

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**RENATO PASCON OCCIK**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA FABRICAÇÃO  
DE TIJOLOS DE FÁCIL ENCAIXE UTILIZANDO ENTULHO  
RECICLADO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CORNÉLIO PROCÓPIO**

**2016**

**RENATO PASCON OCCIK**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA FABRICAÇÃO  
DE TIJOLOS DE FÁCIL ENCAIXE UTILIZANDO ENTULHO  
RECICLADO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Celso Naves de Souza

**CORNÉLIO PROCÓPIO**

**2016**

Dedico esse trabalho aos meus pais e minha irmã.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por minha vida, família e amigos.

Aos meus pais, José Alípio e Elza Maria, e minha irmã Fernanda, por todo o incentivo, carinho e apoio incondicional, os quais foram essenciais nesses anos de faculdade.

A minha namorada Tayane, minha companheira, que me deu apoio e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço, e que acima de tudo sempre esteve ao meu lado.

Ao meu sogro Ésio e minha sogra Nilva, pelas correções e incentivos, que tanto ajudaram na elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Celso Naves de Souza pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos de Rio Claro, Álvaro, André Teruo, André Luiz, Alex, Bruno, Cauê, Clarissa, Daniel, Guilherme, João Paulo e Vitor, pelas risadas e companheirismo. Valeu Panquet.

Aos meus amigos de Cornélio Procópio, Marcos, Vinicius, André que moraram comigo durante 4 anos, a todo o pessoal que morou no condomínio 14 Bis, ao pessoal das republicas, Duff, DNA, BMW, Netos do Velho Barreiro, Repness, Vam<sup>o</sup> ET e Toca do Guaxinim e a todos que me acompanharam nesses anos de faculdade.

Aos meus tios, Maria Izabel, Maria Ângela, Alexandre, Manoel, Celia, Reinaldo, Francisco Carlos, Isabel Cristina, Marcelo e Cristina por todos os momentos de ajuda e confraternização.

Aos meus avós Izaltina (in memoriam), Alípio (in memoriam), Francisco e Elza, por serem os pilares da nossa família.

Aos primos, Raphael, Arthur, Bianca, Diogo, Nayla, Nayara e Natalia pelos momentos de confraternização.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação academia, muito obrigado.

“Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que  
você faz com aquilo que você sabe.” (Aldous Huxley)

## RESUMO

OCCIK, Renato Pascon. **Estudo de viabilidade econômica para fabricação de tijolos de fácil encaixe utilizando entulho reciclado**. 2016. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

Uma grande preocupação nos dias atuais é com relação a sustentabilidade. Os recursos naturais estão cada dia mais escassos e a demanda por esses recursos é cada dia maior. Um dos setores que mais causa impactos ambientais é o da construção civil, que é responsável pela utilização de vinte a cinquenta por cento dos recursos naturais consumidos pela sociedade. Diante desses dados, este estudo tem por objetivo estudar a viabilidade econômica de uma linha de produção de tijolos ecológicos em uma empresa de reciclagem de entulho, visando o reaproveitamento do entulho de construção, na fabricação de tijolos e reduzindo a quantidade de recursos naturais utilizados para fabricação dos mesmos. O estudo foi realizado em parceria com a empresa Kata Entulho, situado na cidade de Rio Claro, estado de São Paulo, onde será analisado a viabilidade econômica da implantação da linha produtiva, bem como a seleção dos equipamentos necessários e a área utilizada para a implementação da mesma. De acordo com o estudo, pode-se notar a viabilidade da implementação tanto com relação aos custos de implementação, quanto aos custos de produção.

**Palavras-chave:** Tijolo Ecológico. Fabricação de Tijolos. Reciclagem de Entulho. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

OCCIK, Renato Pascon. **Economic viability study to manufacture easy fitting bricks, using recycled rubble.** 2016. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procopio, 2016.

A major concern nowadays is about sustainability. Natural resources are becoming scarcer day-by-day and the demand for these resources is becoming larger. One of the sectors that cause many environmental impacts is the construction industry, which is responsible for the use of twenty to fifty percent of natural resources consumed by society. Given these data, this study aims to study the economic feasibility of a production line of green bricks in a rubble recycling company, targeting the reuse of construction debris in the manufacture of bricks and reducing the amount of natural resources used to manufacturing thereof. The study was conducted in partnership with Kata Entulho, a company located in Rio Claro, São Paulo, where the economic viability of the production line implementation, as well as the selection of the necessary equipment and the area used for the implementation will be analyzed. According to the study, it was noted the feasibility of implementing both with respect to implementation costs, as the production costs.

**Keywords:** Green Bricks. Brick Manufacturing. Rubble Recycling. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Tijolo Convencional .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2 - Diagrama de fabricação de Tijolos .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3 - Tijolo Ecológico.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4 - Rede Hidráulica Embutida.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 5 - Prensa Manual .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 6 - Prensa Hidráulica .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 7 – Traço para produção de tijolos solo-cimento.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 8 - Sentido de colocação dos tijolos nos pallets .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 9 - Layout área de estocagem e produção .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 10 - Estoque sem cobertura .....</b>	<b>33</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1- Cotação de Prensas.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 2 - Maquinas Seleccionadas de Acordo com a Produção .....</b>	<b>28</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 OBJETIVO.....	11
1.2 ESTRUTURA .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 RESÍDUOS.....	13
2.2 RECICLAGEM DE RESÍDUOS .....	13
2.3 TIJOLOS CONVENCIONAIS .....	14
2.4 IMPACTO NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS CONVENCIONAIS .....	16
2.5 TIJOLOS ECOLÓGICOS .....	16
2.6 TIJOLOS ECOLÓGICOS UTILIZANDO ENTULHO RECICLADO .....	18
2.7 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS .....	19
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
3.1 QUANTIFICAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA USADA NA FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS .....	22
3.2 ESCOLHA DO MAQUINÁRIO .....	23
3.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE ESTOCAGEM E MOVIMENTAÇÃO DO PRODUTO .....	24
3.4 DEFINIÇÃO DA ÁREA UTILIZADA PARA FABRICAÇÃO E ESTOQUE ...	24
3.5 DEFINIÇÃO DO CUSTO DE FABRICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO .....	25
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
4.1 QUANTIFICAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA PARA FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS .....	26
4.2 SELEÇÃO DO MAQUINÁRIO .....	28
4.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE ESTOCAGEM E MOVIMENTAÇÃO DO PRODUTO E DEFINIÇÃO DA ÁREA UTILIZADA PARA FABRICAÇÃO E ESTOQUE.....	29
4.4 DEFINIÇÃO DOS CUSTOS DE FABRICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO .....	33
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem ocorrido um crescente interesse no tema reciclagem, inclusive na reciclagem de resíduos provenientes da construção civil. O ser humano vem cada dia mais explorando os recursos disponíveis na natureza sem se preocupar com as consequências que essa exploração pode causar ao meio ambiente. Estas atividades geram uma quantidade considerável de resíduos (PEREIRA et al, 2011).

Devido ao crescimento desenfreado do consumo de recursos naturais vem se notando uma grande degradação do meio ambiente, fazendo com que o homem reconsidere sua forma atual de produção. Entre os setores que mais consomem recursos naturais está o setor da construção civil (PAIVA; RIBEIRO, 2011).

A fabricação de tijolos convencionais consome muito recurso natural, seja a argila retirada das jazidas, ou até mesmo a madeira utilizada em fornos para a queima de tijolos.

Com isso, surge a necessidade de reciclar resíduos provenientes de construção civil, tendo em vista que o setor é responsável por grande parcela do consumo de recursos naturais não renováveis, e a utilização desse tipo de material auxilia na redução do impacto ambiental provocado com a fabricação de tijolos de argila.

