\frac{250}{1000} \right) \cdot \left(\frac{125}{1000} \right) \cdot \left(\frac{62,5}{1000} \right) - 2\pi \cdot \left(\frac{32}{1000} \right)^2 \cdot \left(\frac{62,5}{1000} \right) \right] = (0,003096) \text{ m}^3 \quad (\text{C.2})$$

$$V_i = 2 \cdot \left[\left(\frac{250}{1000} \right) \cdot \left(\frac{125}{1000} \right) \cdot \left(\frac{120,5}{1000} \right) - 2\pi \cdot \left(\frac{32}{1000} \right)^2 \cdot \left(\frac{120,5}{1000} \right) \right] = (0,005980) \text{ m}^3 \quad (\text{C.3})$$

C.2 Cálculo da variação da reação em função do volume:

$$R(v) = \sigma(v) \cdot A \quad (\text{C.4})$$

$(0,00598, 0)$ e $(0,003096, 1,5 \cdot 10^{15})$ são pontos inicial e final, respectivamente.

$$\sigma(v) = a(v) + b \quad 0 = 0,00598a + b \quad (\text{C.5})$$

$$1,5 \cdot 10^{15} = 0,003096a + b \quad (\text{C.6})$$

$$\begin{cases} \text{Equação1} : (0 = 0,00598a + b) \cdot (-1) \\ \text{Equação2} : 1,5 \cdot 10^{15} = 0,003096a + b \end{cases}$$

$$a = \frac{1,5 \cdot 10^{15}}{-0,002884} \quad a = -5,2011 \cdot 10^{17} \quad , \quad b = 3,1103 \cdot 10^{15} \quad (\text{C.7})$$

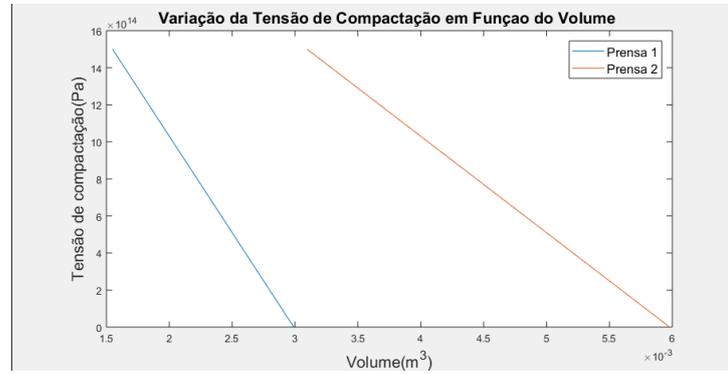
$A = 0,0496$ (Através do *software* Autodesk Inventor 2019, foi possível encontrar A)

C.3 Encontrando a função da força:

$$F(v, \theta) = 0,508 \cdot R \cdot \text{sen}\theta \quad (\text{C.8})$$

D Gráficos

Figura 13 – Gráfico da tensão de compactação



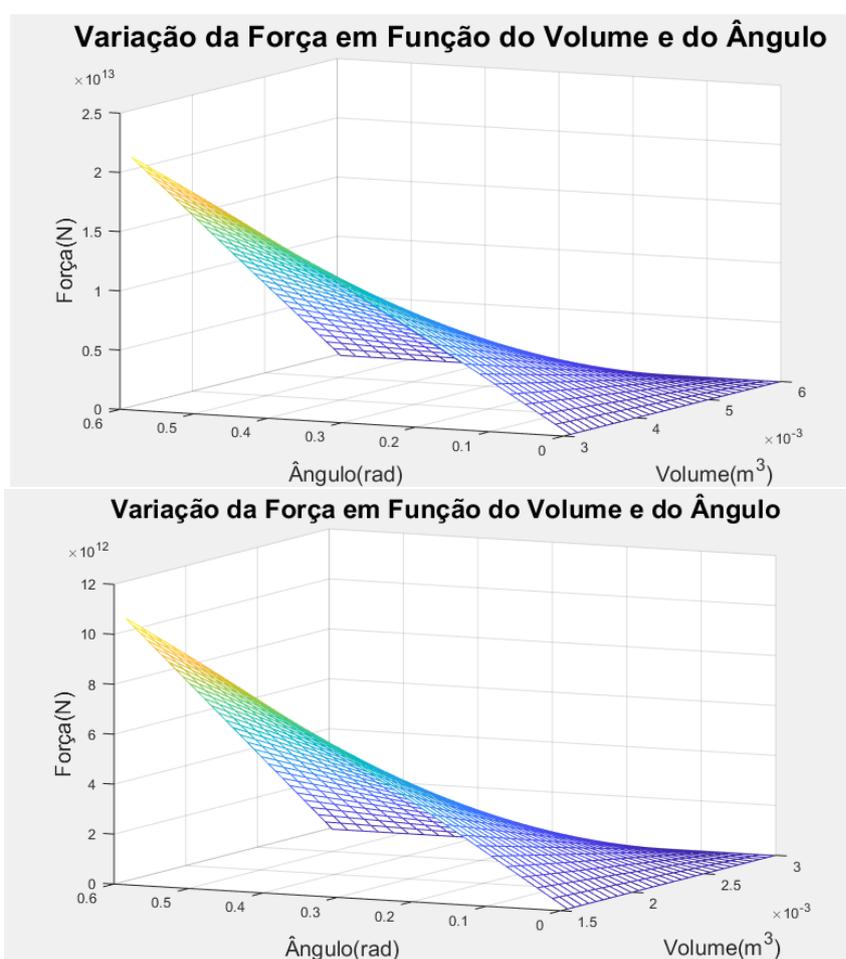
Fonte: Autoria do próprio grupo - Via MATLAB.

