Anápolis, GO – Agosto de 2019

**MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ATRAVÉS DO USO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ECOLÓGICOS. ESTUDO DE CASO: TIJOLOS ECOLÓGICOS COMPARADOS A TIJOLOS CERÂMICOS**

***Elaine Cristina Oliveira Batista Santos; Juliano Moura Chaves Junior; Isa Lorena Silva Barbosa***

**RESUMO**

Conceitua-se como material de construção ecológico, aquele que não promova em sua fabricação e/ou aplicação grandes malefícios ao meio ambiente, permitindo assim a redução de impactos ambientais acarretados pela indústria da construção civil. O tijolo solo-cimento, também denominado tijolo ecológico, derivado da prensagem de solo, cimento e água, surgiu no mercado da construção civil como alternativa sustentável, principalmente em relação aos tijolos cerâmicos convencionalmente utilizados. O presente estudo tem o objetivo de caracterizar o material, apresentando as possibilidades de mitigação de impactos ambientais através de seu emprego, além de aplicar testes com o intuito de verificar se o mesmo supre os mesmos requisitos que os blocos cerâmicos. Por se tratar de um material ecológico, é de extrema importância explanar a cerca de suas características, sobretudo, pelo preocupante papel da indústria da construção civil na degradação ambiental atual. Realizou-se no decorrer deste, o teste de impacto de corpo mole e corpo duro em tijolos ecológicos, objetivando identificar se os mesmos atendem a norma de desempenho em vigor, e os testes de resistência a compressão e índice de absorção de água em tijolos ecológicos e cerâmicos, permitindo assim a comparação das características dos diferentes materiais. Além disso, comparou-se a atuação de tijolos ecológicos e cerâmicos na geração de resíduos sólidos, no consumo de energia e recursos naturais, no desmatamento e na poluição atmosférica, identificando assim, qual dos materiais seria mais benéfico ao meio ambiente.

Palavras-Chave: Tijolo solo-cimento. Tijolo ecológico. Tijolo cerâmico. Impactos Ambientais.

**ABSTRACT**

It is conceived as ecological building material, one that does not promote in its manufacture and / or application great harm to the environment, thus allowing the reduction of environmental impacts caused by the construction industry. The soil-cement brick, also called ecological brick, derived from the pressing of soil, cement and water, appeared in the market of the civil construction as a sustainable alternative, mainly in relation to the ceramic bricks conventionally used. The present study aims to characterize the material, presenting the possibilities of mitigating environmental impacts through its use, in addition to applying tests in order to verify if it meets the same requirements as ceramic blocks. Because it is an ecological material, it is extremely important to explain its characteristics, above all, by the worrisome role of the construction industry in the current environmental degradation. In the course of this study, the soft body and hard body impact test was carried out on ecological bricks, aiming to identify if they meet the current performance standard, and the tests of compressive strength and water absorption index in ecological bricks and ceramic, thus allowing the comparison of the characteristics of the different materials. In addition, the performance of ecological and ceramic bricks was compared in the generation of solid waste, in the consumption of energy and natural

resources, in deforestation and in atmospheric pollution, thus identifying which of the materials would be most beneficial to the environment.

Keywords: Brick soil-cement. Ecologic brick. Ceramic brick. Environmental impacts

**INTRODUÇÃO**

Assim como a supremacia das atividades industriais, a indústria da construção civil é incumbida por grande parte dos impactos negativos direcionados ao meio ambiente na contemporaneidade. Atribui-se à indústria da construção civil mais de 50% do consumo de recursos naturais, tratando-se este apenas do prelúdio dos danos ambientais ocasionados pela mesma (CBCS, 2014).

A incessante preocupação com a sustentabilidade e a grande participação da indústria da construção civil no impacto ambiental, resultou hoje em um paulatino interesse por construções ecológicas, se tratando de um sistema construtivo que contempla as premências humanas, ao mesmo tempo em que não afeta negativamente o meio ambiente.