O trabalho proposto foi desenvolvido em parceria com a empresa Kata Entulho, que é uma empresa familiar de pequeno porte, situada na cidade de Rio Claro, estado de São Paulo. Inicialmente, a empresa que foi fundada no ano de 1992, tinha por única atividade a locação de caçambas para remoção de entulho, porém em 2010 com o intuito de acompanhar as tendências do mercado e preocupada com as questões de preservação ambiental e social, a empresa decidiu investir em equipamentos de separação e reciclagem de entulho para reutilização o material em diversos setores, em especial, na área da construção civil.

Diante do fato que a fabricação de tijolos convencionais, causa grande impacto ambiental, pois além da retirada de argila vermelha das jazidas, o

sistema concorre para o aumento da dispersão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, devido ao consumo da madeira empregada para a sua queima.

Uma das formas de fixar positivamente a imagem das empresas junto a sociedade e aos consumidores é o empresário conduzir suas ações sempre pautado na busca da sustentabilidade do seu próprio negócio. Seus investimentos e suas ações devem buscar a viabilidade econômica sempre com responsabilidade voltada às questões sociais e ambientais.

Assim, este trabalho visa incrementar os negócios da empresa e melhorar ainda mais, a sua imagem perante a sociedade, ao investir responsavelmente neste sistema de produção de tijolos ecológicos de fácil encaixe, contribuindo assim para redução dos impactos ambientais provocados pela fabricação de tijolos convencionais, além de estimular o reuso do entulho na construção civil.

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é estudar a viabilidade para implementação de uma linha de produção de tijolos reciclados na empresa Kata Entulho, situada na cidade de Rio Claro, São Paulo, a fim de agregar valor ao material reciclado já produzido pela empresa.

- Definir a proporção da mistura que deve ser empregada na fabricação do tijolo de fácil encaixe;
- Dimensionar o maquinário conforme a oferta de material produzido na empresa;
- Cotar maquinário pertinente a produção;
- Definir área de estoque necessária;
- Definir área de produção;
- Definir modo de movimentação dos produtos;

- Estudar a viabilidade econômica do sistema produtivo sugerido.

## 1.2 ESTRUTURA

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: no Capítulo 2, apresenta-se a revisão bibliográfica sobre a fabricação de tijolos convencionais, bem como a fabricação de tijolos ecológicos, sobre o método de reciclagem de entulho e dos maquinários. No Capítulo 3, discorre sobre os materiais utilizados, além dos métodos propostos. No Capítulo 4 são apresentados os resultados do estudo, bem como as discussões e por fim, no Capítulo 5, as considerações finais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 RESÍDUOS

Atualmente no modelo de produção, os resíduos são gerados por duas áreas distintas, os de bens de consumo duráveis, como no caso de pontes, edificações e rodovias; e os bens de consumo não duráveis, como no caso de embalagens descartáveis. Esse tipo de produção utiliza muitas vezes matérias-primas não renováveis, de origem natural. Esse modelo era amplamente utilizado por existir um menor consumo de bens e grande abundância de recursos naturais (ÂNGULO et al, 2001).

Os mesmos autores consideram que, com a criação de novas tecnologias, intensificação da industrialização, crescimento populacional, e a diversificação de bens de consumo e serviços, os resíduos transformaram-se em graves problemas para o gerenciamento urbano devido ao grande volume descartado (ÂNGULO et al, 2001).

Estima-se que a área da construção civil responda pela utilização de 20% a 50% de todos recursos naturais utilizados pela sociedade. O setor é responsável pelo consumo de grandes quantidades de materiais que necessitam ser transportados por grandes distâncias (MOTTA et al, 2015).

Os problemas que mais se destacam são a escassez de áreas para deposição de resíduos devido à valorização das áreas urbanas, os altos custos no gerenciamento de resíduos e problemas de saneamento e contaminação ambiental (ÂNGULO et al, 2001).

### 2.2 RECICLAGEM DE RESÍDUOS

O entulho descartado na construção civil, embora não se destaque por sua toxicidade, que é considerada baixa, se destaca devido ao seu volume, que a cada dia cresce mais, e com isso requer medidas imediatas. A construção

civil além de se destacar como grande consumidora de recursos naturais é também apontada como a maior geradora de resíduos urbanos. A reciclagem de resíduos provenientes dessa atividade, vem se sobressaindo como uma importante prática para a sustentabilidade, tanto pela redução do impacto ambiental, quanto pela redução dos custos (MOTTA et al, 2015).

A área da construção civil está buscando novos conceitos e novas técnicas que visam à sustentabilidade em seus ramos de atividade, o que vem ocorrendo pela crescente necessidade de preservação do meio ambiente e por causa da escassez de recursos naturais. O aproveitamento do entulho de construção, se destaca por ser uma alternativa ao descarte, atribuindo valor ao material. Em certas situações, como no caso da confecção de tijolos ecológicos, pode trazer vantagens técnicas e ser considerado como um redutor de custos (MOTTA et al, 2015).

### 2.3 TIJOLOS CONVENCIONAIS

Tijolos cerâmicos convencionais, como mostrados na Figura 1, são produtos oriundos da argila ou misturas, as quais são fabricadas através de moldagem, secagem e queima (NUNES, 2012).

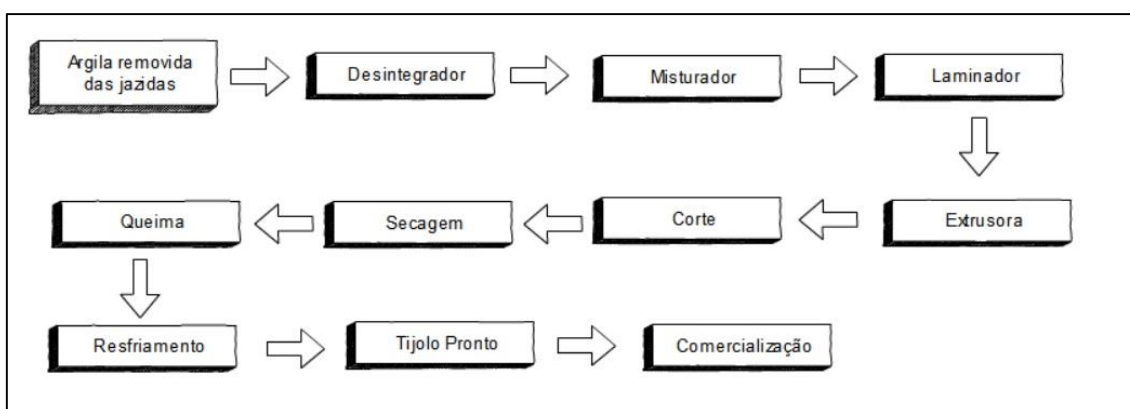


**Figura 1 - Tijolo Convencional**  
**Fonte: Grupo Construfan (2012).**

A indústria cerâmica é caracterizada por duas etapas distintas, a primeira etapa consiste na exploração da matéria prima, no caso a argila, e a segunda consiste na transformação, no caso a elaboração do produto final (NUNES, 2012).

As argilas são materiais que possuem propriedades de se tornarem plásticos quando mesclado com água, e que endurecem quando secos e cozidos. São materiais terrosos compostos por grãos com diâmetros menores que 0,005 mm (NUNES, 2012).

