

REDUÇÃO DE EMISSÃO DE CARBONO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES ESCOLARES: ESTUDO DE CASO DAS ESCOLAS SESI-SENAI

Flávia Anastácio Pinto⁽¹⁾, Eloy Fassi Casagrande Jr.⁽²⁾, Bruno Kobiski⁽³⁾

(1) Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, fla_anastacio@hotmail.com,

(2) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, eloy.casagrande@gmail.com,

(3) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, kobiski@gmail.com

Resumo

A indústria da construção civil causa grande impacto sobre o meio ambiente, principalmente pelo nível de emissão de gases do efeito estufa associado aos materiais convencionais utilizados nas edificações. Sendo assim, este artigo apresenta uma análise dos problemas construtivos das unidades SESI e SENAI, construídas em alvenaria e materiais de alto impacto ambiental, comparando-os com uma nova proposta de mudança deste modelo a ser construída na cidade de Francisco Beltrão – PR. Dados considerados são relativos a um melhor conforto ambiental, manutenção e custos, além de uma alternativa construtiva de baixa emissão de dióxido de carbono (CO₂). As emissões de CO₂ dos materiais que serão utilizados na obra foram quantificadas e comparadas com as emissões do modelo proposto em wood-framing. A metodologia para o cálculo foi a mesma proposta por Tavares (2006), na qual é considerada a energia embutida nos materiais e a relação percentual de consumo de fontes primárias de energia por materiais de construção fabricados no Brasil, utilizando dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC e do Balanço Energético Nacional - BEN. A comparação mostrou que o modelo wood-framing, geraria uma emissão 65.000,14 kg de CO₂. Esta emissão representa uma redução de 74,15% quando em contraste com a geração de 251.499,05 kg. O estudo também evidencia que o tempo de construção do modelo proposto é significativamente menor, contribuindo para a diminuição do custo da obra em 15,51%.

Palavras-chave: Construção sustentável, Emissão de dióxido de carbono, Wood-framing

Abstract

The civil construction industry causes great impact on the environment, mainly for the high amounts of greenhouse gases associated to conventional materials employed in buildings. Thus, this paper presents an analysis of construction problems in SESI and SENAI buildings, built in masonry and other high environmental impact materials. These buildings were compared to a new construction proposal yet to be built in Francisco Beltrão – Paraná, Brazil. The gathered data considers a better ambient comfort, maintenance, costs and also the low emission of carbon dioxide (CO₂). The CO₂ emissions from materials that will be used were quantified and compared to the new wood-framing construction proposal model. The methodology used to calculate the amount of CO₂ released was the same as proposed by Tavares (2006), in which the embodied energy of materials is considered, and the percentage relation of consumption of primary energy sources for each construction material manufactured in Brazil, using data from Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC and the National Energy Balance – BEN. The comparison showed that the wood-framing model would generate an emission of 65,000.14kg of CO₂. This represents a reduction of 74,15% when contrasted with the generation of 251,499.05 kg of CO₂. The study also shows that the construction time of the new proposed model is significantly lower, contributing for the cost reduction of the work in 15,51%.

Keywords: Sustainable Construction, Carbon Dioxide Emission, Wood-framing

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico, o aumento do desenvolvimento tecnológico e a cultura da sociedade, o aumento do consumismo dos seres humanos, é diretamente proporcional a maiores emissões de CO₂ e maiores as catástrofes ambientais em virtude das mudanças climáticas devido ao aquecimento global. Apesar de todo o conhecimento teórico e das catástrofes ambientais, a sociedade parece não ter internalizado estes conceitos para o cotidiano.(DEEKE, 2009).

Constata-se que seis dos setores industriais que mais consomem energia no país: cimento, cerâmica, metais não ferrosos, aço, química e mineração, estão relacionados à indústria da construção civil. Estes setores em conjunto usam 75% de fontes não renováveis. (TAVARES, 2006).

Diante deste cenário, houve uma preocupação em desenvolver-se a chamada “construção sustentável” (*green building*, em inglês). Para Marcos (2009), na execução de um empreendimento com ênfase em sustentabilidade a gestão da obra é fator importantíssimo, pois um gerenciamento eficiente é vital para a redução de perdas de material e do consumo energético.