Mediante a situação apresentada, o tijolo ecológico, também conhecido como tijolo solo-cimento, surge como alternativa para mitigação de impactos ambientais acarretados pela construção civil. Formados através da prensagem do cimento, solo e água, os tijolos ecológicos representam uma menor ameaça ao meio ambiente, uma vez que consomem menos recursos naturais e não passam pelo processo de queima como os tijolos cerâmicos convencionais comumente usados para vedação.

**METODOLOGIA**

Um levantamento bibliográfico acerca do tema foi realizado, de modo a se obter embasamento teórico do tema proposto. A pesquisa foi realizada por intermédio de artigos de revistas, dissertações, teses e normas estabelecidas por associações técnicas, ou seja, conteúdo específico para a obtenção de um trabalho técnico.

Posteriormente realizou-se visitas técnicas às fabricas escolhidas pelos autores, possibilitando a obtenção de dados acerca do processo produtivo, matérias-primas, equipamentos, resíduos gerados, e demais caracterizações dos materiais analisados. Por fim, foram executados testes laboratoriais baseados nas normas da ABNT, e comparado o rendimento do tijolo ecológico com o do tijolo cerâmico.

**TIJOLO ECOLÓGICO**

**Definição**

Segundo ABCP (2009), o solo-cimento consiste em uma mistura de solo, cimento e água, em proporções distintas, gerando um composto com boa resistência a compressão, elevada impermeabilidade, baixa retração volumétrica e considerável durabilidade.

**Fabricação**

O fluxograma do processo produtivo baseia-se na gradação e peneiração do solo, seguido da incorporação do cimento e da água, a prensagem dos materiais, podendo ser manual ou hidráulica e por fim a cura do material nos sete primeiros dias que seguem a sua fabricação (SOUZA, 2006).

**Vantagens e desvantagens dos tijolos ecológicos**

São diversas as vantagens do uso do tijolo solo-cimento, entre elas: pode ser utilizado o solo típico do local da obra, podendo economizar no transporte; para aplicação de argamassa pode-se usar uma espessura infinitesimal de assentamento devido à invariabilidade de suas superfícies; quando longe de ação retilínea da água não é necessário o seu revestimento; isenta a queima; na maior parte da sua fabricação não utiliza trabalhadores peritos (FUNTAC, 1999).

O material em questão também se caracteriza como alternativa para construção de habitações populares, uma vez que se utiliza de materiais naturais e se trata de um material de encaixe, prescindindo grandes pilares na estrutura (MOTTA, 2014).

O principal insumo utilizado na produção dos tijolos ecológicos é o solo, material que pode ser encontrado em grandes quantidades na natureza, entretanto sua utilização também pode representar uma desvantagem, uma vez que a extração inadequada do solo pode vir a causar processos erosivos. Outra desvantagem da escolha desse material é a possível aparição de patologias na construção, caso a dosagem venha a ser incorreta (MOTTA, 2014).

O custo inicial da utilização do tijolo ecológico é superior ao do tijolo cerâmico convencional, popularmente utilizado, devido ao custo unitário do material, contudo, a adoção do material pode permitir um decréscimo de até 40% do valor da obra acabada, através da aplicação da técnica correta (SAMPAIO, 2015).

Devido a não necessidade de queima em seu processo de fabricação, o tijolo ecológico permite uma redução do consumo de energia, especialmente quando a compactação é feita manualmente. Ressalta-se também a durabilidade das construções de solo-cimento ao longo dos tempos, resistindo ao desgaste e a umidade, devido à alta resistência e impermeabilidade do material em questão (TEIXEIRA, 2012).

O assentamento do material é um procedimento ágil e fácil, uma vez que o mesmo possui encaixes perfeitos permitindo a utilização apenas de uma cola e evitando assim o desperdício de materiais (FRAGA, 2015).

A utilização da cola substituindo as argamassas convencionais se dá visando um assentamento rápido, limpo, econômico e com maior aderência (SOUZA, 2013).

Apesar da grande quantidade de vantagens apresentada pela utilização dos tijolos solo-cimento, a maior desvantagem é a falta de conhecimento técnico, tanto por parte dos consumidores, como de alguns profissionais da construção civil. Erroneamente, grande parte acredita que o material não possui o mesmo desempenho que os tijolos cerâmicos convencionais, e acabam optando por não o utilizar (FRAGA, 2015).

