

COMPARAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE PAREDES UTILIZANDO AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA MODULAR¹

MIRANDA, Aline dos Santos (1); YUBA, Andrea Naguissa (2)

(1) UFMS, e-mail: aline.mrmd@gmail.com; (2) UFMS, e-mail: naguissa@gmail.com

RESUMO

Este trabalho objetiva comparar o desempenho ambiental de um material não convencional frente a materiais convencionais para a construção de paredes, utilizando a ACV-m, método de ACV simplificado voltado para o setor da construção civil. Para a análise, a referência são as paredes construídas em taipa mecanizada de uma edificação existente, e para os demais processos construtivos, blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto moldado *in loco*, foram tomadas medidas da literatura. As paredes de taipa apresentam os menores valores de energia e emissões incorporadas (se desconsideradas incorporações de materiais importados), porém, são o segundo a consumir mais cimento e água. As paredes de tijolo cerâmico são as que consomem menos cimento e água, mas são o segundo com maior energia incorporada e, quanto às emissões, seus valores se aproximam dos blocos de concreto. As paredes de concreto moldado *in loco* são as mais impactantes em todos os indicadores.

Palavras-chave: Avaliação do ciclo de vida modular. Taipa. Solocimento.

ABSTRACT

This paper aims to compare the environmental performance of non conventional material compared to conventional materials for walls construction using the LCA-m, a simplified method based on LCA for the construction sector. For this analysis it was taken as a reference the walls of an existing building made with mechanized rammed earth, and for the other construction processes, brick venner, concrete blocks venner and massive concrete walls, by literature review. The results show that the mechanized rammed earth walls have the lowest values of embodied energy and emissions, but is the second in cement and water consumption. Brick venner use less cement and water, but they are the second in embodied energy, and their emissions values are close to the concrete blocks venner. The massive concrete walls are the most impactful in all indicators.

Keywords: Modular life cycle assessment. Rammed earth. Soil cement.

1 INTRODUÇÃO

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) possibilita a compreensão dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um sistema ou produto, porém, é um método com implantação cara e complexa, exigindo medição de muitas variáveis. Como alternativa, vem sendo desenvolvidas versões

¹ MIRANDA, Aline; YUBA, Andrea Naguissa. Comparação de impactos ambientais de sistemas construtivos de paredes utilizando avaliação do ciclo de vida modular. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

simplificadas do método, com escopos reduzidos e foco em impactos mais relevantes (LOQUES, 2013; CBCS, 2012).

O CBCS desenvolveu o ACV Modular (ACV-m), método simplificado voltado para o setor da construção civil, cujos parâmetros são consumo de água, energia e matérias-primas; emissão de CO₂; e geração e destinação de resíduos sólidos (CBCS, 2014; CHERUBINI, 2015).

Apesar de considerada boa solução, essas simplificações ainda são questionadas. Em Vaculikova et al (2014), a exclusão de algumas etapas do ciclo de vida influenciou significativamente o impacto ambiental, além de evidenciar que os valores da ACV completa são obviamente maiores do que a versão simplificada. Kellenberger e Althaus (2008), e Oregi et al (2015) quantificam tais diferenças, chegando a até 30% de diferença nos indicadores considerados. Ainda assim, a ACV é reconhecida internacionalmente e eficiente para compreender e comparar o desempenho ambiental de produtos e processos.

Na demanda por construções sustentáveis, o uso de materiais ambientalmente mais amigáveis, pode melhorar o resultado da ACV de um edifício, reduzindo em até 20% a energia incorporada (BRIBIAN, 2009), porém, outras ferramentas (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method - BREEAM; Leadership in Energy and Environmental Design - LEED e GreenStar) estimulam modestamente o seu uso, pois atribuem a essas escolhas pontuações que correspondem respectivamente a 9%, 13% e 16% do total de pontos (DING, 2014). Além disso, o perfil de dados desses materiais ainda está incompleto ou indisponível, principalmente em países em desenvolvimento (DING, 2014). Aliás, a falta de banco de dados é uma dificuldade generalizada (SURAHMAN e KUBOTA, 2012; REITER, 2010; ORTIZ, 2009).

As construções em terra são enaltecidas pelo seu baixo impacto ambiental e baixa energia incorporada, pois são pouco processadas (LAWSON, 1996). Porém, as técnicas contemporâneas têm incorporado novas tecnologias, consumindo mais energia e podem não representar um desempenho ambiental bom com relação aos materiais convencionais (TRELOAR, 2001). Na comparação de ACV de paredes de taipa com alvenaria dupla e simples, o autor concluiu que a energia incorporada na taipa é significativamente menor do que a primeira, mas equivalente à segunda.

Este trabalho objetiva utilizar a técnica de ACV-m para comparar o desempenho ambiental de paredes de taipa mecanizada com técnicas convencionais de construção de paredes.