Figura 14 – Gráfico da variação da força de reação



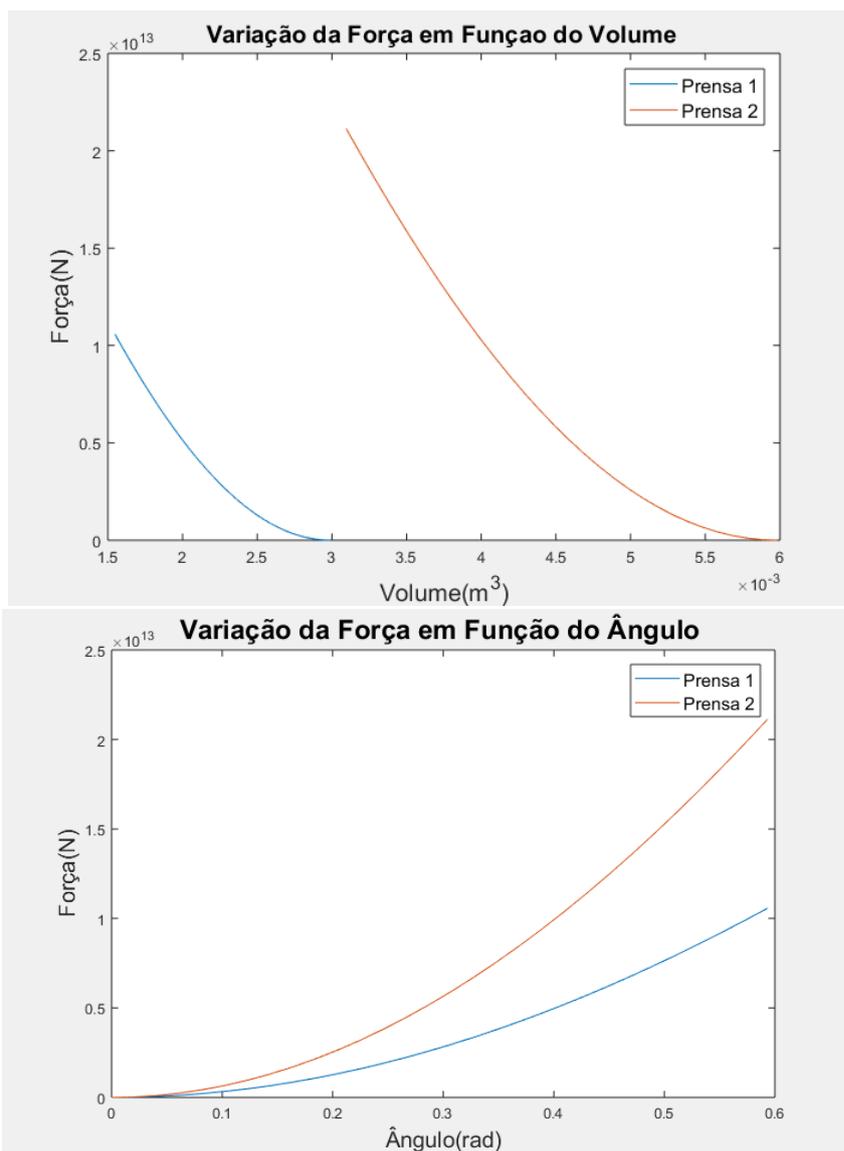
Fonte: Autoria do próprio grupo - Via MATLAB.