**IMPACTOS AMBIENTAIS**

**Desmatamento**

As olarias (indústrias de cerâmica vermelha) utilizam a lenha como fonte energética, para realização da queima dos materiais em forno, contribuindo com a formação de paisagens áridas e com o agravamento da poluição ambiental (FERREIRA, 2012). O tijolo ecológico compensa o tijolo cerâmico e ainda evita desmatamentos por dispensar o cozimento (BARBOSA, 2018).

Segundo análise realizada por Aquino (2017), podem ser salvas de sete a doze espécies arbóreas na produção de cerca de mil tijolos ecológicos, uma vez que os mesmos não precisam passar pelo processo de queima, reduzindo assim os impactos ambientais.

**Poluição atmosférica**

A emissão dos poluentes atmosféricos ocorre durante o processo de transporte, recebimento, manuseio e mistura das matérias-primas, (materiais particulados) assim como durante o processo de queima (emissão de gases poluentes), necessário na produção de materiais cerâmicos (MAGALHÃES, 2016).

O processo de fabricação dos tijolos ecológicos, diferentemente dos tijolos cerâmicos convencionais, não conta com a queima do tijolo, portanto, afirma-se que o mesmo colabora com a minoração de problemas ambientais, uma vez que assim não emite gases poluentes na atmosfera (RIBEIRO, 2013).

**Consumo de recursos naturais**

Devido à gradativa demanda por recursos naturais na atualidade, torna-se importante a procura por tecnologias ecologicamente corretas, podendo ser citada a utilização de solo-cimento na indústria da construção civil, principalmente na produção de tijolos e blocos para alvenaria (PINTO, 2015).

A extração da argila (principal insumo dos tijolos cerâmicos) ocasiona a danificação do solo, acelerando assim processos de erosão e assoreamento de cursos d’água existentes nas proximidades de jazidas, uma vez que a terra é conduzida para o fundo dos rios, reduzindo assim sua profundidade (HOLANDA, 2011).

O uso do tijolo solo-cimento reduz o consumo de recursos naturais, uma vez que não se utiliza de argila em sua produção (MORAIS, 2014). Sendo formado apenas por solo, cimento e água, possui matéria-prima farta na natureza (MOTTA, 2014).

**Resíduos sólidos**

A indústria cerâmica pode gerar resíduos provenientes de sistemas de tratamento de efluentes, cacos de cerâmicas crus e/ou queimados, embalagens e bombonas contaminadas, sendo a má disposição dos mesmos, responsável por contaminação do solo e dos lençóis freáticos, devido à percolação de metais, como chumbo e zinco, muitas vezes superiores aos valores limites permitidos por lei (OLIVEIRA, 2006).

A viabilidade da fabricação de tijolos ecológicos é justificável pela não geração de resíduos poluentes e ainda por permitir a incorporação de resíduos em sua produção, se tornando assim vantajoso economicamente e tecnicamente. Os resíduos a serem empregados no processo variam conforme a região (LIMA, 2015).

**Consumo de energia**

O solo como material de construção trata-se de uma alternativa para economia de energia, uma vez que não necessitam de energia para queima e por se caracterizar como um material isolante, prevenindo assim gastos energéticos elevados para condicionamento dos ambientes (PISANI, 2005).

As alvenarias construídas com os denominados tijolos solo-cimento possuem furos que permitem o isolamento térmico e acústico do ambiente, tornando o local agradável em qualquer época do ano e evitando assim o uso de equipamentos elétricos utilizados para climatização. Consequentemente ocorre à economia de energia (SILVA, 2015).

Além de proporcionar conforto termo-acústico e por meio disto reduzir o consumo de energia em sua utilização, o material construtivo em questão também não precisa ser queimado, reduzindo assim o consumo de energia em sua produção (SILVA, 2015).

**DADOS LEVANTADOS**

**Fábrica de tijolo ecológico**

O tijolo solo-cimento, como indicado previamente, é composto por solo, cimento e água. A empresa estudo de caso utiliza-se de saibro e cimento CP V extra forte.

