

Análise da Emissão de CO₂ em Edificações através do Uso de uma Ferramenta CAD-BIM.

Analysis of CO₂ emission in construction using a CAD-BIM system.

Micheline Helen Cot Marcos

Centro Universitário Curitiba – UNICURITIBA. Brasil
micheline.helen@gmail.com

Abstract. The main objective of this research is to determine through the use of a CAD-BIM system, the emission of CO₂ in the pre-operational phase of construction. Based on a case study in quantitative analysis of materials and the BIM system, it was possible to quantify the amount of CO₂ emitted during the pre-operational life cycle of a building. By using this feature you can provide, before the beginning of construction, the total CO₂ that will be released to the environment, and other analysis.

Palavras chave. Emissão de CO₂; fase pré-operacional; ciclo de vida; CAD-BIM; ArchiCad.

Introdução

Essa pesquisa pretende analisar a quantidade de CO₂ que é emitido ao meio ambiente durante a primeira fase do ciclo de vida da edificação, a fase pré-operacional. Nesta fase, compreendem-se as etapas de fabricação e transporte dos materiais e o erguimento da edificação. O estudo de caso foi baseado em um modelo de habitação de interesse social desenvolvido de maneira convencional, e outro modelo de habitação, de mesmo porte, construído em madeira de reflorestamento. Esses dois modelos foram projetados em uma ferramenta CAD-BIM, chamada ArchiCad. Neste caso, a ferramenta BIM (Building Information Modeling) foi utilizada para a obtenção de emissão de CO₂.

Uma das principais fontes de gases poluentes, na construção civil, é a fabricação de materiais de construção pois, a indústria do cimento é a maior emissora de CO₂, sendo responsável por 4 a 5% de todo o CO₂ despejado na atmosfera por atividades humanas (MARLAND, 2007). Na figura 1, têm-se os componentes usados na fabricação do cimento.



Figura 1. Composição do cimento

UTILIZAÇÃO DE CAD (Computer Aided Design) BIM NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Ferramentas Building Information Modeling (BIM) representam uma nova geração de ferramentas CAD orientadas ao objeto que gerenciam a informação da construção no ciclo de vida do projeto.

No processo utilizando a tecnologia BIM, os modelos virtuais podem ser entendidos como bases de dados onde são armazenados tanto os dados geométricos, como os textuais de

cada elemento construtivo utilizado no projeto. A combinação desses dados permite a extração automática de documentos como plantas, cortes, perspectivas ou quantitativos (BIRX, 2006).

A ferramenta BIM usada nessa pesquisa foi o ArchiCAD, como método de análise de emissão de CO₂, através do quantitativo dos materiais de construção utilizados para edificar os dois modelos de casas. Para isso foram projetadas as duas residências distintas, uma em madeira e outra em alvenaria e, ao final, o sistema fornece um relatório de emissão para cada projeto (HUANG et al., 2007). A riqueza de informações proporcionada pelo uso de objetos paramétricos possibilita a extração automática de diversos tipos de representações de determinado elemento construtivo, sem que haja a necessidade de redesenhá-lo. A ferramenta BIM - ArchiCAD da Graphisoft, foi uma das primeiras, comercialmente disponível no mercado de softwares (IBRAHIM; KRAWCZYK; SCHIPPOREIT, 2004).

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Foi realizada uma análise em dois modelos de habitação de interesse social, uma construída nos métodos convencionais e outra construída em madeira. Após escolhidas as habitações como estudo de caso, analisa-se o quantitativo de materiais das duas residências. Através desses materiais, o banco de dados do CAD-BIM é alimentado com resultados equivalentes ao total de quilos de materiais por m² de construção. Assim sendo, cada material terá seu próprio índice de emissão. Ao final, cada habitação será projetada no ARCHICAD, o que irá gerar o índice total de emissão, por habitação, na fase pré-operacional da construção. Na Figura 2 está esquematizado o processo de informação do ArchiCAD. Primeiramente o elemento (nesse caso, parede) é desenhado, em seguida aplicam-se os materiais e acabamentos relativos a essa parede. A base de dados está alimentada com ferramentas de associação automáticas que indicam os parâmetros de carbono