Este artigo apresenta uma mudança de paradigma na construção de escolas do SESI - Serviço Social da Indústria e SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, instituições que fazem parte da FIEP - Federação das Indústrias do Estado do Paraná e que adotam pela primeira vez um método construtivo que privilegia a madeira em detrimento da alvenaria, reduzindo assim significativamente as emissões de carbono associadas a esta.

O SENAI do Paraná tem como missão promover a educação profissional e tecnológica, contribuindo para que as empresas do Paraná introduzam padrões de sustentabilidade em suas bases. Seus programas de educação profissional capacitam o trabalhador industrial, com cursos de aprendizagem, técnicos, tecnológicos, graduação, pós-graduação e mestrado (SENAI, 2012).

O SESI tem como missão aprimorar o conhecimento, a capacitação e a qualidade de vida aos trabalhadores da indústria, seus familiares e a comunidade em geral. O SESI atua em três grandes vertentes: Educação para a Nova Indústria, Indústria Saudável e Responsabilidade Social Corporativa (SESI, 2012).

2. A CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

No Brasil, de acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), o setor da construção civil, com a participação de 15% do PIB, apresenta os maiores e mais diversos impactos ambientais. A quantidade de resíduos da construção e demolição é estimada em torno de 450 kg/hab.ano ou cerca de 80 milhões de toneladas por ano, o que impacta o ambiente urbano e as finanças municipais. A operação dos edifícios no Brasil é responsável por aproximadamente 18% do consumo total de energia do país e 50% do consumo de energia elétrica, e 21% do consumo da água. (CBCS, 2012).

A indústria do cimento tem grande responsabilidade na emissão de CO₂, 90% da emissão de carbono ocorre nos fornos com a queima do clínquer. Em países em desenvolvimento a tendência é que a sociedade continue utilizando grandes quantidades de concreto, que possui o cimento como componente principal para as edificações, mas é preciso controlar o consumo e reduzir a quantidade de clínquer na composição do cimento, para que se reduzam as emissões de CO₂.

Para Lubas (2008) o mercado brasileiro desconhece o potencial da madeira para uso na construção civil, o qual possibilita soluções arquitetônicas arrojadas e pondera que a construção civil tem um amplo caminho a percorrer no que tange ao desenvolvimento das tecnologias construtivas em madeira. As construções caminham ainda para uma transição do

uso da madeira como material de revestimento e elemento complementar para o uso da madeira como elemento estrutural e construtivo.

Algumas propriedades da madeira são importantes para difundir o seu uso nas construções em geral, a madeira possui capacidade para vencer grandes vãos, quando utilizada estruturalmente. É um material mais flexível, portanto resiste melhor a terremotos e proporciona uma grande flexibilidade com curvaturas, arqueadas e dobradas em sua forma. A madeira apesar de ser inflamável resiste mecanicamente ao fogo por mais tempo do que o aço que não é inflamável (NETO, 2012).

O SESI/SENAI juntamente com a Tecverde Engenharia Ltda, empresa focada na construção de residências utilizando o sistema construtivo a seco com painéis estruturais de madeira, desenvolveram um projeto, que será a primeira unidade escolar com o sistema construtivo *wood-framing*, na cidade de Francisco Beltrão, no interior do Estado do Paraná. Com esta tecnologia pretende-se avaliar o ganho ambiental com relação à redução de emissão de CO₂ e geração de resíduos, além da industrialização da obra, rapidez na execução e a redução dos custos. O *wood-framing* é um sistema construtivo modular, a partir de painéis OSB (*Oriented Strand Board* – Painéis de fibras orientadas) de madeira reflorestada, que possibilita uma grande industrialização da obra, mas que mantém todas as características estéticas de um projeto convencional.

O projeto SESI/ SENAI, da unidade de Francisco Beltrão, com 2 pavimentos prevê, o pavimento térreo para o SENAI e o pavimento superior para o SESI, totalizando uma área 1.415,22m², sendo que a unidade terá um espaço cedido onde serão realizadas aulas para disseminação da tecnologia *wood-framing* e de novas tecnologias com ênfase em sustentabilidade a serem estudadas futuramente. Sendo assim, este trabalho analisar o projeto da unidade de Francisco Beltrão com relação às emissões de CO₂ geradas pelos 2 métodos contrutivos.