Para cada remessa produzida, correpondente a 140 tijolos ecológicos, utiliza-se de cimento (meio saco), para litros de saibro (seis carrinhos de mão de ).

A matéria-prima é transportada até o misturador, onde a mesma é conglomerada com água, até obter-se uma massa homogênea. Posteriormente é peneirada para retirada de resíduos grosseiros, e levada pela esteira até a prensa hidráulica, por onde o produto sai finalizado, após ter sido prensado e moldado.

Os resíduos sólidos provenientes dos processo produtivo do tijolo ecológico tratam-se de resíduos de papel e papelão, correspondentes às embalagens do cimento, e resíduos grosseiros, como pedras, retirados da peneira. Estima-se uma quantidade mensal de 3 m³ de resíduos sólidos, advindos da produção. Com base nos dados levantados, e considerando que a empresa produz mensalmente cerca de 80.000 (oitenta mil) tijolos, cada tijolo ecológico produzido gera aproximadamente de resíduos.

A fábrica estudo de caso, consome mensalmente cerca de de energia elétrica. Considerando uma produção mensal de 80.000 (oitenta mil) tijolos ecológicos, estima-se um consumo unitário de

Conforme tabela de preços da empresa estudo de caso, o milheiro de tijolos ecológico custa (oitocento e noventa reiais), sendo assim, cada tijolo ecológico custa (oitenta e nove centavos).

**Fábrica de tijolos cerâmicos**

Caracteriza-se como matéria-prima para produção de tijolo cerâmico convencional, argila, também popularmente denominado barro, água e materiais para abastecimento do forno, como eucalipto, cavaco móido e restos de construção civil.

Primeiramente a matéria-prima passa pelo equipamento denominado “caixão”, onde a mesma é dosada e triturada, e em seguida encaminhada através de esteira até o desintegrador. O desintegrador têm a incubêmcia de desintegrar torrões e pedras da argila.

Posteriormente é encaminhada ao misturador, onde a matéria é conglomerada com água. Passa pela “maromba” que prensa e molda a massa do tijolo furado, e em seguida pela cortadeira, que corta o tijolo na dimensão desejada.

As peças são encaminhadas para secagem, em um depósito ventidado, ou em casos de encomendas emergênciais na área de secagem rápida, que é aquecida com o calor advindo dos fornos, por meio de exaustor.

A última fase do processo de produção do tijolo cerâmico é a queima do material em forno. Cada forno tem capacidade de cerca de 18.000 (dezoito mil) tijolos, chegando a uma temperatura de até 960 ºC.

Os resíduos provenientes da produção de tijolo cerâmico tratam-se de cinzas e carvão, advindos do processo de queima dos tijolos. Estima-se a geração de cerca de por mês de resíduos.Considerando que o empreendimento produz cerca de 600.000 (seiscentos mil) tijolos cerâmicos mensalmente, estima-se uma produção de de resíduos por unidade de tijolo.

Estima-se um consumo mensal de de energia elétrica. Com base nos dados levantados, calculá-se um consumo de para produção de cada tijolo cerâmico.

Com base na tabela de preços da fábrica analisada, o milheiro (1000 unidades) de tijolos cerâmicos custa em média (trezentos e trinta reais), o que proporciona um custo unitário de (trinta e três centavos).

**TESTES REALIZADOS**

**Teste de impacto de corpo duro conforme NBR 15575 -4 (ABNT, 2013)**

Conforme NBR 15575-4 (ABNT, 2013), após sofrerem impactos de corpo duro às paredes verticais não devem: conter fissuras, escamações ou deformidades, exceto as mossas geradas pelo impacto de corpo duro; apresentar ruptura ou traspassamento do sistema de vedação.