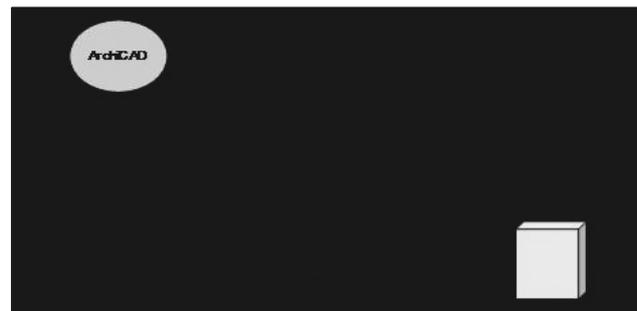
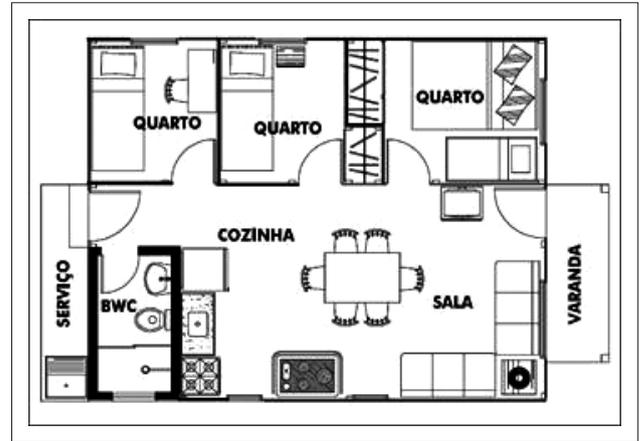
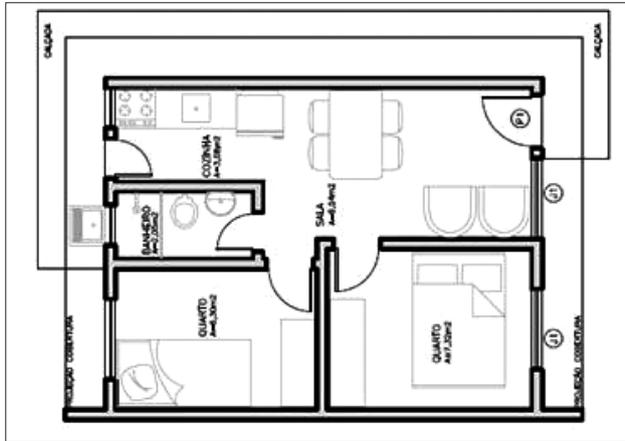


Figura 2. Processo de geração da informação no ArchiCad



Figuras 3 e 4. Casa-alvenaria e casa- madeira, na seqüência.

emitido, em quilos, gerando uma lista de resultados.

As duas residências analisadas no estudo de caso possuem a mesma metragem quadrada, em torno de 40m², como demonstra os desenhos relacionados na figura 3 e figura 4.

Foram analisadas as seguintes informações de cada material de construção, necessárias para se obter o total de emissão de CO₂:

- Densidade, energia de fabricação, distância média de fabricação, energia de transporte, emissão de CO₂ na fabricação e emissão de CO₂ no transporte. E os seguintes combustíveis: combustível a diesel, gás natural, gás liquefeito de petróleo (LP), coque de petróleo, outros derivados de petróleo, carvão, coque, eletricidade, carvão vegetal e lenha (Matriz energética). A seguir estão especificados os respectivos valores que foram utilizados para os cálculos finais de emissão.

Densidade:

As densidades dos principais materiais de construção foram extraídos de Tavares (2006), conforme mostrado na tabela 1:

Materiais	Massa específica (t/m ³)
Aço	7,85
Alumínio anodizado	2,70
Alumínio reciclado	2,70
Areia	1,6
Argamassa	1,86
Vidro	2,5
Cerâmica- telha	2,05
Cimento Portland	1,95
Concreto	2,3
Madeira- seca ao forno	0,6
Madeira – seca ao ar livre	0,6
Tinta acrílica	0,208
Tinta óleo	0,208
Tinta PVA latex	0,234
PVC	0,65

Energia de fabricação:

De acordo com Tavares (2006), a tabela 2, informa os valores de Energia Embutida por MJ/kg com as respectivas fontes, além dos valores de EE por volume de material.