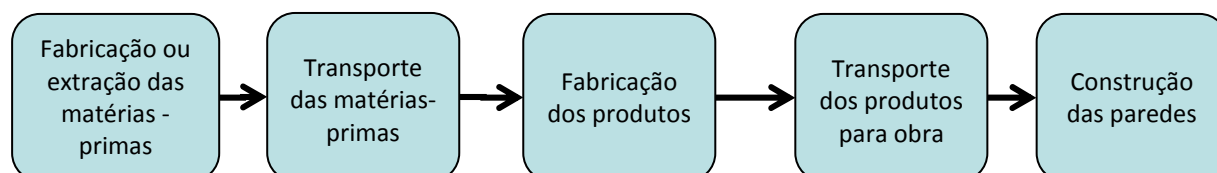
2 METODOLOGIA

A comparação foi feita com semelhantes edificações em blocos cerâmicos alveolares, em bloco de concreto, e em concreto moldado *in loco*. O edifício em estudo é um protótipo, construído na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande/MS. Nela, foram construídas seis

paredes de taipa, com volume total de 20,08 m³, área das paredes externas de 88,38 m² e internas, 81,36 m².

O estudo foi delimitado entre a extração/ produção das matérias-primas até a construção da parede, sem considerar dados de matérias-primas para produção do cimento, aço, e microfibra de polipropileno. O transporte foi simplificado, desconsiderando transporte da fábrica até à loja, e da loja até à obra.

Figura 1 – Fronteiras do sistema



Fonte: a autora (2015)

A unidade funcional considerada neste trabalho é a construção de 88,38 m² de paredes estruturais, com base na habitação de taipa. As paredes não necessitam ter a mesma espessura para possuir função estrutural e resistência semelhante (Tabela 1).

Tabela 1 – Propriedades dos sistemas construtivos

Sistema Construtivo	Dimensões (cm)	Espessura (cm)	Peso da unidade (kg)	Resistência (MPa)	Fonte
Taipa mecanizada	N.A.	21 - 24	N.A.	2,54 – 4,31	MILANI et al, 2014
Bloco cerâmico alveolar	14 x 19 x 39	14	7,5	4,5	ANICER,2012; NASCIMENTO, O. L. 2002
Bloco de concreto	14 x 19 x 39	14	12	4	ANICER,2012; CBCS,2014
Concreto moldado <i>in loco</i>	N.A.	12	N.A	20	ANICER,2012; ABCP,2008

Para quantificação de consumo de matérias-primas foram utilizados dados de literatura, e para taipa, medições *in loco* e documentos de obra. Não foram consideradas formas ou embalagens. Para a comparação foram utilizados apenas os dados do cimento, o único material em comum de todas as paredes.

O consumo de energia e emissões de CO₂, correspondem aos seus respectivos somatórios na extração/ processamento das matérias-primas, produção, transporte e energias envolvidas na construção da parede. Os fatores utilizados nos cálculos foram obtidos na literatura (Tabelas 2, 3 e 4), e para os equipamentos específicos da produção de taipa, o levantamento foi *in loco* e em manuais técnicos.

Dados relativos à energia e emissões da resina acrílica não foram encontrados na literatura, portanto, foram desconsiderados.

Foi considerada mistura manual das argamassas para assentamento e reboco, sem utilização de equipamentos elétricos.

Tabela 2 – Fatores de emissão de CO₂ e energia incorporada - matérias-primas

Fonte	Fator Emissão CO ₂ (kgCO ₂ /t)		Energia incorporada (MJ/t)		Ref
	mínima	máxima	mínima	máxima	
Areia natural	4,2	9,6	55,3	109,0	SOUZA, 2012 apud CBCS, 2014
Brita 0	1,2	1,9	13,5	55,3	ROSSI, 2013 apud CBCS, 2014
Cimento CP II-F	716,4	804,4	3.096	3.240	HEINRICHES; WBCSD apud CBCS, 2014
Cimento CP II-E	433,2	804,4	1.872	3.240	HEINRICHES; WBCSD apud CBCS, 2014
Cal Hidratada²	607	1.031	3.350	4.245	JOHN, V. M. et al , 2014
Aditivo Plastificante³	690	-	16.000	-	SJUNNESSON, 2005
Microfibra de Polipropileno	1.663,2	-	478,85	-	MARQUES et al 2016
Aço	441,66	-	10.000	-	GERVASIO, 2008

Para o consumo de óleo diesel (transporte por caminhões), foi considerado 0,006-0,022 l/t.km (CAMPOS, 2012). Informações sobre peso e capacidade de carga dos caminhões são de manuais técnicos (FORD, 2016; WOLKSWAGEN, 2016). O mesmo para dados de produção horária e potência de pá-carregadeira, para cálculo do consumo de combustível nas fases de extração e transporte dos materiais.

Tabela 3 – Fatores de emissão de CO₂ e energia incorporada - insumos energéticos

Fonte	Energia	Fator Emissão	Ref Energia	Ref Fator Emissão CO ₂
Diesel	37,3 MJ/L	3,3 kgCO ₂ /L	SILVA, 2013 (EPA-2010 e CETESB-2010) apud CBCS, 2014	SILVA, 2013 (Wang et al-2004) apud CBCS, 2014
Gás natural⁴	41,3 MJ/m ³	5,4 kgCO ₂ /m ³	MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008 apud CBCS, 2014	IPCC, 2006; Planilha do GHG Protocol; MACEDO; SEABRA;

² Utilizada nas argamassas.