O teste consiste no abandono pendular, em repouso, de dois corpos duros, um com massa de 1 kg e outro com massa de 0,5 kg, se tratando de esferas de aço. Deve-se proferir 10 impactos de cada energia (3,75 e 20 J) na parede vertical e analisar se a mesma atende o disposto nos critérios de desempenho, além de medir a profundidade das mossas formadas a partir do impacto. Em se tratando do impacto de 3,75 J não deve haver ocorrência de falhas inclusive no revestimento (estado limite de serviço) e as mossas não devem ultrapassar profundidade de 2,0 mm, enquanto no de 20 J não deve haver ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado limite de serviço)(NBR 15575-4:2013).

Ao fim do teste observou-se que no impacto de nº 04, com a esfera de aço de 0,5 kg, e energia de 3,75 J, assim como o impacto de nº 6, com a esfera de 1,0 kg e energia de 20 J, houve ruptura na peça. Isso se deve ao fato de o impacto ter sido proferido na quina dos tijolos ecólogicos (juntas seca). Após análise com os técnicos que realizaram os testes e com os fabricantes do material, inferiu-se que caso houvesse sido realizado o rejunte no sistema de vedação em questão, as rupturas não teriam ocorrido.Em se tratando da profundidade das mossas, nenhuma ultrapassou 2,0 mm.

**Teste de impacto de corpo mole conforme NBR 15575 -4 (ABNT, 2013)**

Conforme NBR 15575-4 (ABNT, 2013), após sofrerem impactos de corpo mole às paredes verticais não devem: sofrer ruptura ou instabilidade; apresentar fissuras, escamações ou variáveis falhas; provocar danos a componentes, instalações ou aos acabamentos.

A tabela 1 a seguir, caracteriza os valores de impacto a serem sofridos pelas paredes:

Tabela 1 - Impactos de corpo mole para vedações verticais externas.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Elemento** | **Impactos** | **Energia de impacto de corpo mole (J)** | **Critério de desempenho** |
| Vedação vertical sem função estrutural | Impacto externo (acesso externo ao público) | 120 | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) |
| 180 | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) |
| 240 | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) e limite de deslocamento |
| 360 | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) |
| 480 | Não ocorrência de ruína (estado limite último) |
| 720 | Não ocorrência de ruína (estado limite último) |

NBR 15575-4 (ABNT, 2013)

O teste consiste no abandono pendular, em repouso, de um corpo mole com massa de 40 kg, se tratando de um saco de areia. Deve-se proferir um impacto de cada energia na parede vertical e analisar se a mesma atende o disposto nos critérios de desempenho, além de medir o deslocamento da parede, não devendo ultrapassar o limite estabelecido para o impacto de (NBR 15575-4:2013).

Constatou-se o deslocamento através da fixação na parte posterior do protótipo de uma folha milimetrada e de um lápis. Após a aplicação dos impactos, os riscos resultantes no papel eram medidos em mm, afim de se identificar o deslocamento da parede.

Observou-se que o protótipo analisado atendeu todos os critérios implementados pela norma, uma vez que o deslocamento após aplicação dos de energia não ultrapassou os limites, tanto se tratando do deslocamento instantâneo quanto residual, se tratando de 6,30 mm e 1,50 mm respectivamente, e não houve falhas que comprometessem o estado limite de serviço da parede analisada, e/ou ruína da mesma.

**Teste de absorção de água conforme NBR 8491 (ABNT, 2012) E NBR 8492 (ABNT, 2012)**

Os tijolos submetidos ao teste (3 unidades), foram secados em estufa com temperatura de 105º C, para obtenção da massa seca dos corpos de prova. O procedimento repetiu-se até que a variação da massa em relação à pesagem anterior não fosse elevada (NBR 8492:2012).

Após obtenção da massa seca, os corpos de prova foram submergidos em água, por um período de 24 horas, a fim de identificar a capacidade de absorçãos dos tijolos. Assim que finalizado o prazo estipulado pela norma, os tijolos foram enxutos através de pano úmido, e submetidos a uma nova pesagem (NBR 8492:2012).

Conforme determinação da NBR 8492 (ABNT, 2012), obteve-se os valores de absorção de água, em porcetagem, através da fórmula matemática:

onde:

A= absorção de água expressa em porcentagem (%);

m1= massa do corpo de prova seco em estuda, expressa em gramas (g);

m2= massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

Obteve-se um índice de 11,01 %. Conforme NBR 8491 (ABNT, 2012) a amostra em questão foi aprovada, uma vez que a média dos valores obtidos não deve ultrapassar 20%, e individualmente, nenhum dos corpos de prova pode apresentar valores superiores a 22%.