A fabricação de tijolos segue as seguintes etapas: A argila é retirada, e carregada em um caminhão basculante, é então levada até o local onde será realizada a mistura da argila através do desintegrador. São então adicionadas ao misturador, onde a argila pastosa passa entre dois cilindros a fim de esmagar e triturar a mistura. Após a adição da água, essa mistura é levada até a extrusora, onde é passada, por um alimentador, através de grelhas a fim de minimizar o ar contido na massa cerâmica. A mistura então é colocada dentro de moldes e cortadas nos tamanhos pré-definidos. Tapetes rolantes transportam a mistura moldada até a secagem onde permanecem por no mínimo 10 dias, porém o processo pode ser acelerado através da utilização de caldeira e exaustores onde permanecem pelo tempo mínimo de 72 horas. Após o processo de secagem, são transportadas até os fornos e empilhadas a fim de que a queima seja homogênea em todos os tijolos. Após o processo de queima, as peças devem descansar até atingirem a temperatura ambiente, sendo em seguida encaminhadas para o controle de qualidade e posteriormente para os consumidores (NUNES, 2012).



**Figura 2 Diagrama de fabricação de Tijolos Convencionais.**  
Fonte: Autoria Própria



## 2.4 IMPACTO NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS CONVENCIONAIS

As jazidas de argila vermelha, utilizadas na fabricação de tijolos, geralmente são de grande porte, e distribuídas em praticamente todas as regiões do país. Vale ressaltar que essa matéria prima, representa de 40% a 50% dos minerais explorados no país (SEBRAE, 2008).

O uso inapropriado do solo, por causa da retirada de argila, e o corte da lenha como fonte de combustível para alimentação de fornos da indústria ceramista, grande produtora de tijolos e telhas para construção civil, são os maiores degradantes (NUNES, 2012).

O impacto relacionado à matéria prima é a degradação da área de extração da argila. Porém a geração de resíduos sólidos é provocada pelas perdas durante o processo produtivo, devido à falta de controle efetivo. E por fim a queima do produto em fornos e secadores, e o transporte da matéria prima, são responsáveis pela emissão de CO<sub>2</sub> (NUNES, 2012).

## 2.5 TIJOLOS ECOLÓGICOS

Tijolo ecológico ou tijolo de solo cimento, como é visto na Figura 3, é feito de uma combinação de cimento e solo que são prensados em um molde, definindo assim o seu formato. É um processo que não necessita da queima em fornos de lenha, evitando assim a utilização de madeira e a poluição do ar (SALA, 2006).



**Figura 3 - Tijolo Ecológico**  
**Fonte: Modular Tijolos Ecológicos(2012).**

Este tipo de tijolo é um sistema modular com uma alvenaria uniforme, diminuindo assim as perdas no reboco. Possui furos internos, que permitem embutir a rede elétrica e hidráulica, sem que haja o recorte da parede, como pode ser notado na Figura 4. Essa nova técnica construtiva possui diversas vantagens como: redução de 30% do tempo total de construção, em relação à alvenaria convencional; melhor distribuição de cargas e pesos sobre as paredes, devido aos encaixes e as colunas embutidas nos furos; redução da utilização de concreto e argamassa em 70%; redução da utilização de ferro em 50%(MOTTA et al, 2015).



**Figura 4 - Rede Hidráulica Embutida**  
**Fonte: Adaptado casaPRO(2010).**

O tijolo ecológico ou tijolo de solo cimento, possui matéria prima abundante por se tratar de terra crua. Pelo fato de não ser queimado, propicia

economia de energia na fabricação, além de proporcionar conforto térmico e acústico, por possuir características isolantes (MOTTA et al, 2015).

## 2.6 TIJOLOS ECOLÓGICOS UTILIZANDO ENTULHO RECICLADO

O tijolo de solo cimento, vem sendo uma alternativa utilizada na construção de habitações populares, devido a facilidade de fabricação e baixo custo. O custo de fundações, paredes e piso podem alcançar 50% do custo da edificação de habitações populares (NEVES, 2001).

Outra vantagem do tijolo de solo estabilizado é a possibilidade de utilização de matérias abundantes na região como agregado na sua fabricação, como é o caso do entulho reciclado que, além de aproveitar o recurso disponível, pode contribuir com a melhoria do produto (NEVES, 2001).

Segundo a norma NBR 10004, resíduos de entulho constituídos de fragmentos de tijolos, concreto, argamassa, fragmentos de telhas, e outros, podem ser classificados como material inerte, pois com a destinação adequada, não apresentam riscos de contaminação para a saúde pública e para o meio ambiente. O produto, quando devidamente reciclado, pode ser empregado como material de construção, devido as suas propriedades físicas e químicas após a reciclagem (NEVES, 2001).

Segundo o mesmo autor, o aproveitamento do entulho pela construção civil, além de facilitar a reciclagem, minimiza os efeitos prejudiciais do descarte irregular e do esgotamento das áreas de descarte. Destaca ainda que as aplicações mais indicadas para a utilização de materiais reciclados provenientes da construção civil são, base e sub-base de pavimentos, aterros, agregados para concreto e argamassa, e matéria-prima para a produção de tijolos e blocos, sendo que a utilização dos mesmos podem produzir materiais mais baratos, devido a reciclagem, e de melhor qualidade.

## 2.7 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS.

Os tijolos ecológicos ou de solo cimento, são moldados através da prensagem, em equipamentos que utilizam moldes a fim de produzir o formato desejado. As máquinas disponíveis para a fabricação podem variar de equipamentos simples, como prensas manuais, até unidades de produção industrial complexas, que utilizam pulverizadores de solo, peneiras, misturadores, dosadores, prensas hidráulicas automatizadas e demais acessórios. O dimensionamento do maquinário a ser usado, está diretamente relacionado com a produtividade esperada (TICIANI, 2005).

As prensas podem ser divididas em mecânicas ou hidráulicas, podendo ou não ser automatizadas, dependendo da produção diária desejada. Uma prensa manual mecânica produz de 300 a 1200 tijolos por dia e a energia de compactação pode alcançar 2,0 MPa, enquanto uma manual hidráulica tem uma produção de 2000 a 2800 tijolos por dia, com energia de compactação até 10,0 MPa e uma automatizada hidráulica pode produzir mais de 12000 tijolos por dia, com energia de compactação superior a 20,0 MPa (TICIANI, 2005).

As prensas manuais, como pode ser vista na Figura 5, além de pequenas, leves e de fácil utilização, requerem baixo investimento para aquisição, baixo custo de manutenção e custo ínfimo do consumo de energia. Por serem prensas que dependem da força física do operador, possui uma baixa taxa de compactação, o que implica em cuidados especiais na seleção e preparação do solo a ser utilizado, para que o tijolo produzido apresente a resistência à compressão necessária. Vale apontar que a produção real dessas prensas manuais é variável, pois depende do esforço físico do operador em seu turno completo de trabalho. Pode-se utilizar o rodízio da equipe de trabalho a fim de evitar perdas na produtividade e eventuais prejuízos na qualidade do tijolo produzido (TICIANI, 2005).



**Figura 5 - Prensa Manual**  
**Fonte: Engemaquinas (2014).**

A prensa hidráulica, como vista na Figura 6, além de diminuir o esforço físico necessário para operá-la, aumenta significativamente a energia de compactação, permitindo assim melhor uniformidade, compactação e resistência mecânica nos componentes produzidos. Pode-se também utilizar um acoplamento rotatório com moldes múltiplos, ao invés de uma plataforma fixa com moldes individuais, a fim de aumentar a produtividade (TICIANI, 2005).



**Figura 6 - Prensa Hidráulica**  
**Fonte: Adaptado Mecamig (2015).**

Segundo Ticiani (2005), a eficiência é definida como a relação entre a produção do equipamento e o custo. Destaca que as prensas manuais possuem menor eficiência em relação às prensas hidráulicas, pois embora tenha menor custo, tem baixa produtividade quando comparada com a hidráulica.