Aço	235.500
Alumínio anodizado	567.000
Alumínio reciclado	46.710
Areia	80
Argamassa	3.906
Borracha natural - Latex	63.480
Borracha sintética	160.650
Brita	247,50
Cal virgem	4.500
Cerâmica- 8 furos	4.060
Cerâmica branca	52.075
Cerâmica- telha	10.260
Cimento Portland	8.190
Cobre	669.975
Concreto	2.760
Fibrocimento - telha	9.600
Madeira- seca ao forno	2.100
Madeira – seca ao ar livre	300
Madeira – lamin. colada	4.875
Madeira - MDF	5.850

Matriz energética

A partir do consumo de materiais nas edificações, pode ser feita a desagregação dos valores de consumo de energia em fontes primárias. A tabela 3 apresenta a relação de consumo de fontes específicas de energia por materiais de construção fabricados no Brasil (Tavares, 2006).

SIGraDi 2009 sp

Tabela 3. Consumo primário de energia por fontes em materiais de construção (% MJ)

Fontes	Fósseis não renováveis						Renováveis					
	Materiais	Óleo diesel e Combustível	Gás natural	GLP	Coque de Petróleo	Outras secundárias de petróleo	Carvão mineral	Coque de carvão mineral	Eletricidade	Carvão vegetal	Lenha	Outras fontes prim. renováveis
Aço e ferro	1	6				71	10				12	
Alumínio	21	7			4		10	54				4
Areia	99							1				
Argamassa	86			10				4				
Cal	12							8		80		
Cerâmica revest.	15	68	5					12				
Cerâmica verm.	4		8					2		85		1
Cimento	3			61		8		12	9			7
Cobre	10	44					5	41				
Concreto	82			9				9				
Fibrocimento	84		2					14				
Impermeabilizantes	10	30			34			26				
Madeira	83							17				
Pedra	85							15				
Plásticos	10	30			34			26				
Tintas	90							10				

Transporte

Com relação ao transporte dos materiais da indústria até o local da obra, os itens relacionados tiveram como referência uma distância média de 50km e o consumo energético do tipo de material utilizado é de 1,62 MJ/km/t. O combustível considerado foi o óleo diesel e o caminhão como meio de transporte. De acordo com Tavares (2006), para o transporte de 4m³ de argila, equivalentes a 7200 kg, é consumido 1 litro de óleo diesel por 3 km. Sendo de 35 GJ/ m³ o poder calorífero desse combustível, é obtida a relação de 1,62 MJ/km/t.

Geração de CO2 por fontes de energia

A quantidade de CO2 liberado por fonte para geração de energia é apresentada na tabela 4 abaixo.

Tabela 4. Geração de CO2 por fontes de energia

Fonte	CO2 (kg/GJ)
Eletricidade	18,1
Óleo Combustível	79,8
Gás Natural	50,6
GLP	63,3
Fontes secundárias de petróleo	72,6
Coque de carvão mineral	91,5
Coque de petróleo	72,6
Carvão mineral	91,5
Carvão vegetal	51,0
Lenha	81,6

Para exemplificar o resultado da emissão de CO2 emitido pelo ArchiCad, foi realizado o cálculo de emissão do aço, baseado nos índices dos quadros listados acima.

Primeiramente utilizam-se os dados do consumo primário de energia por fontes em materiais de construção listados no Quadro 9, onde é especificado o consumo para o aço: óleo combustível (0,01), gás natural (0,06) e coque de carvão mineral (0,71), em números decimais (na tabela têm-se os valores em porcentagem).