Para fins comparativos, realizou-se também o teste de absorçao de água em tijolos cerâmicos, desta vez, seguindo as diretrizes e parâmetros impostos pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

Conforme NBR 15270-1 (ABNT, 2005), a amostra de tijolo cerâmico para realização do teste de absorção de água é composta por seis corpos de prova. Para determinação da massa seca, submeteu-se os tijolos cerâmicos à secagem em estufa, a uma temperatura média de 105ºC, a cada hora, até que a variação de massa de uma pesagem a outra não ultrapassasse o limite de 0,25% (NBR 15270-3:2005).

Conforme NBR 15270-3 (ABNT, 2005), a amostra deve ser mantida em água fervente por 2 horas para obetnção do índice de absorção, ou, alternativamente, submerso durante 24 h em água com temperatura ambiente. Adotou-se o segundo procedimento.

Após retirada dos corpos de prova da água, realizou-se o cálculo de determinação da absorção de água, conforme estabelecido na NBR 15270-1 (ABNT, 2005), se tratando do mesmo cálculo utilizado para a determinação com tijolos ecológicos.A média dos valores de absorção de água encontrada foi de 19,04 %, atendendo o estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005), que permite um índice variante entre 8 e 22%.

**Teste de resistência a compressão conforme NBR 8491 (ABNT, 2012) E NBR 8492 (ABNT, 2012)**

Os corpos de prova foram cortados ao meio, soperpostos e ligados com pasta de cimento pré-contraida. Visando a planitude das faces das peças, procedeu-se o capeamento com pasta de cimento (NBR 8492:2012).

Após endurecimento da pasta, a amostra, composta por 7 blocos, foi subemergida em água durante o período de 6 horas. Assim que retiradas, foram enxutas com pano úmido e submetidas ao teste de resistência à compressão.

Com o corpo de prova locado no prato inferior da máquina, foram inferidos sobre o mesmo, força gradual de compressão até o rompimento da peça

Embasando-ne na NBR 8491 (ABNT, 2012), a média dos valores obtidos não deve ser inferior a 2 MPa, assim como individualmente não devem apresentar valores inferiores a 1,7 Mpa, com idade mínima de sete dias. Entretanto afirma-se que o lote foi reprovado no teste realizado, uma vez que obteu-se 1,81 de média, e apresentou valores individuais inferiores ao limite permitido.

Com fins comparativos, realizou-se o mesmo teste com amostra de blocos cerâmicos. Desta vez, embasou-se nas normas NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005), que regem as diretrizes e parâmetros para teste de resistência a compressão em tijolos cerâmicos.

A amostra, composta por 13 blocos cerâmicos, primeiramente passou pelo processo de capeamento com pasta de cimento e após endurecimento da mesma, os corpos de prova foram submetidos a imersão em água, pelo período de 6 horas. Os blocos foram ensaiados de modo que a carga aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante seu uso (NBR 15270-3:2005).

Assim como no teste com tijolos ecológicos, os tijolos cerâmicos foram submetidos a força gradual de compressão, em prensa que atendia os requisitos impostos por norma.

Conforme NBR 15270-1 (ABNT, 2005), os blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal, devem apresentar resistência de compressão maior ou igual a 1,5 MPa. Desta forma, inferi-se que o lote não foi aprovado no teste em questão, uma vez que a média encontrada foi de 0,41 Mpa.

**CONCLUSÃO**

Comprovou-se através dos dados levantados junto às fabricadas visitadas que o tijolo ecológico permite economia de energia, minoração do consumo de recursos naturais e redução de resíduos sólidos.