Figura 15 – Prensa 1 e Prensa 2 respectivamente



Fonte: Autoria do próprio grupo - Via MATLAB.

Figura 16 – Gráfico da variação em função do volume



Fonte: Autoria do próprio grupo - Via MATLAB.

E Programação e Desenho Técnico

Figura 17 – Programação 1

```

1
2 % Prensa de 1 Tijolo Ecológico
3
4 Theta= linspace(0,17*pi/90,30); % Em graus celcius
5 V1= linspace(0.00299,0.00184,30); %Variação do Volume em m^3
6 A1= 0.0248; %Area em m^2
7 Tensao1= (-1.0405*10^18*V1 + 3.1114 *10^15);
8
9 R1 = (-1.0405*10^18*V1 + 3.1114 *10^15) .* 0.0248; %Equação da tensão de compactação em Pa
10 [r1,t] = meshgrid(R1,Theta);
11 F1= 0.508.*R1.*sin(Theta); %Equação da Força em função do volume e ângulo
12 f1= 0.508.*r1.*sin(t);
13 %-----
14
15 %Prensa de 2 Tijolo de Ecológico
16
17 Theta= linspace(0,17*pi/90,30); % Em graus celcius
18 V2= linspace(0.005980,0.003096,30); %Variação do Volume em m^3
19 A2= 0.0496; %Area em m^2
20 Tensao2= (-5.2011*10^17*V2 + 3.1103 *10^15);
21
22 R2 = (-5.2011*10^17*V2 + 3.1103 *10^15) .* 0.0496; %Equação da tensão de compactação em Pa
23 [r2,t] = meshgrid(R2,Theta);
24 F2= 0.508.*R2.*sin(Theta); %Equação da Força em função do volume e ângulo
25 f2= 0.508.*r2.*sin(t);
26 %-----
27

```

Fonte: Autoria do próprio grupo - Via MATLAB.

Figura 18 – Programação 2

```

27
28 figure(1)% Variação da Força em Função do Ângulo
29
30 plot(Theta,F1,Theta,F2)
31 title('Variação da Força em Função do Ângulo ', 'fontSize',18)
32 xlabel('Ângulo(rad)', 'fontSize',15)
33 ylabel('Força(N)', 'fontSize',15)
34 legend({'Prensa 1','Prensa 2'}, 'FontSize',12)
35
36 figure(2)% Variação da Força em Função do Volume
37 plot(V1,F1,V2,F2)
38 title('Variação da Força em Função do Volume ', 'fontSize',15)
39 xlabel('Volume(m^3)', 'fontSize',15)
40 ylabel('Força(N)', 'fontSize',15)
41 legend({'Prensa 1','Prensa 2'}, 'FontSize',12)
42
43 figure(3) %Variação da Tensão de Compactação do Volume
44 plot(V1,Tensao1,V2,Tensao2)
45 title('Variação da Tensão de Compactação em Função do Volume ', 'fontSize',15)
46 xlabel('Volume(m^3)', 'fontSize',15)
47 ylabel('Tensão de compactação(Pa)', 'fontSize',15)
48 legend({'Prensa 1','Prensa 2'}, 'FontSize',12)

```

Fonte: Autoria do próprio grupo - Via MATLAB.

Figura 19 – Programação 3

```

49
50 figure(4)% Variação da Força em Função do Volume e do Ângulo(prensa 1 tijolo)
51 mesh(V1,t,F1)
52 title('Variação da Força em Função do Volume e do Ângulo', 'fontSize',18)
53 xlabel('Volume(m^3)', 'fontSize',15)
54 ylabel('Ângulo(rad)', 'fontSize',15)
55 zlabel('Força(N)', 'fontSize',15)
56
57 figure(5)% Variação da Força em Função do Volume e do Ângulo(prensa 2 tijolos)
58
59 mesh(V2,t,F2)
60 title('Variação da Força em Função do Volume e do Ângulo', 'fontSize',20)
61 xlabel('Volume(m^3)', 'fontSize',15)
62 ylabel('Ângulo(rad)', 'fontSize',15)
63 zlabel('Força(N)', 'fontSize',15)
64

```

Fonte: Autoria do próprio grupo - Via MATLAB.

Figura 20 – Desenho técnico