³ Utilizado na produção do concreto para as paredes de concreto moldado in loco.

⁴ Combustível utilizado no sistema de aquecimento para produção de concreto molhado das paredes de concreto moldado in loco.

				SILVA,2008 apud CBCS, 2014
Óleo BPF⁵	49.786,0 MJ/m ³	3.835,0 kgCO ₂ /m ³	MACEDO; SEABRA; SILVA, 2008 apud CBCS, 2014	MACEDO; SEABRA; SILVA,2008 apud CBCS, 2014
Eletricidade	6,0 MJ/kWh	0,06 kgCO ₂ /kWh	Cálculo com base nos dados BEN 2013 apud CBCS, 2014	MCT - media dos anos de 2011, 2012 e 2013 apud CBCS, 2014
Combustível Navio	40 MJ/kg	3,5 kgCO ₂ /kg	RONNEAU, 2004	MC.KINNON, 2011
Serragem	2.500 kcal/kg	0,54 tCO ₂ /t	FERREIRA,1987; REDENERGIA,2002 apud MANFREDINI E SATTLER, 2005	DOS SANTOS, G.M. et al, 2000

Tabela 4 – Distâncias consideradas

Região	Ponto de partida	Ponto de chegada	Distância (km)
MS	Jazida arenito	Obra	20
	Olaria blocos cerâmicos	Obra	35,5
		Obra	272
	Fábrica cimento	Fábrica blocos de concreto	259
		Usina concreto	289
	Fábrica blocos de concreto	Obra	19
	Usina concreto	Obra	8,6
	Jazida brita	Fábrica blocos de concreto	19,4
		Usina de concreto	22,4
		Obra	485
PR	Jazida areia	Fábrica blocos concreto	499
		Usina concreto	486
SP	Siderúrgica	Obra	952
	Jazida/ Fábrica cal	Obra	1007
	Fábrica aditivo plastificante	Obra	1007
China	Fábrica	Porto Santos/SP	19.027,45
Porto Santos	microfibra de polipropileno	Obra	1093

Fonte: Google Maps, menores distâncias

⁵ Óleo de baixo ponto de fluidez. Utilizado no sistema de aquecimento para produção de concreto molhado das paredes de concreto moldado *in loco*.

Para o consumo de água foi considerada apenas a água incorporada no produto. Na geração de resíduos não foram registrados dados durante a execução das paredes de taipa, e, portanto, não foi considerado.

3 CÁLCULO DOS INDICADORES DE ACV-M

Para as paredes de taipa não foi considerado revestimento (N.A.), mas para as demais foram considerados reboco e argamassas com traços:

- assentamento: 1:0,6:5;
- revestimento: chapisco 5mm (1:3 - concreto e 1:4 - alvenaria), emboço 20mm (externo 1:2:9 e interno 1:4) e reboco 5mm (1:4).

Tabela 5 – Quantificação de materiais

Parede de taipa		
Volume de Massa Solta	36,14 m³	Volume paredes x coef. compactação (1 m³ de parede = 1,8 m³ de massa)
Material	Quantidade	Considerações
Solo arenoso	56.712 kg	Base no traço (1:12) e nas densidades dos materiais
Cimento Portland CP II	3.336 kg	
Microfibra polipropileno	54,49 kg	
Resina Acrílica Impermeabilizante	29,10 litros	Baseado em rendimento de um balde de 18 litros (210 m²/demão), informado pelo fabricante, e na área interna e externa das paredes (169,74m²), considerando duas demãos.
Água	2.222,61 litros	6,15% do volume da “massa”
Parede de bloco cerâmico alveolar		
Material	Quantidade	Considerações
Blocos Cerâmicos	1.149 blocos	13 blocos/m²
Argila	13.087,11 kg	11,39 kg argila/bloco*
Água	0,24 litros	0,00021 kg/bloco*
Aço	35,35 kg	0,4 kg/cada 13 blocos*
Cimento	460,8 kg	Argamassas
Cal Hidratada	1.446,70 kg	
Areia	6.590,44 kg	
Água	1.320,20 litros	
Parede de bloco de concreto		
Material	Quantidade	Considerações
Blocos de Concreto	1.149 blocos	13 blocos/m²
Cimento	1378,80 kg	Traço 1:9** 1 bloco:1,2 kg cimento, e 10,8 kg agregados
Areia	7.445,52 kg	Proporção entre agregados: 60% miúdos e 40% graúdos** 6,48 kg/pç
Brita 0	4.963,68 kg	4,32 kg/pç
Água	723,83 litros	0,63 litros água/bloco (CBCS,2014)
Aço	35,35 kg	0,4 kg/cada 13 blocos*
Cimento	513,6 kg	Argamassas
Cal Hidratada	1.446,70 kg	
Areia	6.526,20 kg	