São gerados 0,0000375 m³ de resíduos sólidos para se produzir uma unidade tijolo solo-cimento, enquanto uma unidade de tijolo cerâmico produz 0,000055 m³. Sendo assim, um tijolo ecológico produz cerca de 32% menos resíduos que um tijolo convencional. Salienta-se ainda, que durante o emprego dos tijolos, o tijolo ecológico representaria uma significante economia de RCC uma vez que a estrutura de encaixe das peças facilita os cálculos e limita os cortes (SILVA, 2015). Evidencia-se também a possibilidade do uso de resíduos sólidos como agregados na produção dos tijolos ecológios, reciclando-os e evitando assim o seu descarte, muitas vezes inapropriado.

Para produção de uma unidade de tijolo ecológico são consumidos cerca de 0,027 kwh de energia elétrica, quando para produção de tijolo cerâmico estima-se 0,057 kwh. Desta forma, a produção de tijolo ecológico representa cerca de 53% de economia de energia elétrica. Ressalta-se ainda que para produção de tijolos ecológicos não são utilizados lenha para queima dos blocos, enquanto para produção de uma unidade de tijolo cerâmico são necessários 0,001 m³ de lenha, ou seja, para cada 1000 tijolos ecológicos produzidos, economiza-se 1 m³ de lenha.

Apesar de não passar pelo processo de queima durante sua produção, os tijolos ecológicos utilizam cimento como matéria-prima, material este que passa pela queima em sua própria fabricação. Conforme contato com a empresa InterCement, indústria brasileira de cimentos e derivados, o tijolo CP V – ARI, adotado na produção de tijolos ecológicos, possui uma taxa geral de 50% de emissão de CO2.

Uma vez que para cada unidade de tijolo de ecológico utiliza-se aproximadamente de cimento, a produção de CO2 é de . Conforme Stachera Jr (2008), são emitidos de CO2 por unidade de tijolo cerâmico produzido. Sendo assim, estima-se que para cada unidade de tijolo ecológico produzida, são emitidas cerca de a menos de CO2, em relação à produção de uma peça cerâmica.

Em relação ao preço das peças, informa-se que em um primeiro momento, os tijolos ecológicos custam cerca de 3 vezes mais que os tijolos cerâmicos converncionais. Entretanto, após a utilização dos blocos, ao fim da obra, é possível uma economia de cerca de 40% no valor da mesma, uma vez que possibilita a economia de materiais, a mão-de-obra não precisa ser especializada, não necessita de fôrmas para vigas e pilares, já que são executadas dentro dos furos das peças e não precisa de revestimento. Sendo assim, a longo prazo, os tijolos ecológicos representam melhor custo-benefício em relação aos blocos cerâmicos.

Em se tratando dos testes laboratorias, o tijolo escológico demonstrou um melhor rendimento tanto em realação ao índice de absorção de água, quanto à resistência a compressão, além de ter sido aprovado no teste de impacto de corpo mole e corpo duro.

Posteriormente a serem analisados todos os dados fornecidos por este projeto, assim como o resultado dos testes realizados, possibilitou-se identificar os benefícios do emprego de tijolos ecológicos, em especial a alternativa de mitigação de impactos ambientais e o melhor custo-benefício do material.

Mediante as vantagens ressaltadas torna-se importante difundir o uso das peças, atualmente ainda não muito utilizadas, no mercado da construção civil, principalmente visando o emprego da sustentabilidade na área.

Apresenta-se como alternativa, a inserção mais frequente e aprofundada do assunto, em ambientes acadêmicos, visando permitir a compreensão dos benefícios do material, uma vez que a principal causa da não adoção dos tijolos solo-cimento é a falta de conhecimento acerca do mesmo.

**REFERÊNCIAS**

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Solo-cimento**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/aplicacoes/solo-cimento/>. Acesso em: 12 abr. 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270:1**: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270:3**: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**: Tijolo solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492**: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação a resistência a compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

AQUINO, F. K. M. et al. **A utilização do tijolo ecológico com uma alternativa nas construções sustentáveis**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://singep.org.br/6singep/resultado/552.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2018.

BARBOSA, H. M. B. et al. **Tijolo ecológico: alternativa sustentável para construção**. Ji-Paraná, 2018. Disponível em: < file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/2-4-PB%20(1).pdf>. Acesso em: 25 mai. 2018.