Para produção de tijolos de altura até 8 cm são utilizadas prensas com pistão compactador em apenas um sentido, porém para valores superiores até a altura de 20 cm, é necessário a utilização de prensas com duplo sentido de compactação. Isso se dá por causa das propriedades de compactação do solo (TICIANI, 2005).

A aquisição do equipamento de prensagem, a produção desejada e o grau de automatização devem ser apropriadas ao empreendimento e ao investimento disponível. A técnica de produção de tijolos utilizando sistemas manuais ou automatizados é simples e de fácil assimilação pelos operadores (TICIANI, 2005).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 QUANTIFICAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA USADA NA FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS

O entulho que chega em caçambas vindas de obras é descarregado no pátio da empresa Kata Entulho, onde são separados os diferentes materiais, plásticos, papéis, metais, madeiras, e todos os outros resíduos que podem ser reciclados separadamente ou descartados, restando apenas fragmentos de tijolos, concreto, argamassa, fragmentos de telhas, dentre outros materiais que podem ser moídos. Esses materiais passam por um processo de moagem, com o uso de britador de mandíbula, e posteriormente passam pela peneira vibratória, que os separam em diferentes granulações, de acordo com o desejado.

De acordo com Pisani (2002), o volume de material necessário para prensagem corresponde ao dobro do volume do tijolo prensado. Portanto, a partir disso deve-se calcular o volume do tijolo e da quantidade do material a ser prensado.

Na fabricação é utilizada a areia produzida em conjunto com o Cimento Portland e água, em que de acordo com Neves (2011), deverá ser empregado na proporção de 10 partes de areia reciclada, para 1 parte de Cimento, e pequena quantidade de água empregada para misturar e ligar as partes, conforme a figura 7. Assim, pode-se calcular a quantidade de cimento e material reciclado necessário para confecção dos tijolos ecológicos.

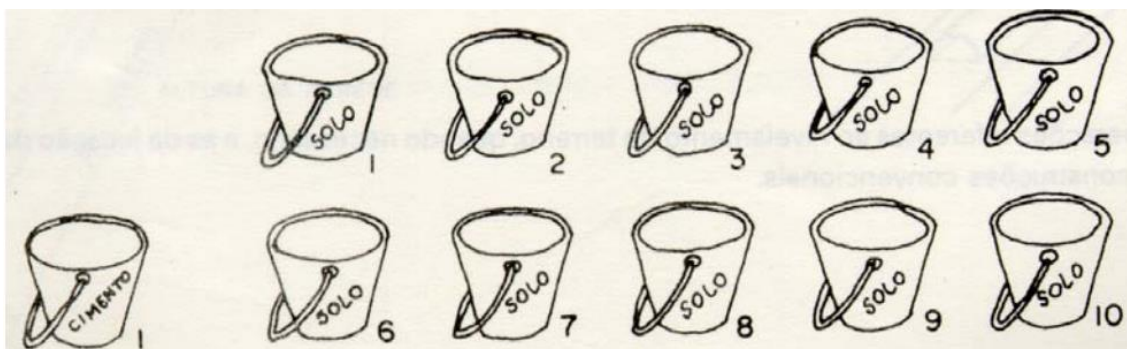


Figura 7 – Traço para produção de tijolos solo-cimento.

Fonte: CARTILHA PARA PRODUÇÃO DE TIJOLO SOLO-CIMENTO (1999).

### 3.2 ESCOLHA DO MAQUINÁRIO

Foram cotadas em diversas empresas, tanto máquinas hidráulicas, quanto máquinas manuais para fabricação dos tijolos ecológicos.

A prensa foi selecionada primeiramente a partir da relação entre a quantidade de material que é utilizado para produzir um tijolo, e a quantidade de matéria prima que a empresa produz diariamente, o que permite o dimensionamento da quantidade de tijolos que a empresa pode produzir e comercializar por cada período de trabalho. A partir disso, define-se qual o tipo de prensa a ser utilizado, a prensa manual, que tem baixa produtividade, ou a prensa hidráulica, que possui alta produtividade.

A escolha do tipo de prensa depende do rendimento do maquinário para a produção dos tijolos ecológicos bem como do custo para a aquisição, selecionando sempre o de melhor custo benefício.



### 3.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE ESTOCAGEM E MOVIMENTAÇÃO DO PRODUTO

A partir da definição do equipamento que a ser utilizado, define-se o método de estocagem dos tijolos produzidos escolhendo aquele que facilite a movimentação dos tijolos produzidos e que venha a comportar a produção esperada.

Quanto a movimentação, deve-se definir o equipamento a ser utilizado para movimentar os tijolos produzidos, sendo definido a partir do método de estocagem.

### 3.4 DEFINIÇÃO DA ÁREA UTILIZADA PARA FABRICAÇÃO E ESTOQUE

De acordo com Motta (2015) é importante que o tijolo tenha um período de cura de 7 dias, na sombra e que seja umedecido periodicamente, portanto a área de cobertura necessária deve ser capaz de estocar no mínimo a produção de pelo menos 7 dias corridos. Segundo Pisani (2002), somente após 28 dias o tijolo estará completamente curado, e pronto para o transporte. Portanto a determinação da área sem cobertura necessária para a secagem final dos tijolos é calculada levando em conta a produção ocorrida durante o período dos últimos 21 dias, totalizando 28 dias corridos necessários para a cura total dos tijolos.

As áreas calculadas devem ser acrescidas dos espaços necessários para abrigar os equipamentos empregados na construção dos tijolos e para circulação e movimentação de máquina e das pessoas empregadas na movimentação, embalagem e estocagem dos tijolos.

### 3.5 DEFINIÇÃO DO CUSTO DE FABRICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO

Deve-se definir os custos de fabricação a partir da quantidade de material que será utilizado para a produção dos tijolos, do custo da mão de obra utilizada direta e indireta, bem como os custos de água e energia utilizados para a fabricação.

Posteriormente, calcula-se o custos relacionados com a aquisição e instalação dos equipamentos propostos, com os custos da área de cobertura necessária para a fabricação e estoque dos tijolos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 QUANTIFICAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA PARA FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS

Primeiramente define-se o volume do tijolo a fim de calcular a quantidade de matéria prima a ser prensada, utilizando-se da formula do volume do paralelogramo, onde  $V$  é o volume( $m^3$ ) de um tijolo,  $C$  o comprimento (m),  $L$  a largura (m) e  $H$  a altura (m), portanto tem-se a equação (x):

$$V = C \times L \times H \quad (1)$$

$$V = 0,25 \times 0,125 \times 0,065$$

$$V = 2,03125 \times 10^{-3}m^3$$

Após a determinação do volume de um tijolo, multiplica-se o volume por dois, para a obtenção da quantidade da mistura entre areia reciclada e do cimento necessária para a fabricação conforme equação (2), onde  $QTD(m^3)$  é a quantidade da mistura entre areia reciclada e do cimento para a fabricação de um tijolo, onde  $V$  é o volume do tijolo prensado.

$$QTD = 2 \times V \quad (2)$$

$$QTD = 2 \times 2,03125 \times 10^{-3}m^3$$

$$QTD = 4,0625 \times 10^{-3}m^3$$

Definida a quantidade de material a ser misturado necessário para a fabricação de um tijolo, calcula-se a quantidade de areia reciclada necessária,

sempre respeitando a proporção de dez partes de areia reciclada para uma parte de cimento, ou seja (10:1 V/V). Assim, a quantidade de areia reciclada necessária para a fabricação pode ser calculada empregando a equação (3), onde QTDA (m<sup>3</sup>) é a quantidade de areia reciclada necessária para o processo em metros cúbicos, QTD (m<sup>3</sup>) é a quantidade do volume prensado da mistura entre de areia reciclada e do cimento necessário para fabricação de um tijolo, TP é o total de parte utilizadas na mistura entre areia reciclada e cimento e PA é o total de parte de areia reciclada utilizada na fabricação do tijolo reciclado.