Água	1.320,20 litros	
Parede de concreto moldado <i>in loco</i>		
Material	Quantidade	Considerações
Concreto Seco ⁶	26.514 kg	300 kg/m ² de parede*
Areia	7.685 kg	725 kg/m ³ de concreto*
Brita 0	14.045 kg	1325 k/m ³ de concreto*
Cimento	4.770 kg	450 kg/m ³ de concreto*
Água	2014 litros	190 l/m ³ de concreto*
Aditivo	42,69 litros	0,895 l/100 kg de cimento*
Aço	837,84 kg	9,48 kg/300 kg de concreto*
Cimento	513,6 kg	Reboco
Cal Hidratada	1.446,70 kg	
Areia	6.526,20 kg	
Água	1.320,20 litros	
*fonte: ANICER, 2012		**fonte: FRASSON, 2010

Tabela 6 – Energia incorporada (MJ)

Parede de taipa		
Etapa	Quantidade (min-max)	Considerações
Extração e/ou produção matérias-primas	10.474,52 - 10.920,90	Extração solo: 2,31 litros óleo diesel Base: produção horária para pá-carregadeira com rodas (JAWORSKI, 2011) e consumo horário de combustível (PINI, 2012). Potência (215 HP) - manuais técnicos (DOOSAN, HYUNDAI e LONKING)
Transporte matérias-primas	199.794.011,2 - 199.809.102,4	Produção cimento: 65 sacos cimento CP II – F 32 e restante CP II – E32 Transporte Microfibra: estima-se 4.9994.708,8 kg combustível (bunker c) Demais matérias-primas: entre 151,72 litros e 556,31 litros óleo diesel
Construção paredes	835,62	Betoneira (potência 2,2 kWh x tempo de uso 23,074 h) Compactador pneumático (potência 0,041 kW x tempo de uso 20,294 h) Compressor pneumático (potência 3,8 kWh x tempo de uso 23,074h) Total: 139,27 kwh
Parede de bloco cerâmico alveolar		
Etapa	Quantidade (min-max)	Considerações
Extração e/ou produção matérias-primas	45.249,65 - 46.938,91	Extração argila: 6 litros óleo diesel/m ³ Produção tijolo: 0,008 m ³ gás natural/bloco Queima Bloco: 0,0057m ³ serragem/bloco*
Transporte matérias-primas	10.998,65 - 40.325,4	Óleo Diesel: entre 294,87 - 1081,11 litros
Construção paredes	0	-

⁶ Concreto ainda sem adição de água.

Parede de bloco de concreto		
Etapa	Quantidade (min-max)	Considerações
Extração e/ ou produção matérias-primas	10.023,43 - 19.946,49	Mínimo 2,5 MJ/pç e máximo 9,64 MJ/pç. (CBCS,2014)
Transporte matérias-primas	14642,11 - 53686,24	Óleo Diesel: entre 392,55 - 1439,31 litros
Construção paredes	0	-

Parede de concreto moldado <i>in loco</i>		
Etapa	Quantidade (min-max)	Considerações
Extração e/ ou produção matérias-primas	31.946,58 - 35.352,42	Produção de concreto molhado ⁷ : Diesel 22,7 MJ/m³ concreto Gás natural 1,16 MJ/m³ concreto Óleo pesado 3,09 MJ/m³ concreto Óleo leve 13,3 MJ/m³ concreto Eletricidade 4,36 kWh/m³ concreto* São necessários 11,14 m³ de concreto
Transporte matérias-primas	18.794,34 - 8.910,98	Caminhão betoneira (~ 11,2t) com capacidade de carga 18,8 t (ABESC, s.d) Óleo diesel: entre 503,87 - 1.847,48 litros
Construção paredes	3.487,55	2h para concretagem de 6m³ de concreto molhado. Caminhão betoneira 300 cavalos , consumo de diesel 21,5 kg/h* Consumo total: 79,76 kg ou 93,50 l

*fonte: ANICER, 2012

Tabela 7 – Emissão de CO₂ incorporada (kgCO₂)

Paredes de taipa		
Etapa	Quantidade (min-max)	Considerações
Extração e/ou produção matérias-primas	2488,16 - 2781,73	Extração do solo, produção do cimento e microfibras
Transporte matérias-primas	17.481.981,48 - 17.483.315,98	Microfibras de polipropileno foi importada da China por navio. Fator de emissão de 12,5 gCO ₂ /tkm para navio de 8000 TEU (MC.KINNON, 2011). A capacidade de carga dos navios foi baseada nos trabalhos de Psaraffis e Kontovas (2008) e Kristensen, H. O (2013). Óleo Diesel: 151,72-556,31 litros.
Construção paredes	8,36	Total: 139,27 kwh

Paredes de bloco cerâmico alveolar		
Etapa	Quantidade (min-max)	Considerações
Extração e/ou produção matérias-primas	3.348,61 - 4.038,14	Consumo: 46,20 litros diesel 0,96 m³ gás natural

⁷ Refere-se a mistura de cimento, areia e água (ANICER,2012)

