

COMPARAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO ENTRE ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO E ADOBE EM HABITAÇÃO RURAL

RÔMULO M. GANDIA¹, ALESSANDRO T. CAMPOS², ANDRÉA A. R. CORRÊA³,
MICHEL C. DE SOUZA⁴, SYLVIA V. G. GUFFEY⁵

¹ Engo. Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, Depto. De Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras – MG, Fone: (0XX35) 9 8882.2405, romulomgandia@posgrad.ufla.br.

² Engo. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras – MG.

³ Engo. Civil, Profa. Doutora, Depto Engenharia, UFLA, Lavras – MG.

⁴ Estudante, Graduando em Eng. Civil, UFLA, Lavras – MG.

⁵ Estudante, Graduando em Eng. Civil, UFLA, Lavras – MG.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi comparar a energia gasta em dois modelos de alvenaria de vedação a serem empregados em habitação para a zona rural com área de 44,80 m². Os coeficientes energéticos dos materiais convencionais de construção como cimento, cal, areia e bloco cerâmico foram obtidos por meio de consulta à literatura. Os coeficientes energéticos para a produção de adobe, mão de obra e argamassa de solo e cal foram estimados pela energia gasta na obtenção dos materiais e execução da alvenaria. O primeiro modelo utilizou blocos cerâmicos e argamassa de cimento e areia no traço 1:6. O segundo modelo utilizou adobe e argamassa de cal e solo no traço 1:3. O resultado para a mão de obra com adobe foi 90,29MJ e para o bloco cerâmico de 49,57MJ. Na argamassa foram gastos 376,25MJ para a alvenaria de blocos, e 548,03MJ para adobe. Destacam-se os coeficientes energéticos para a produção total do bloco cerâmico e dos adobes que foram respectivamente 24.770,28MJ e 1.730,18MJ. Os coeficientes energéticos totais foram 25.196,10MJ para o Modelo 1 e 2.368,51MJ para o Modelo 2. Concluiu-se que o gasto energético total para a utilização do adobe corresponde à 9,5% do bloco cerâmico.

PALAVRAS-CHAVE: Análise energética, Construção rural e Sustentabilidade.

COMPARISON OF ENERGY EXPENDITURE BETWEEN CERAMIC BLOCK AND ADOBE MASONRY IN RURAL HOUSING

ABSTRACT: The objective of this work was to compare the spent energy in two models of masonry fence to be used in rural housing with an area of 44,80 m². The energetic coefficients of conventional building materials such as cement, lime, sand and ceramic block were obtained by consulting the literature. The energy coefficients to produce adobe, labor and mortar of soil and lime were estimated by the energy expended in obtaining the materials and execution of the masonry. The first model used ceramic blocks, cement and sand mortar in the 1:6 proportion. The second model used adobe, mortar of lime and soil in the 1:3 proportion. The result for labor with adobe was 90.29MJ and for the ceramic block of 49.57MJ. In the mortar were spent 376.25MJ for the masonry of ceramic blocks, and 548.03MJ for adobe. The energy coefficients for the total production of the ceramic block and the adobes were respectively 24,770.28MJ and 1,730.18MJ. The total energetic coefficients were 25,196.10MJ for Model 1 and 2,368.51MJ for Model 2. It was concluded that the total energy expenditure for the use of adobe corresponds to 9.5% of the ceramic block.

KEYWORDS: Energy analysis, Rural construction, Sustainability.

INTRODUÇÃO: O desenvolvimento sustentável é aumento da qualidade de vida, relações sociais econômicas e ambientais para as gerações presentes e futuras (ORTIZ, 2009). Cinco dos dez setores industriais de maior consumo energético estão diretamente ligados à construção civil, BRASIL (2008a). Já em termos mundiais estima-se que até 40% dos recursos energéticos sejam usados no setor da construção civil. (TAVARES, 2006).

Em termos energéticos, CAMPOS et al. (2003) conclui que a etapa de vedação consome 50,35% do total da construção, sendo o material tijolo maciço cerâmico responsável por 93% dessa etapa. Já SHUKLA (2009) calculou todo o custo energético e ciclo de vida de uma construção encontrado os valores 475 GJ e 720 GJ 100m² de construção para o adobe e tijolo maciço respectivamente. TAVARES (2006) estima que a energia embutida de um bloco cerâmico de 8 furos apresenta 7.164,92 kJ, já adobe apresenta 2.635,00 kJ SIACOT (1976).

O adobe é um material considerado reciclável por ser composto por solo e água sem ser queimado, portando no processo de demolição ou desfazimento do material ele retorna ao estado original de solo sem a necessidade de gasto energético de reprocessamento. CORRÊA (2015) aponta que o adobe é uma técnica de construção que não ocorre a sinterização, o solo pode-se encontrar no local da obra, diminuindo os gastos energéticos na produção e transporte, além de não requerer mão de obra especializada e possuir um ótimo conforto térmico.