$$QTDA = \frac{QTD}{TP} \times PA \quad (3)$$

$$QTDA = \frac{4,0625 \times 10^{-3}}{11} \times 10$$

$$QTDA = 3,6932 \times 10^{-3} m^3$$

Com base na quantidade de areia reciclada necessária para produzir um tijolo, em conjunto com a quantidade de areia reciclada produzida diariamente, que segundo José Alípio, um dos sócios da empresa é de aproximadamente 15 m<sup>3</sup>/dia, pode-se estimar a capacidade diária de produção da empresa que é de 4061 tijolos. Esse cálculo se dá com a equação (4), em que NT é o número total de tijolos que podem ser produzidos, QTDA (m<sup>3</sup>) é a quantidade de areia reciclada produzida em um dia (15 m<sup>3</sup>), e QAP (m<sup>3</sup>) é a quantidade de areia reciclada produzida pela empresa.

$$NT = \frac{QAP}{QTDA} \quad (4)$$

$$NT = \frac{15}{3,6932 \times 10^{-3}}$$

$$NT = 4061 \text{ Tijolos/dia}$$

## 4.2 SELEÇÃO DO MAQUINÁRIO

Após a definição da capacidade de produção diária de tijolos reciclados, define-se a escolha do tipo do maquinário a ser utilizado, a partir da capacidade de produção da empresa. Foram cotadas prensas hidráulicas e manuais em sete empresas diferentes, porém só obteve-se resposta de quatro empresas conforme tabela (1).

**Tabela 1- Cotação de Prensas**

	Empresa						
	Eco Máquinas		Jarfel		Monteiro Tijolos	VimaqPrensas	
Tipo de Prensa	Manual	Hidráulica	Manual	Hidráulica	Hidráulica	Manual	Hidráulica
Capacidade de produção de Tijolos	900	3600	900	3600	7200	900	3600
Preço	R\$ 16.000,40	R\$ 42.841,70	R\$ 10.600,00	R\$ 37.500,00	R\$ 210.000,00	R\$ 4.000,00	R\$ 25.900,00

Fonte: Autoria Própria

A partir da quantidade de tijolos produzidos, pode-se selecionar três maquinário cotados, conforme tabela (2).

**Tabela 2 - Máquinas Selecionadas de Acordo com a Produção**

	Empresa		
	Eco Máquinas	Jarfel	VimaqPrensas
Quantidade de Tijolos	3600	3600	3600
Preço	R\$ 42.841,70	R\$ 37.500,00	R\$ 25.900,00

Fonte: Autoria Própria

Diante dos dados contidos na tabela (2), pode-se selecionar o maquinário a partir do preço, pois todas empregam a mesma quantidade de mão de obra e consomem quantidade de energia similares para a produção dos tijolos. Portanto o maquinário selecionado foi a prensa hidráulica da marca VimaqPrensas, que possui o menor valor cotado, e a sua produção está próximo da capacidade máxima (4061 tijolos) de produção da empresa.

#### 4.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE ESTOCAGEM E MOVIMENTAÇÃO DO PRODUTO E DEFINIÇÃO DA ÁREA UTILIZADA PARA FABRICAÇÃO E ESTOQUE

A partir da escolha do equipamento, é necessário definir o método de estocagem e para isso foi levado em conta a facilidade de estocagem e movimentação. Definiu-se então que o melhor método a ser utilizado seria a estocagem em cima de pallets, pois a empresa possui duas retroescavadeiras, sendo que uma delas é pouco utilizada, o que facilita a movimentação dos pallets contendo os tijolos fabricados. É necessário a adaptação de garfos utilizados em empilhadeiras na pá da retroescavadeira.

Posteriormente, deve-se definir a área necessária para estoque, tanto a área coberta para o período de sete dias para cura dos tijolos, quanto a área descoberta para o período de vinte e um dias para a cura final.

Para determinar a área coberta, deve-se calcular a área de produção para cinco dias, pois a empresa trabalha de segunda a sexta em horário comercial, portanto sábado e domingo não é necessário contabilizar pois não possui produção, o mesmo ocorre para a área de estoque descoberta, então só será contabilizado estoque de 15 dias de produção.

Para estoque em pallets, segundo Neves (2001) os blocos devem ser acomodados em pilhas de no máximo um metro e meio de altura. Como a

movimentação é realizada com auxílio de uma retroescavadeira a altura máxima será de um metro evitando que ocorra instabilidade das pilhas de tijolos sobre o pallets. A partir dessa informação pode-se calcular a quantidade máxima de empilhamento dos tijolos conforme a equação (5) em que NTE é o número de tijolos que podem ser empilhados, HE é a altura máxima de empilhamento e H é a altura do tijolo.

$$NTE = \frac{HE}{H} \quad (5)$$

$$NTE = \frac{1}{0,065}$$

$$NTE = 15 \text{ Tijolos/Pilha}$$

O tamanho padrão dos pallets é de um metro e vinte de comprimento, por um metro de largura. As madeiras dos pallets são direcionadas na horizontal, portanto a primeira camada de tijolos devem ser colocados no pallet no sentido vertical conforme a figura (8).

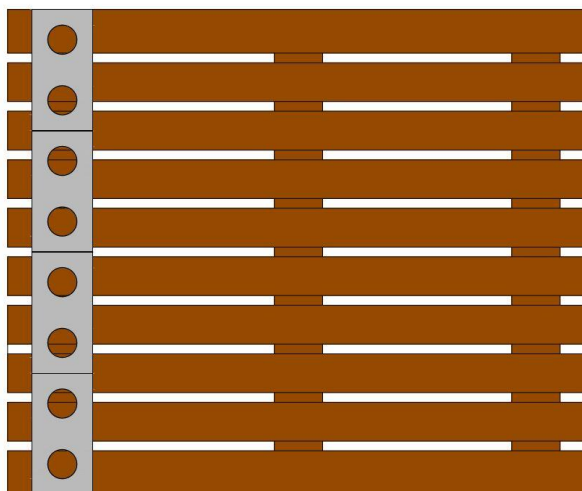


Figura 8 - Sentido de colocação dos tijolos nos pallets

Fonte: Autorial Própria

As camadas ou fiadas subsequentes devem ser colocadas sempre em sentidos opostos a camada anterior, a fim de conseguir uma melhor estabilidade da carga. Como a primeira camada deve ser colocada na horizontal, pode-se calcular a quantidade de tijolos dispostos no pallet pela equação (6), onde QTDC é a quantidade total de tijolos que podem ser empilhados em cada pallet, C (m) é o comprimento do tijolo, L (m) é a largura do tijolo, CP (m) é o comprimento do pallet, LP (m) é a largura do pallet e NTE é o número de camadas ou fiadas que podem ser empilhados.

$$QTDC = \left( \left( \frac{LP}{C} \right) \times \left( \frac{CP}{L} \right) \right) \times NTE \quad (6)$$

$$QTDC = \left( \left( \frac{1,0}{0,25} \right) \times \left( \frac{1,2}{0,125} \right) \right) \times 15$$

$$QTDC = 540 \text{ Tijolos/Pallet}$$

A partir da produção diária de tijolos e da quantidade de tijolos que podem ser armazenados por pallet, obteve-se o número de pallets que devem ser mantidos em área coberta e descoberta ambas no período da cura dos tijolos, que é dada pela equação (7), onde QTDP é a quantidade de pallets necessária para a produção diária, QTDC é a quantidade de tijolos estocados por pallet e PROD é a capacidade de produção da prensa esperada por dia de trabalho.