6,53 m³ serragem		
Transporte matérias-primas	973,07 - 3567,66	Óleo Diesel: 294,87-1081,11 litros
Construção paredes	0	-
Paredes de bloco de concreto		
Etapa	Quantidade (min-max)	Considerações
Extração e/ ou produção matérias-primas	1.760,20 - 3.591,55	0,41 kgCO ₂ /pç (min) - 1,40 kgCO ₂ /pç (max) (CBCS,2014)
Transporte matérias-primas	1295,41 - 4749,7	Óleo Diesel: 392,55-1439,31 litros
Construção paredes	0	-
Parede de concreto moldado <i>in loco</i>		
Etapa	Quantidade (min-max)	Considerações
Extração e/ ou produção matérias-primas	5.182,33 - 6.347,26	Diesel 6,80 litros (22,4 kgCO ₂) Gás Natural 0,31 m³ (1,674 kgCO ₂) Óleo Pesado (BPF) 0,0030 m³ (11,505 kgCO ₂) Óleo Leve 0,96 kgCO ₂ . Não foi especificado tipo de combustível utilizado, foi considerado querosene, correspondente a 0,26 kgCO ₂ /kWh. Eletricidade 48,57 kWh (2,91 kgCO ₂)
Transporte matérias-primas	1.662,76 - 6.114,67	Óleo Diesel: entre 503,87 l e 1.847,48 l
Construção paredes	308,55	Óleo Diesel: 79,76 kg ou 93,50 l

Para cada indicador foram gerados gráficos para comparação. Os gráficos 1 e 2 representam valores de consumo de cimento e água, respectivamente. As paredes de taipa consomem 68,32% mais água e 632,96% mais cimento do que a parede de bloco cerâmico; 8,74% mais água e 76,28% mais cimento do que as paredes de bloco de concreto; e 33,34% menos água e 36,86% menos cimento do que as paredes de concreto moldado *in loco*.

Gráfico 1 – Consumo de cimento (kg)

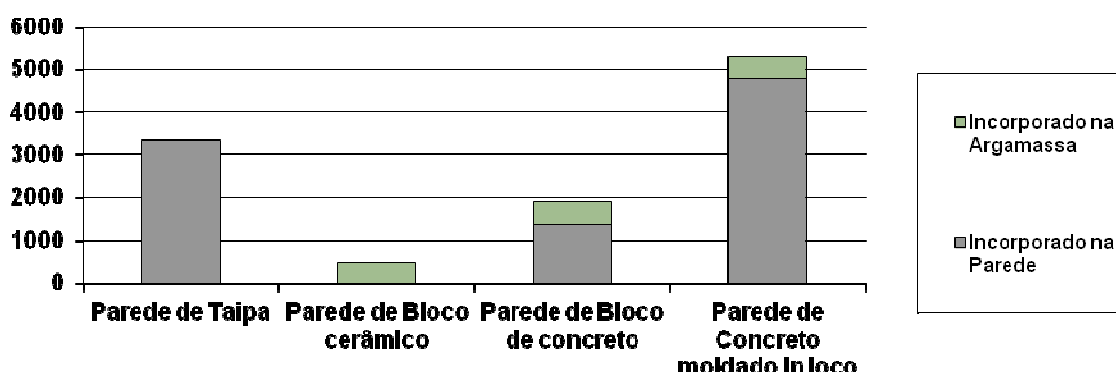
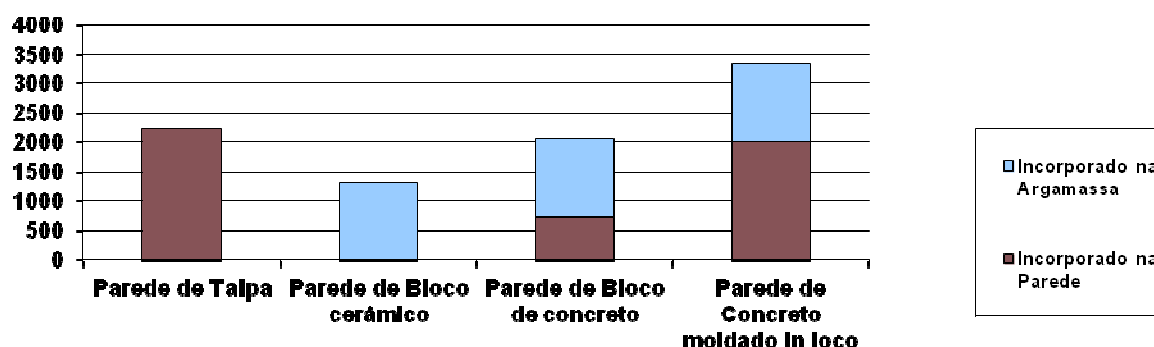
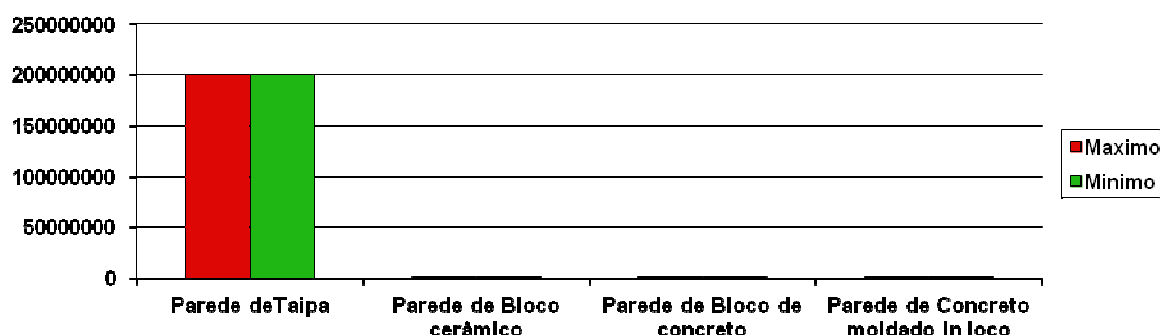
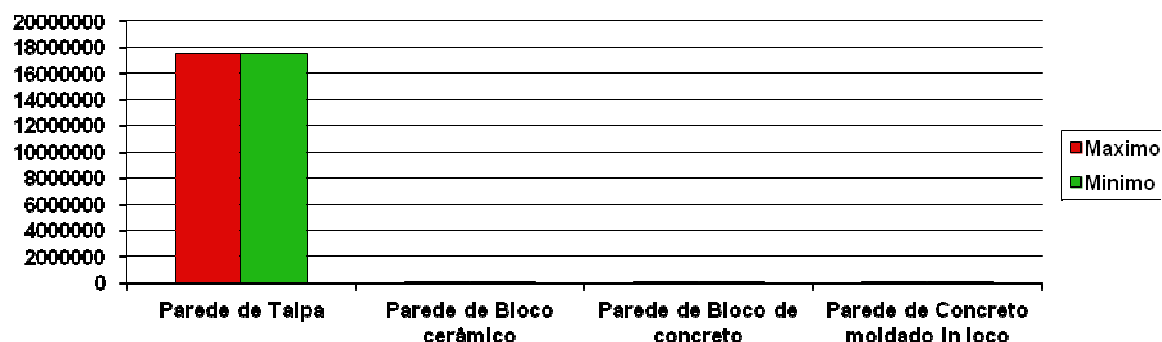