CBCS – CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENSÁVEL. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas.** São Paulo, 2014.

FERREIRA, Ericson. **Levantamento dos fornos utilizados nas olarias do Vale do Assú/ RN**. Angicos, 2012. Disponível em: < http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/TCC-%20Ericson%20Romualdo%20Fonseca%20Ferreira.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

FRAGA, Y. S. B. et al. **Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo de solo-cimento na construção civil**. Ciências exatas e tecnológicas. Aracajú, v. 3, n. 3, p. 11-24, 2015. Disponível em: < file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/2882-10759-1-PB.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

FUNTAC – FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE. **Cartilha para produção de tijolo solo-cimento**. Rio Branco, 1999. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/bel85/producaodetijolosolocimento>. Acesso em: 19 mai. 2018.

HOLANDA, R. M. et al. **Cerâmica Vermelha – Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE.** Pernambuco, 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/232683-86552-1-PB.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018.

LIMA, S. C. da S. et al. **Tijolos do tipo solo-cimento incorporados com resíduos de borra de tinta proveniente do polo moveleiro de UBA**. Fortaleza, 2015. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\_STP\_216\_277\_26879.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018.

MAGALHÃES, Cilene. **ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NA FÁBRICA NOVA SÃO JOSÉ DE ITACOATIARA/AM: UM ESTUDO DE CASO**. Belém, 2016. Disponível em: <http://ppgep.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Dissertacao2016-PPGEP-MP-CileneFariasBatistaMagalhaes.pdf> Acesso em: 11 mai. 2018.

MORAIS, M. B. et al. **Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil contemporânea**. Montes Claros, 2014. Disponível em: < http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta\_upload/artigos/a138.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2018.

MOTTA, J. C. S. S. et al. **Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: < file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/1038-3565-2-PB%20(9).pdf>. Acesso em: 19 mai. 2018.

OLIVEIRA, M.C.; MAGANHA, M. F. B. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas brancas e de revestimento**. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: < file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/p+l\_ceramicas%20(1).pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018.

PINTO, Lucas. **Estudo de tijolos de solo cimento com adição de resíduo de construção civil**. Santa Maria, 2015. Disponível em: < http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1\_2015/TCC\_LUCAS%20PINTO.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2018.

PISANI, Maria. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o Tijolo de solo-cimento**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%201/1\_artigo\_tijolos\_solo\_cimento.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2018.

RIBEIRO, Lincoln. **PROCESSO DE PRODUÇÃO E VIABILIDADE DO TIJOLO MODULAR DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RN**. Mossoró, 2013. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TCC%20-%20BCT/TCC-%20LINCOLN%20RONYERE%20CAVALCANTE%20RIBEIRO.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2018.

SAMPAIO, Guilherme. **Estudo interdisciplinar da viabilidade de aplicação do tijolo de solo-cimento na construção civil: economia aliada à sustentabilidade**. Lorena, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/1791-5078-1-PB.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2018.

SILVA, F. H. R. F. et al. **Uso do tijolo ecológico para trazer economia na construção civil**. Brasília, 2015. Disponível em: <http://nippromove.hospedagemdesites.ws/arquivos\_up/documentos/8b9d51630665c0b519f6be0fc2663b7e.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

SOUZA, Ivan U. L. et al. **Alvenaria sustentável com utilização de tijolos ecológicos.** Inconfidentes, 2013. Disponível em: <<https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcinc/jcinc/paper/viewFile/303/205>>. Acesso em: 22 dez 2018.

SOUZA, Marcia. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento**. Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91489/souza\_mib\_me\_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 mar.2018.

STACHERA JR, Theodozio. **Avaliação de emissões de CO2 na construção civil: Um estudo de caso de habitação de interesse social no Paraná.** Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\_tn\_sto\_090\_554\_12351.pdf>. Acesso em: 06 out. 2018.

TEIXEIRA, F. de M. et al. **O uso de resíduos lignocelulosicos na produção de tijolos de adobe**. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves, 2012. Disponível em: <http://www.proamb.com.br/downloads/u4qdw6.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.