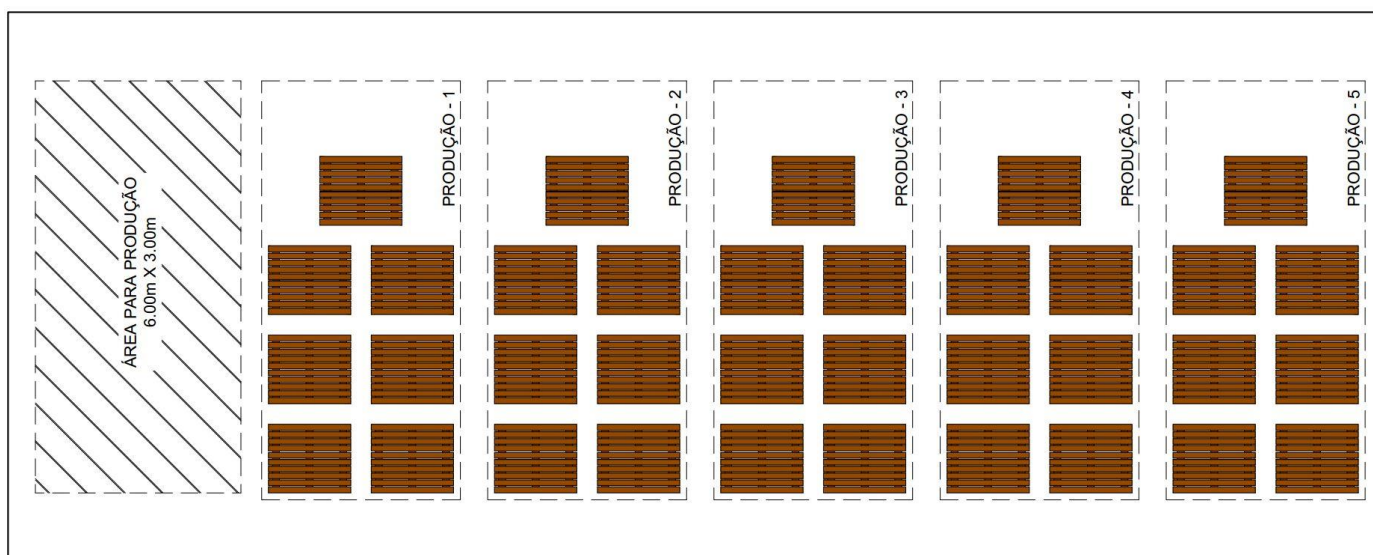
$$QTDP = \frac{PROD}{QTDC} \quad (7)$$



$$QTDP = \frac{3600}{540}$$

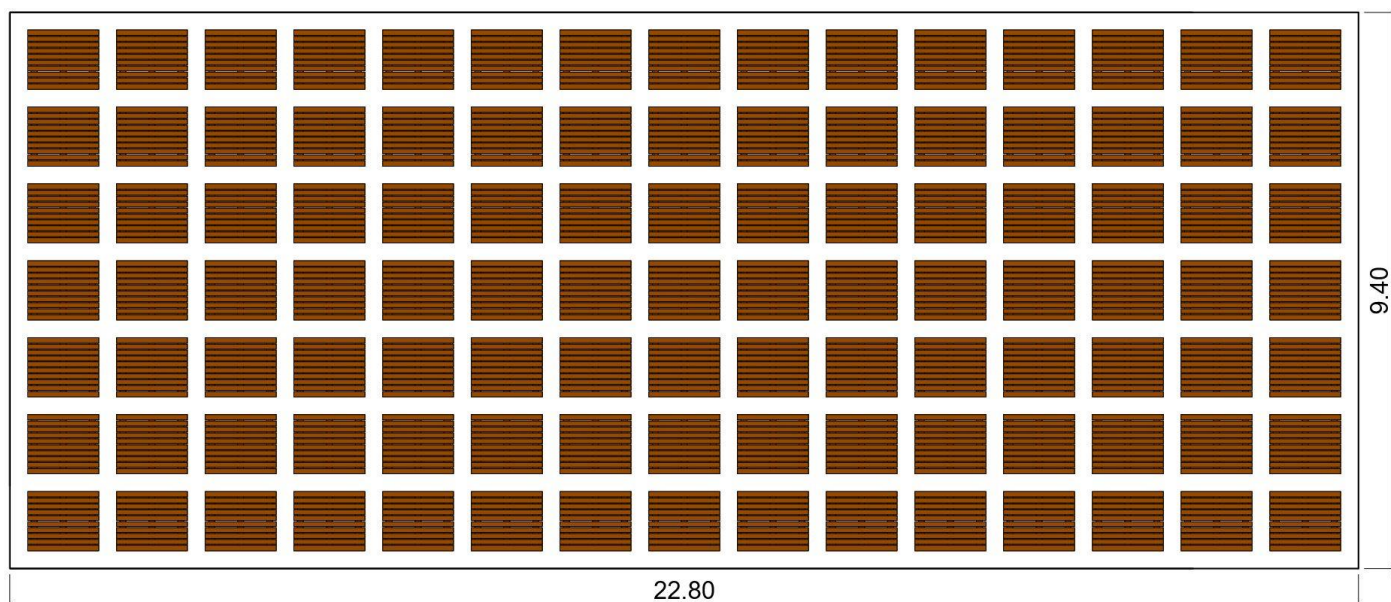
$$QTDP = 6,666$$

Portanto, são necessários sete pallets por dia para condicionar a produção diária. Diante disso, pode-se estimar a área necessária para armazenar uma produção de cinco dias com cobertura, e a área necessária para armazenar uma produção de quinze dias sem cobertura, considerando uma distância de trinta centímetros entre cada pallet. A princípio está programado a construção de um barracão de oito metros de largura por vinte metros de comprimento, onde estocará toda a necessária para o período de cura inicial dos tijolos e serão dispostos conforme layout da Figura (9), onde consegue-se abrigar a produção de cinco dias uteis de trabalho, mais a área de três por seis metros para abrigar a prensa e o espaço para manufatura dos tijolos.



**Figura 9 - Layout área de estocagem e produção**  
**Fonte: Autoria Própria**

Com isso pode-se também definir a área necessária para armazenar a produção de quinze dias uteis que corresponde à área ocupada por 105 pallets em área sem cobertura, conforme a figura (10).



**Figura 10 – Layout do estoque sem cobertura**  
Fonte: Autoria Própria

Diante do layout definido, tem-se a necessidade de uma área com vinte e dois metros e oitenta centímetros de comprimento por nove metros e quarenta centímetros de largura, referente ao estoque de quinze dias de trabalho.

#### 4.4 DEFINIÇÃO DOS CUSTOS DE FABRICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO

Para começar a definir os custos de fabricação, precisa-se definir primeiramente os custos totais de fabricação por mês, considerando para o

cálculo os custos de água, energia, matéria prima, mão de obra, transporte e armazenagem.