Gráfico 2 – Consumo de água (L)



Em energia e emissões incorporadas foi encontrada uma dificuldade. Devido à microfibras de polipropileno ter sido importada da China, o consumo de combustível estimado foi elevado (4.994.708,8 kg), portanto, os indicadores ficaram extremamente altos (Gráficos 3 e 4). O transporte por navio da China até ao Porto em São Paulo correspondeu a 99,99% da energia incorporada; e as emissões correspondem a 99,98% do total para a parede de talpa.

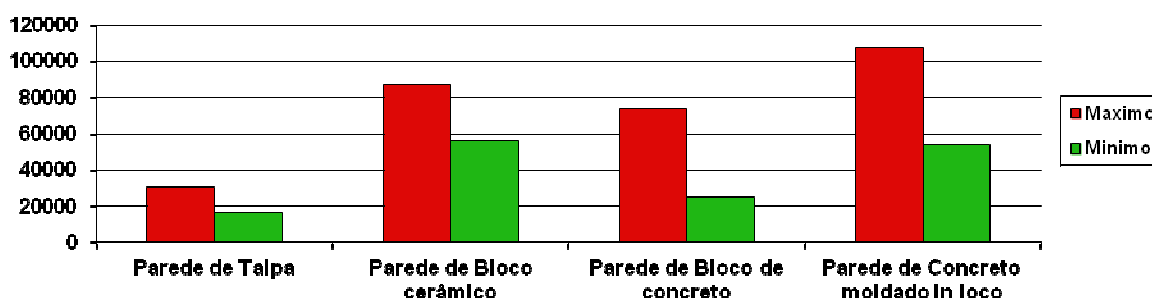
Gráfico 3 – Energia incorporada (MJ)


Gráfico 4 – Emissão de CO₂ incorporada (kgCO₂)


Como os outros sistemas construtivos também podem ter importação de produtos (mas que não foram incluídos), e também com o propósito de não ignorar as informações obtidas, foi feito um cálculo considerando a energia e a emissão da microfibras de polipropileno hipoteticamente fabricadas em

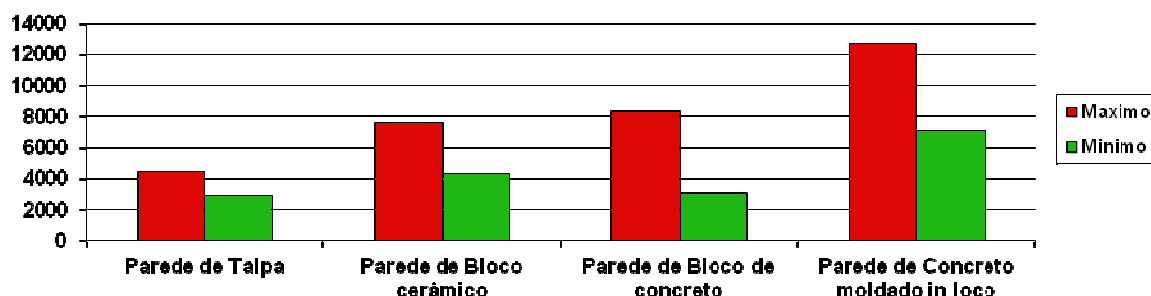
São Paulo, distante 963 km de Campo Grande, equilibrando a escala dos dados obtidos. Nessa hipótese (gráfico 5), as paredes de taipa possuem entre 64,71% e 70,66% menos energia incorporada do que os blocos cerâmicos; entre 33,10% e 58,18% menos do que a parede de bloco de concreto; e entre 69,57% e 71,42% menos do que as paredes de concreto moldado *in loco*.