O objetivo do presente trabalho foi comparar o custo energético da etapa de vedação de uma habitação para zona rural utilizando duas diferentes alvenarias, o adobe e o bloco cerâmico, avaliando o coeficiente energético do material, da mão de obra e da argamassa de assentamento.

MATERIAL E MÉTODOS: Foi realizado uma estimativa da energia envolvida na construção de uma habitação no meio rural. A casa consiste de um pé direito com 2,8 m de altura e 4 repartições sendo, um banheiro, uma cozinha, uma sala, um quarto e uma área de serviço sem fechamento totalizando 50,00 metros lineares de alvenaria. A área total da obra é de 44,80 m², Tabela 1. Com um total de 123,89 m² de alvenaria já descontados as áreas de portas e janelas foram calculados os valores dos coeficientes energéticos de cada material junto a sua respectiva argamassa e a mão de obra empregada para a construção.

O adobe foi feito a partir de um solo argiloso. A estimativa para a energia embutida do adobe foi calculada nas etapas desde a extração do solo, preparação da terra, fabricação e a secagem dos adobes. Na primeira etapa, extração do solo, foi utilizado um solo a 1,2 m de profundidade, livre de matéria orgânica de uma área que seria destinada a pavimentação. Uma escavadeira hidráulica a diesel com potência de 148 HP foi necessária nesta etapa. A segunda etapa consistiu da preparação do solo retirado, foi utilizado a mão de obra humana para a peneiração na peneira n° 4 (abertura de 4,75mm). A terceira etapa denominada pela fabricação foi feita pela mistura prévia manual, utilizando a mão de obra humana e posterior homogeneização mecânica utilizando um equipamento denominado “maromba” possuindo um motor trifásico de 3CV com volume de 200 litros e em seu eixo um conjunto de 8 hélices com capacidade de mistura de 100 kg de solo por vez. Após a mistura, a quarta etapa consistiu na secagem dos adobes em local protegido do sol para que não ocorressem perdas bruscas de água e possíveis ocorrência de trincas durante 21 a 28 dias, variando com a temperatura e umidade do ambiente local.

A argamassa utilizada para alvenaria de vedação do adobe foi de cal e solo com o traço 1:3 (1 parte de cal e 3 partes de solo). Para a argamassa do bloco cerâmico foram utilizados cimento e areia com o traço (1:6).

No modelo de alvenaria utilizando o adobe, os adobes foram assentados de forma que a largura da alvenaria foi de 14 centímetros e a massa de alvenaria total, adobe e argamassa de assentamento, por metro quadrado foi de 259,80 kg. No modelo utilizando os blocos cerâmicos,

os blocos foram de vedação nas dimensões de 29x19x9 centímetros (CxLxA), apresentando 4,30 kg de massa por bloco, com o valor da massa por metro quadrado de alvenaria de 111,66 kg e a largura de 9 centímetros.

O valor do coeficiente energético do bloco cerâmico vazado foi retirado da literatura. A quantidade de mão de obra, materiais necessários e volumes de argamassas por metro quadrado de construções foram calculados de acordo com BAËTA (1993).

RESULTADOS E DISCUSSÕES: O valor do coeficiente energético do adobe foi de 72,95 kJ kg⁻², os consumos energéticos detalhados para cada etapa da confecção do adobe esta detalhado na tabela 1. Na etapa da extração demandou-se de 3,26 litros de óleo diesel para retirada de 4 toneladas, apesar do baixo volume e pouco tempo de operação de máquina o custo energético representando mais da metade do gasto energético da construção do material adobe, 53,29 %, mostrando que o óleo diesel apresenta um alto coeficiente energético devido a todo o seu processo desde a extração do petróleo até o refinamento. Na etapa da homogeneização do solo, utilizando o maquinário “maromba” observa-se uma representação 40,88% do coeficiente energético do adobe, representando pelo consumo de energia elétrica. Apesar de demandar muito tempo, o gasto energético da mão de obra em todo o processo representou a menor parte com apenas 5,82 %. Mesmo representando uma pequena parcela do total do gasto energético para a produção do adobe, a mão de obra, pode ser visto como alta empregabilidade do ponto de vista socioeconômico, pela maior parte do processo ser artesanal e manual.