Óleo Combustível:

Índice 1 : 0,0798 kg CO2/MJ (Tabela 4)

Índice 2: 0,01 (Tabela 3)

$0,0798 \times 0,01 = 0,000798$ kg CO2/MJ de óleo combustível

Gás natural

Índice 1: 0,0506 kg CO2/MJ (Tabela 4)

Índice 2: 0,06 (Tabela 3)

$0,0506 \times 0,06 = 0,00303$ kg CO2/MJ de gás natural

Coque de carvão mineral

Índice 1: 0,0915 kg CO2/MJ (Tabela 4)

Índice 2: 0,71 (Tabela 3)

$0,0915 \times 0,71 = 0,0649$ kg CO2/ MJ de coque de carvão mineral

Eletricidade

Índice 1: 0,0181 kg CO2/MJ (Tabela 4)

Índice 2: 0,10 (Tabela 3)

$0,0181 \times 0,10 = 0,00181$ kg CO2/ MJ

Sendo assim, o valor total de CO₂/MJ emitido pelo aço é a soma dos resultados obtidos acima, totalizando 0,071 kg CO₂/ MJ. Com a obtenção desse resultado, calcula-se a emissão de CO₂/ m³ do aço, que é o índice fornecido pelo ArchiCad, que está alimentado em sua base de dados.

Cada MJ na produção do aço emite 0,071 kg CO₂/MJ. Sendo que, 1m³ necessita de 235.500 MJ (Tabela 2). Então, 235.500 x 0,071 = 16.628,42 kg/m³ de CO₂.

Esses procedimentos de cálculos foram realizados para todos os materiais de construção utilizados no projeto das residências, obtendo assim, o valor total de emissão emitido pela ferramenta.

RESULTADOS

Primeiramente a análise foi realizada na casa de alvenaria. Depois de obtidos os dados necessários, medidas, projetos e quantitativo de materiais, o projeto foi construído no ArchiCad. Na figura 5 a seguir, é demonstrado o projeto sendo desenhado na ferramenta BIM.

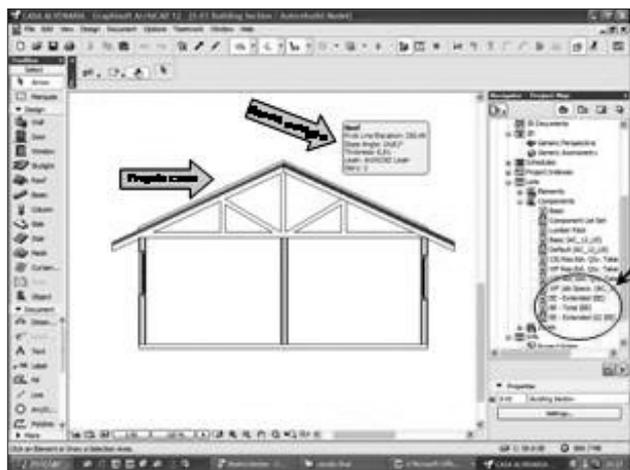


Figura 5. Modelagem no ArchiCad

Na tabela 5, é mostrado um resumo do total de emissão de CO₂, por material utilizado na obra e também um modelo representado no gráfico.

Tabela 5. Índices de emissão de CO ₂ extraídos do ArchiCad	
Material	CO ₂ (fabricação e transporte)
Azulejo	24,06 kg
Concreto	1423,18 kg
Cimento	149,72 kg
Tijolo de barro	968,28 kg
Telha de barro	215,5 kg
Vidro	54,97 kg
Argamassa	1693,13 kg
Tinta óleo	5,31 kg
Tinta PVA	211,5 kg
PVC	377,22 kg
Aço	618,69 kg
Madeira	202,84 kg
TOTAL	5944,4 kg

Os resultados acima mostram que, para fabricação e transporte dos materiais de construção de uma habitação de interesse social, há uma emissão de 5944,4 kg de CO₂ ao meio ambiente.

A seguir é mostrado a tabela 6 com os números referentes à emissão nas fases de fabricação e transporte dos materiais de construção da habitação em madeira.