Gráfico 5 – Energia incorporada (MJ) desconsiderando importação



As emissões (gráfico 6) das paredes de taipa são entre 31,67% e 41,18% menores do que as paredes de bloco cerâmico; entre 3,36% e 46,37% menores do que as paredes de bloco de concreto; e entre 58,72% e 64,97% menores do que as paredes de concreto moldado *in loco*.

Gráfico 6 – Emissão de CO₂ incorporada (kgCO₂) desconsiderando importação



A Tabela 8 a seguir apresenta o *ranking* dos sistemas estudados, considerando-se os indicadores da ACV-m, sendo 1º o menos impactante ambientalmente, e, 4º o mais impactante.

Tabela 8 – *Ranking* de impactos dos sistemas construtivos

Sistema Construtivo	Consumo de Cimento	Consumo de Água	Energia Incorporada	Emissão Incorporada
Paredes em Taipa	3º	3º	1º	1º
Paredes em Bloco Cerâmico	1º	1º	3º	3º
Paredes em Bloco de Concreto	2º	2º	2º	2º
Parede em Concreto Moldado <i>In Loco</i>	4º	4º	4º	4º

4 CONCLUSÕES

Em geral, as paredes de taipa (sem adições importadas) são menos impactantes do que outros materiais. Porém, devido à importação da microfibras de polipropileno, o seu impacto pode ser muito maior do que se fosse construída com outro material. Para equalizar os impactos reais seria necessário ampliar o escopo e detalhar cada produto de forma a identificar todos os materiais importados. Os dados deste trabalho dizem respeito apenas a situação aqui descrita, podendo mudar de acordo com o escopo, a unidade funcional, escolha de fornecedores e fábricas, região da construção e base de dados.

Com relação ao *ranking* de impacto ambiental das técnicas foram encontradas dificuldades, pois a ACV-m não atribui pesos para o cálculo dos impactos, dessa forma, a construção em taipa estaria "empatada" com a construção em bloco cerâmico, apesar de ter as menores emissões e energia incorporados.

O método de ACV-m é recente e ainda está em aprimoramento, portanto, não é possível julgar a sua capacidade para comparar o impacto ambiental de produtos, mas ele apresenta uma boa compreensão geral dos impactos ao longo do ciclo de vida.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Parede de Concreto**: coletânea de ativos 2007/2008. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://abesc.org.br/arquivos/coletania-aditivos.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇO DE CONCRETAGEM – ABESC. **Apresentação sobre Tecnologia do Concreto**. Aperfeiçoamento Profissional. s.d. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/Apresentacoes/Tecnologia%20do%20Concreto/Tecnologia%20do%20Concreto.swf>>. Acesso em 16 jan. 2016

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA - ANICER. **Análise comparativa do ciclo de vida de paredes construídas com tijolos de cerâmica, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco**. Relatório final Revisado por equipe especializada. 25 de maio de 2012

BRIBIAN IZ, USON AA, SCARPELLINI S. **Life cycle assessment in buildings: state of the art and simplified LCA methodology as a complement for building certification**. Build Environ 44:2510–2520. 2009

CAMPOS, E. F. DE. **Emissão de CO₂ da madeira serrada da Amazônia: o caso da exploração convencional**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012. Dissertação de Mestrado.

CHERUBINI, E.; RIBEIRO, P.T. **Diálogos Setoriais Brasil e União Européia: desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil**. Brasília: IBICT, 2015.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL- CBCS. **Plataforma Global de Avaliação do Ciclo de Vida Simplificado para Construção Sustentável**. Contribuição apresentada a Rio+20, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:<http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/posicionamentos/CBCS_Posicionamentos_Plataforma%20global.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2014.

CBCS, ABCP, Blocobrasil. **Sustentabilidade na indústria de blocos e pavimento de concreto**. Avaliação de Ciclo de Vida Modular. CBCS, São Paulo, 2014.

DING, G.K. **Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: An overview**. Eco-efficient construction and building materials Life cycle assessment (LCA), eco-labelling and case studies, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 38-62. 2014.

DOS SANTOS, G.M., BAZZO, E., NICOLAU, V.P. e OLIVEIRA JR., A.A.M. **Serragem e Gás Natural como Fontes Energéticas em Fornos Túneis na Indústria Cerâmica Vermelha**. 8o. Congresso Brasileiro de Ciências Térmicas, ENCIT, 2000, Porto Alegre, Outubro/2000.

FRASSON Júnior; OLIVEIRA; PRUDÊNCIO Junior. **Caderno Técnico Alvenaria estrutural – CT10**. Prisma. São Paulo: 2010. Disponível em: www.mandarim.com.br/download.asp?arquivo=2052008143236.pdf. Acesso em 05 jan 2016.