A determinação dos custos com a matéria prima depende da quantidade que será utilizada mensalmente. Considerando que cada tijolo utiliza  $3,6932 \times 10^{-3} m^3$  de areia reciclada e  $3,693 \times 10^{-5} m^3$  de cimento para fabricação, assim para produzir os três mil e seiscentos tijolos por dia, e trabalhando todos os dias úteis de cada mês a quantidade de areia reciclada demandada no respectivo mês será calculada com base na equação (8), onde QAM ( $m^3$ ) é a quantidade de areia reciclada utilizada por mês, DU será a número de dias uteis contido em cada mês, TD é a quantidade de tijolos produzidos por dia e VA ( $m^3$ ) o volume de areia reciclada utilizado por tijolo.

$$QAM = VA \times TD \times DU \quad (8)$$

$$QAM = 3,6932 \times 10^{-3} \times 3600 \times 20$$

$$QAM = 265,9 m^3$$

O cálculo de cimento a ser utilizado em cada mês será definido por meio da equação (9), onde QCM ( $m^3$ ) é a quantidade de cimento consumido no mês, DU será a quantidade de dias uteis no mês, TD é a quantidade média de tijolos produzido em cada dia útil e VC ( $m^3$ ) é o volume de cimento utilizado por tijolo.

$$QCM = VC \times TD \times DU \quad (9)$$

$$QCM = 3,693 \times 10^{-5} \times 3600 \times 20$$

$$QCM = 26,6 \text{ m}^3$$

A partir desses dados, pode-se determinar o custo mensal com as matérias primas utilizadas na fabricação dos tijolos. A empresa informou que a areia reciclada custa em média R\$ 9,20 (nove reais e vinte centavos) por metro cúbico produzido. Portanto o custo total com a areia reciclada será obtida com emprego da equação (10) onde CAM é o custo da areia reciclada consumida em cada mês, QAM (m<sup>3</sup>) é a quantidade de areia utilizada mensalmente, e CA é o custo de cada metro cúbico.

$$CAM = QAM \times CA \quad (10)$$

$$CAM = 265,9 \times 9,20$$

$$CAM = R\$ 2.446,28$$

Sabe-se que cada saco de cinquenta quilos com cimento contém aproximadamente 0,05598 m<sup>3</sup>, o que permite calcular a partir da equação (11) a quantidade total de sacos de cimento que serão utilizados, onde QSC é a quantidade total de sacos de cimento, VC (m<sup>3</sup>) é o volume do cimento e QCM (m<sup>3</sup>) é a quantidade de cimentos que será utilizada por mês.

$$QSC = \frac{QCM}{VC} \quad (11)$$

$$QSC = \frac{26,6}{0,05598}$$

$$QSC = 476 \text{ Sacos de cimento}$$

Como o saco de cimento na cidade de Rio Claro custa no mercado aproximadamente R\$ 25,00 (vinte e cinco reais) serão gasto por mês com cimento na fabricação dos tijolos 476 sacos de cimento e pode ser calculado a partir do uso da equação (12) onde, CCM é o custo mensal com cimento, QSC é a quantidade de sacos de cimento consumido em cada mês e VC é o valor de cada saco de cimento cotado na cidade de Rio Claro,

$$CCM = QSC \times VC \quad (12)$$

$$CCM = 476 \times 25$$

$$CCM = R\$ 11.900,0$$

Assim, o custo mensal com as duas matérias primas totaliza o montante de R\$ 14.346,28 (quatorze mil trezentos e quarenta e seis reais e vinte oito centavos), sendo R\$ 11.900,00 (onze mil e novecentos) custo com cimento e R\$ 2446,28 (dois mil quatrocentos e quarenta e seis reais e vinte oito centavos) custo com areia.

Estima-se que serão utilizados trezes metros cúbicos de água mensalmente para fabricação e cura dos tijolos, portanto deve-se consumir 0,65 metros cubico de água diariamente. Como o consumo de água mensal da empresa é de aproximadamente 23 metros cúbicos, com valor total equivalente de aproximadamente R\$ 132,68 (cento e trinta e dois e sessenta e oito

centavos). Considerando que são necessários para a fabricação total dos tijolos mais 13 (treze) metros cúbicos de água, estima-se que o consumo total da empresa passará a ser de 36 m<sup>3</sup> (trinta e seis) com custo total aproximado de R\$ 266,06 (duzentos e sessenta e seis reais e seis centavos). Portanto, o gasto com água será calculado a partir da equação (13) onde, CCA é o custo total com água, VCA é o valor gasto atualmente com água e VSA é o valor estimado do custo com água utilizada no processo de fabricação dos tijolos.

$$CCA = VSA - VCA \quad (13)$$

$$CCA = 266,06 - 132,68$$

$$CCA = R\$ 133,38$$

Para o cálculo com o custo com energia elétrica a ser empregado no processo de fabricação dos tijolos será considerado a informação do fabricante da prensa hidráulica, onde utiliza o motor trifásico de 3 cavalos, com consumo de 2,72 kWh. A partir desse valor, é possível calcular a quantidade de kWh a ser consumido mensalmente a partir da equação (14) onde, CME é o consumo mensal com energia elétrica, CH é a quantidade de kWh consumida em cada hora trabalhada, DU é a quantidade de dias úteis em um mês, e HU é a quantidade de funcionamento do motor, ou horas trabalhadas por dia.

$$CME = CH \times HU \times DU \quad (14)$$

$$CME = 2,72 \times 8 \times 20$$

$$CME = 435,2kWh$$

A partir da quantidade de kWh que o equipamento consome por mês, pode-se calcular o valor que será acrescido na conta de energia. De acordo com um dos proprietários, Sr José Alípio a energia consumida na empresa funciona através do método de demanda, pois a empresa possui transformador próprio, o que favorece para redução dos custos das contas com energia elétrica.

O método de demanda funciona da seguinte maneira, a empresa estima a quantidade de energia que utilizará e a distribuidora de energia cobra de acordo com essa quantidade de energia estimada. Segundo o proprietário o acréscimo previsto que será de aproximadamente 435,2 kWh só acresceria um custo total da ordem de R\$ 200,00 (duzentos reais).

Na quantificação da mão de obra a ser consumida estima-se que serão necessários três novos funcionários, sendo um para operar a prensa, outro para misturar as matérias primas e alimentar a prensa hidráulica, e o terceiro na operação da retroescavadeira para movimentação das matérias primas utilizadas e dos tijolos fabricados. Como o salário médio pago para o operador de retroescavadeira é de R\$ 1.500,00 (Um mil e quinhentos reais), para o operador de prensa hidráulica é de R\$1.600,00 (um mil e seiscentos reais) e para o auxiliar geral é de R\$ 1.100,00 (um mil e cem reais). De acordo com a empresa cada funcionário custa 1,8 vezes o valor do salário. A partir da equação (15) pode-se calcular todos os custos com funcionários onde, CTF é o custo total com funcionários, SOR é o salário médio do operador de retroescavadeira, SAP é o salário médio do auxiliar de produção, SOP é o salário médio do operador de prensa hidráulica, e MS é o fator multiplicador informado.

$$CTF = (SOR + SAP + SOP) \times MS \quad (15)$$

$$CTF = (1500 + 1600 + 1100) \times 1,8$$

$$CTF = R\$ 7.560,00$$

Para o transporte e acomodação dos tijolos, serão utilizados 140 (cento e quarenta) pallets por mês e o custo de aquisição de cada pallet é de aproximadamente R\$ 15,00 (quinze reais), o que totaliza o custo mensal para aquisição dos pallets de aproximadamente R\$ 2100,00 (dois mil e cem reais).

Para movimentação das matérias primas e dos pallets será previsto um custo aproximado para manutenção e combustível da retroescavadeira o valor aproximado de R\$ 500,00 (quinhentos reais) mensais.