TABELA 1. Etapas dos gastos energéticos para obtenção do coeficiente energético do adobe.

| Etapas | Componente | Energia | Unidade | Consumo | Unidade | Quantidade de solo (kg) | Energia kJ/kg adobe |
|------------------------|-----------------|----------|---------|---------|---------|-------------------------|---------------------|
| Extração | | | | | | | |
| Escavadeira Hidráulica | Diesel (1) | 47780,00 | kJ/l | 3,256 | Litros | 4000 | 38,89 |
| Produção | | | | | | | |
| Solo | Solo (2) | 0,00 | kJ/kg | | | 4000 | 0,00 |
| Preparação do solo | Mão de obra (3) | 386,40 | kJ/h | 20 | Horas | 4000 | 1,93 |
| Homogeneização | Eletricidade | 8053,56 | kJ/h | 0,34 | Horas | 100 | 29,83 |
| Mistura e Moldagem | Mão de obra (3) | 386,40 | kJ/h | 24 | Horas | 4000 | 2,32 |
| Total | | | | | | | 72,97 |

Os números entre parênteses representam as literaturas dos quais se retiraram os coeficientes citados, e estão enumerados a seguir: (1) DOERING (1980); (2) SHUKLA (2009); (3) PELLIZZI (1992).

A energia empregada para a mão de obra foi a de menor representação nos dois modelos de construção. O adobe foi o maior valor encontrado dentre os modelos, com 728,81 kJ m⁻², por conta da robustez, da menor área de recobrimento de alvenaria e da necessidade do peneiramento do solo para a produção da argamassa, representando. A mão de obra do adobe representou 3,81% do total do consumo na construção da alvenaria. O bloco cerâmico apresentou o valor 400,11 kJ m⁻², representando apenas 0,19% do total empregado na construção.

Dentre os gastos energéticos da argamassa de assentamento, o adobe apresentou o maior valor 4423,53 kJ m⁻² representando 23,13% do total da energia gasta por metro quadrado de alvenaria. O alto gasto com a argamassa se dá por causa da área de recobrimento do adobe 28x14 cm² e pelo uso da cal hidratada na composição da argamassa que apresenta uma energia

embutida maior que a do cimento e são utilizados 9,03 kg m⁻² de alvenaria. O gasto energético da argamassa do bloco cerâmico foi 5194,73 kJ m⁻² representando 2,53% do total da alvenaria. Em comparação ao consumo total da alvenaria para a casa, tabela 2, o adobe apresentou 2.368,51 MJ equivalente a uma economia de 90,50% comparado ao bloco cerâmico que foram gastos 25.196,10 MJ.

TABELA 2 – Gastos energéticos das diferentes alvenarias por componente.

| Componente | Gasto energético (MJ) | |
|-------------|-----------------------|----------------|
| | Adobe | Bloco cerâmico |
| Material | 1.730,18 | 24.770,28 |
| Mão de obra | 548,03 | 376,25 |
| Argamassa | 90,29 | 49,57 |
| Total | 2.368,50 | 25.196,10 |

CONCLUSÕES: O coeficiente energético do componente adobe foi 72,97 kJ kg⁻¹, 39,74 vezes menor que o do bloco cerâmico com 2900 kJ kg⁻¹. O modelo de alvenaria feito com bloco cerâmico apresentou uma demanda energética no total da construção de 10,75 vezes maior que a alvenaria feita em adobe. Pode-se concluir que a utilização do adobe como alvenaria de construção é economicamente viável energeticamente quando comparada a de blocos de cerâmico, além de proporcionar uma maior empregabilidade devido a seu uso maior com a mão de obra, tanto na produção do adobe quanto na construção da alvenaria. É um modelo construtivo considerado reciclável, além de proporcionar um melhor conforto térmico.

REFERÊNCIAS

- ALCORN, Andrew. *Embodied energy coefficients of building materials*. Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington, 1996.
- BAÊTA, F.C.; PELOSO, E.J.M.; HOMEM, A.C.F. Custos de construções. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993. 57p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2008: Ano base 2007. Brasília. 2008, a.
- CAMPOS, Alessandro Torres, et al. Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno. *Ciência Rural*, 2003, 33.4: 667-672
- CORRÊA, Andréa Aparecida Ribeiro, et al. Incorporation of bamboo particles and “synthetic termite saliva” in adobes. *Construction and Building Materials*, 2015, 98: 250-256.
- DOERING III, O.C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, D. Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton: CRC, 1980. p.9-14.
- ORTIZ, O.; CASTELLS, F.; SONNEMANN, G. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, 2009, 23.1: 28-39.
- SZOKOLAY, S. The environmental imperative. *Proceedings of PLEA, Kushiro, Japón*, 1997, 3.
- SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA, 13., 1976, New York. **O consumo de energia para construção civil**. New York: Grupos de Pesquisa da Universidade de Illinois, e Richard G. Stein e Assoc, Arquitetos, 1979.
- SHUKLA, A.; TIWARI, G. N.; SODHA, M. S. Embodied energy analysis of adobe house. *Renewable Energy*, 2009, 34.3: 755-761.