FORD. **Manuais técnicos**. Disponível em: <http://www.fordcaminhoes.com.br/>. Acesso em 10 jan. 2016.

GERVÁSIO, Helena. **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas**. In: CONSTRUMETAL, 2008, São Paulo. Anais. Disponível em: http://www.abcem.org.br/construmetal/2008/downloads/PDFs/27_Helena_Gervasio.pdf. Acesso em: 16. Jan. 2016.

GRAHAM J. TRELOAR, CERIDWEN OWEN, ROGER FAY. **Environmental assessment of rammed earth construction systems**. Structural Survey. Vol. 19 Iss 2 pp. 99 – 106. 2001.

JAWORSKI, Tadeo. **Equipamentos para Escavação – Compactação e Transporte**. 124 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 1997. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Equipamentos/Arquivos/Apostila%20de%20Equipamentos%20Digitalizada_Tadeo_Jaworski.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2016.

JOHN, V. M. et al. **Economia de baixo carbono**: avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas. Ribeirão Preto, 2014. Disponível em: http://www.desenvolvimento.gov.br/portalmidic/arquivos/dwnl_1423738707.pdf. Acesso em: 21/01/16.

KELLENBERGER, D. and ALTHAUS, H. **Relevance of Simplifications in LCA of building components**. Building and Environment, 44, 818-825. 2009.

KRISTENSEN, H. O. **Statistical Analysis and Determination of Regression Formulas for Main Dimensions of Container Ships based on IHS Fairplay Data**. Project no. 2010- 56, Emissionsbeslutningsstøttesystem, Work Package 2, Report no. 03, Technical University of Denmark. 2013

LAWSON, W.R. **Building Materials, Energy and the Environment: Towards Ecologically Sustainable Development**. The Royal Australian Institute of Architects, Red Hill, ACT, p. 135. 1996.

LOQUES, Rafael. **Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada do cimento portland**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Setembro 2013.

MANFREDINI, C; SATTLER, A. M. **Estimativa de Energia Incorporada a Materiais de Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Sul**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n.1, p.23-37, jan. mar./ 2005.

MARQUES, V. M.; GOMES, L. P.; KERN, A. P. **Avaliação ambiental do ciclo de vida de telhas de fibrocimento com fibras de amianto ou com fibras de polipropileno**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 187-201, jan./mar. 2016.

MC. KINNON, A.: **Guidelines for Measuring and Managing CO₂ Emission from Freight Transport Operations**. Issue 1, March 2011

MILANI, A. P. S. ; YUBA, A. N. ; PAZ, J. G. S ; VERALDO, A. C. **Análise do Processo de Produção de Paredes Monolíticas de solo estabilizado a partir do uso de mecanização**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2014, Campo Grande. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014, 2014.

NASCIMENTO, O. L. **Alvenarias**. 1ª Ed., Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2002.

OREGI X. , HERNANDEZ P, GAZULLA C, ISASA M. **Integrating Simplified and Full Life Cycle Approaches in Decision Making for Building Energy Refurbishment: Benefits and Barriers**. Buildings 2015, 5(2), 354-380.

ORTIZ, O. CASTELLS, F., SONNEMANN, G. **Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA**. Construction and Building Materials 23, 28-39. 2009.

PINI. **Combustível para Maquinas**. Revista Equipe de Obra. São Paulo: Editora Pini. Edição 43. Jan 2012

PSARAFTIS, H.N., C.A. KONTOVAS. 2008. **Ship Emissions Study**. National Technical University of Athens. report to Hellenic Chamber of Shipping, May. Disponível em: <<http://www.martrans.org/documents/2008/sft/final%20report%20v10.2.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016

RONNEAU, C. Energie, **pollution de l'air et developpement durable**. Louvain-la-Neuve: Presses Universitaires de Louvain. 2004

REITER, S. **Life Cycle Assessment of Buildings – a review**. Sustainability Workshop and Third Plenary Meeting, Brussels, Belgium (07/07/2010), 2010, pp. 1–19.

SJUNNESSON, JEANNETTE. **Life Cycle Assessment of Concrete**. Sweden : Lund University, 2005.

SURAHMAN, U.; KUBOTA, T. **Development of simplified LCA model for residential buildings in Indonesia; A pilot survey in Bandung**. AIJ Journal of Technology and Design, 18, No.40: p.1003-1008. 2012.

TRELOAR, G.J.; OWEN, C.; FAY, R. **Environmental assessment of rammed earth construction systems**. Structural Survey, Vol. 19 Iss 2 pp. 99 – 106. 2001.

VACULIKOVA M., et al. **Simplified and Detailed Life Cycle Assessment of a Building Replacement with Re-use of Selected Materials**. In 2014 WSB14 Barcelona. Barcelona: Green Building Council España (GBCe), 2014, p. 1-7.

VOLKSWAGEN. Manuais técnicos. Disponível em: <https://www.man-la.com/produtos-volkswagen/>. Acesso em: 10 jan. 2016