A partir da equação (16) e da posse de todos os custos envolvidos no processo de produção pode-se contabilizar o valor total a ser gasto por mês para a fabricação dos tijolos reciclados, onde CMT é o custo mensal total, CTF é o custo total com funcionários, CEM é o custo mensal com o consumo com energia elétrica, CCA é o custo mensal com o consumo da água, CCM é o custo mensal com a compra de cimento, CAM é o custo mensal com a areia produzida pela empresa, CPM é o custo mensal com aquisição dos pallets, e CRM é o custo mensal com a retroescavadeira.

$$CMT = CAM + CCM + CCA + CEM + CTF + CPM + CRM \quad (16)$$

$$CMT = 2.446,28 + 11.900,00 + 133,38 + 200,00 + 7.560,00 + 2.100,00 + 500,00$$

$$CMT = R\$ 24.840,66$$

A partir desse valor, pode-se estimar o quanto a empresa poderá lucrar com a linha produtiva proposta. Como são fabricados diariamente 3600 tijolos e considerando em média 20 dias úteis por mês, estima-se que a capacidade produtiva será de 72.000 tijolos por mês. Como os tijolos ecológicos são vendidos no mercado local pelo valor de R\$ 700,00 (setecentos reais) por



milheiro, temos o valor das vendas totalizando em R\$50.400,00 (Cinquenta mil e quatrocentos reais).

Diante disso, pode-se estimar que a empresa a empresa agregará um lucro mensal de R\$ 25000,00 (vinte e cinco mil reais) com a adoção do sistema proposto, o que pode ser obtido a partir da equação (17) onde,  $LT$  é o lucro mensal total,  $CMT$  é o custo total mensal, e  $VTV$  é o valor total obtido com as vendas.

$$LT = VTV - CMT \quad (17)$$

$$LT = 50.400,00 - 24.840,66$$

$$LT = R\$ 25.560,00$$

Para implementação do sistema produtivo é necessário considerar o custo para aquisição da prensa hidráulica, custo de aquisição e adaptação do garfo de empilhadeira na retroescavadeira, e o custo para a construção do barracão. Não será necessário orçar os custos para ligação elétrica, nem para a rede de água, pois ambas já existem, ou seja o barracão novo será construído ao lado de outro existente, que já possui a rede de água e energia elétrica, podendo assim ser utilizadas em conjunto para os dois barracões.

A prensa hidráulica selecionada custa R\$ 25.900,00 (vinte e cinco mil e novecentos reais) e o custo para construção do novo barracão foi orçado em R\$6.000,00 (Seis mil reais) para o contra piso, mais R\$ 5.000,00 (Cinco mil reais) para a construção usada na estrutura da cobertura e por fim mais R\$ R\$ 4.000,00 (quatro mil reais) para aquisição das telhas e mão de obra para colocação, totalizando R\$ 15000,00 (quinze mil reais).

O orçamento obtido para a adaptação do garfo de empilhadeira na retroescavadeira é de R\$ 3.600,00 (três mil e seiscentos reais), o que permite calcular o custo final para implementação da fábrica de tijolos de fácil encaixe utilizando entulho reciclado, por meio da equação (18) onde, CTI é o custo total para implementação da fábrica, CM é o custo com maquinário usado para fabricação dos tijolos (prensa hidráulica), CC é o custo para a construção do barracão (estrutura da cobertura, contra piso, telhado e mão de obra) , e CAG é o custo para aquisição de peças e adaptação do garfo na retroescavadeira.

$$CTI = CM + CC + CAG \quad (18)$$

$$CTI = 25.900,00 + (6.000,00 + 5.000,00 + 4.000,00) + 3.600,00$$

$$CTI = R\$ 44.500,00$$

## 5 CONCLUSÃO

Foi apresentado, neste trabalho, o estudo de viabilidade econômica para implementação de uma linha de produção de tijolos ecológicos na empresa Kata Entulho, situada na cidade de Rio Claro.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho pode-se inferir que o capital investido retornará integralmente a partir do segundo mês de fabricação dos tijolos ecológicos, o que torna esta atividade proposta altamente viável do ponto de vista econômico.

Nota-se também que há elevado custo com a aquisição de cimento, que equivale a aproximadamente 48% do custo total de fabricação. Devido à grande quantidade de cimento utilizado no processo de fabricação do tijolo ecológico, o ideal é que se faça a aquisição e instalação de um silo para armazenagem do cimento a granel, barateando ainda mais os custos de produção, pois pode-se adquirir o cimento a granel diretamente com o fabricante.

Analisando o custo de produção mensal (R\$24840,66) e ao comparar com a receita obtida com a venda dos tijolos (R\$ 50400,00) observa-se que a taxa de lucro atinge os 103%, ou seja há um ganho líquido equivalente a R\$ 25560,00 mensais.

## REFERÊNCIAS

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Eduardo; JOHN, Vanderley Moacyr. **DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. São Paulo: SP, 2001.

**Engemaquinas. Prensa manual**, 2014. Disponível em: <<http://www.engemaquinas.com.br/prensamanualspeed1/>> Acesso em: 25 abril. 2015.

**Grupo Construfan, Tijolo comum**. Disponível em: <<http://www.grupoconstrufan.com.br/portal/francano/2012/08/30/ceramica/26/04/2015>> Acesso em: 23 abril. 2015.

**Mecamig. Prensa Hidráulica**, 2015. Disponível em: <<http://www.mecamig.com/>> Acesso em: 23 abril. 2015.

**Modular Tijolos. Tijolos ecológicos**, 2012. Disponível em: <<http://modulartijolos.blogspot.com.br/2012/01/produtos.html>> Acesso em: 28 abril. 2015.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva et al. **TIJOLO DE SOLO-CIMENTO: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E VIABILIDADE ECONÔMICA DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS**. e-Xacta, v. 7, n. 1, 2014.

NEVES, Célia Maria Martins; CARNEIRO, Alex Pires; COSTA, D. B. USO DO AGREGADO RECICLADO EM TIJOLOS DE SOLO ESTABILIZADO COM CIMENTO. **Reciclagem** de, 2001.

NUNES, Mônica Belo - IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA - Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro - **REDETEC**, 2012.

PAIVA, Paulo Antônio de; RIBEIRO, Maisa De Souza. A reciclagem na construção civil: como economia de custos. **REA-Revista Eletrônica de Administração**, v. 4, n. 1, 2011.

PEREIRA, J L; GODOI, J.C.G; PERIN, R.A; FEDERICCI, S.B.J; RIBEIRO FILHO, B.G; ZANIN, C.I.C.B. **TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. Amparo: SP, 2011.

**Pro Casa. Rede Hidráulica Embutida**, 2010. Disponível em: <<http://pro.casa.abril.com.br/group/tijoloecologico>> Acesso em: 23 abril. 2015.

SALA, Lia Geovanna - **PROPOSTA DE HABITAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA ESTUDANTES UNIVERSITÁRIO**. Ijuí: RS, 2006.

SEBRAE. **Cerâmica vermelha: estudo de mercado SEBRAE/ESPM 2008: relatório**

**completo.** , 2008. Disponível em:

<[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/C5B4284E12896289832574C1004E55DA/\\$File/NT00038DAA.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/C5B4284E12896289832574C1004E55DA/$File/NT00038DAA.pdf)>.

Acesso em: 28 abril. 2015.

TICIANI, Ermínio. **RACIONALIZAÇÃO DE PROJETOS E REDUÇÃO DOS CUSTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O CASO DA UNIVERSIDADES DAS AMÉRICAS-UNIAMÉRICA.** 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

DA COSTA, Ana Lúcia RMF et al. **MORADIA POPULAR-ALTERNATIVAS PARA A AMAZÔNIA.** Rio Branco: AC. 1999.

ZORDAN, Sergio Eduardo. **A UTILIZAÇÃO DO ENTULHO COMO AGREGADO, NA CONFEÇÃO DO CONCRETO.** 1997. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.

PISANI, Maria Augusta Justi. Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento. **Professora, Dra da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, docente do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo e do CEFET-SP,** 2002.