Tabela 6. Índices de emissão de CO ₂ , da casa de madeira	
Material	CO ₂ (fabricação e transporte)
Azulejo	30,39 kg
Concreto	377,37 kg
Cimento	179,05 kg
Tijolo	160,2 kg
Argamassa	193,1 kg
Tinta óleo	1,37 kg
Tinta PVA	392,84 kg
Aço	147,52 kg
Madeira	486,11 kg
TOTAL	1968,00 k

Após as análises dos resultados das duas habitações, observa-se que as emissões na casa convencional são muito maiores do que na casa de madeira, isso ocorre em função dos materiais de construção utilizados em cada modelo. A seguir é demonstrado um gráfico com as duas habitações simultâneas, onde nota-se as diferenças de emissão de CO₂ entre ambas.

Do lado esquerdo do gráfico se posiciona a casa convencional do lado direito, a casa de madeira.

A argamassa e o concreto são os materiais que mais emitem CO₂ na construção da casa da COHAB, na fase pré operacional da edificação. O alto índice de emissão do concreto ocorre em virtude de que o concreto foi largamente utilizado nas estruturas de vigas, pilares e sustentação. A emissão de CO₂ através da utilização da argamassa também teve um resultado elevado pois, a argamassa é utilizada como revestimento interno e externo de toda a residência. O terceiro componente construtivo que teve um alto índice de emissão, na mesma residência, são os tijolos, por serem o material de construção mais usado em todo o processo de erguimento da obra, sendo usado em maior quantidade. Na tabela 7 é mostrado o total de emissão por metro quadrado de parede construída na casa de alvenaria. Nota-se que 1m² de parede de alvenaria emite aproximadamente 562 kg de CO₂ para o meio ambiente.

Tabela 7. Índices de emissão de CO ₂ por m ² de parede de alvenaria	
Componentes	CO ₂ por 1m ²
CO ₂ emissão - fabricação	546 kg
CO ₂ emissão - transporte	16 kg
TOTAL	562 kg

Na sua totalidade, a casa de madeira é menos poluente, com relação à emissão de CO₂ na fase pré-operacional da edificação, sendo que o índice de emissão de uma casa de alvenaria equivale a três vezes o índice de emissão de CO₂ da casa de madeira.

SIGraDi 2009 sp

Componentes	CO ₂ por 1 m ²
CO ₂ emissão - fabricação	4,92 kg
CO ₂ emissão - transporte	0,06 kg
TOTAL	4,98 kg

A tabela 8 mostra o total de emissão por metro quadrado de parede construída na casa de madeira. Nota-se que 1 m² de painel de madeira emite aproximadamente 5 kg de CO₂ para o meio ambiente

Conclusão

Essa pesquisa chegou à conclusão de que o modelo mais utilizado como habitação de interesse social, construído de maneira convencional, emite altos índices de CO₂ se comparado a uma casa de mesmo porte utilizando a madeira. Na construção de uma casa com 35m², edificada de maneira convencional emite cerca de 6000 kg de CO₂, na fase pré-operacional (fabricação + transporte). Sendo que, para construir a casa de madeira analisada nessa pesquisa, com 40m² existe uma emissão de 2000 kg de CO₂ em média.

References

- Birx, G. W. Getting started with Building Information Modeling. The American Institute of Architects - Best Practices, 2006. Disponível em http://www.aia.org/bestpractices_index. Acessado em: 02/02/2009
- Huang, T. et al. A virtual prototyping system for simulating construction processes. Automation in Construction, n.16, 2007. Disponível em www.elsevier.com/locate/autcon. Acessado em: fev. 2009.
- Ibrahim, M; KRAWCZYK, R; SCHIPPORIET, G. Two Approaches to BIM: A Comparative Study, 2004. Disponível em: <http://www.iit.edu/~ibramag/> acessado em fev. 2009
- Marland, G., T.A. Boden, And R.J. Andres. 2007. Global, Regional, and National CO₂ Emissions. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. Disponível em: http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/tre_glob.htm, acessado em 11/08/2008.
- Tavares, S. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de Edificações residenciais brasileiras. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, PPGEC, Curso de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006