3. METODOLOGIA

Até a data da composição deste relatório, somente o projeto arquitetônico, as composições de custos e a estimativa da planilha orçamentaria foram disponibilizados pelo setor de engenharia do SESI-SENAI. O projeto indica que a edificação será construída em estrutura pré-moldada. A empresa Tecverde Engenharia Ltda disponibilizou também dados de quantidades de materiais que serão utilizados na construção, de acordo com o projeto.

Os índices referentes a emissões de CO₂, basearam-se em trabalhos acadêmicos, a partir da metodologia proposta por Sérgio Fernando Tavares, na tese de doutorado em 2006, desenvolvida na Universidade Federal de Santa Catarina.

Kobiski (2011) utilizou a mesma metodologia proposta por Tavares (2006) para calcular emissões de CO₂ geradas nas estruturas *woodframing*, *steelframing*, e no modelo estrutural convencional de alvenaria e concreto. Esta metodologia baseia-se em um conceito denominado de Energia Embutida, no qual as emissões são contabilizadas a partir da energia total necessária para a confecção do material em questão.

Para determinação do consumo energético dos eventos significativos o ciclo de vida é dividido em três fases e três etapas. (TAVARES, 2006):

As três fases são: Fase Pré-Operacional, Fase Operacional e Fase Pós-operacional, conforme a tabela 01 e descrito abaixo:

- Fase Pré-Operacional: Caracterizado pelo erguimento da edificação, o consumo intensivo dos materiais de construção.

- Fase Operacional: É singular pela presença dos habitantes e todos os respectivos hábitos que acarretam em consumos de energia.

- Fase Pós-operacional: Embora de menor impacto no total de energia consumida no ciclo, vem ganhando cada vez mais importância no sentido da possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem dos materiais.

Essa pesquisa estimou apenas as emissões de CO₂ provenientes a fabricação dos insumos de construção, de acordo com a metodologia de Tavares (2006):

- Fase 1: Fase pré-operacional;
- Etapa 1: Etapa de prospecção, fabricação e transporte de insumos;
- Etapa 2: Etapa de produção dos materiais de construção;

De acordo com a metodologia citada, o cálculo da emissão de CO₂ se dá através dos 3 quadros apresentados abaixo. O percentual de consumo de fontes primárias de energia por materiais de construção fabricados encontra-se no Quadro 1. A quantidade de energia liberada por material encontra-se no Quadro 2. Os fatores de emissão por MJ de energia liberada encontram-se no Quadro 3.

Materiais	EE (MJ/m³)
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	247,5
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
Solo – cimento- bloco	1.020
Solvente – tolueno	74.690
Tinta acrílica	79.300
Tinta óleo	127.530
Tinta PVA látex	84.500
Tubo – PVC	104.000
Vidro Plano	46.250

Quadro 1– Energia Embutida nos Materiais
Fonte: TAVARES, 2006

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	Elettricidade	Carvão vegetal	Lenha	Outras fontes prim. renováveis	Outras
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				

Quadro 2 – Consumo Primário de Energia por fontes em %MJ nos materiais de construção
Fonte: TAVARES, 2006

Quadro 3- Emissão de CO₂ por fonte

FONTE	CO₂ (kg/MJ)
Eletricidade	0,0181
Óleo combustível	0,0798
Gás natural	0,0506
Glp	0,0633
Coque de carvão mineral	0,0915
Coque de petróleo	0,0726
Carvão vegetal	0,051
Lenha	0,0816
Outras	0,0357

Quadro 3- Emissão de CO₂ por fonte
Fonte: Adaptado de TAVARES (2006)

Para o cálculo da emissão de CO₂, os serviços relacionados na estrutura convencional, foram quantificados os materiais de acordo com a fase da edificação.

A estrutura pré-fabricada em concreto armado, fundação, blocos de fundação, pilares, vigas e lajes, englobam os materiais como aço, prego, forma de madeira (para os blocos de fundações e laterais da laje alveolar, para concretagem da capa de concreto) e concreto (cimento, areia e brita).

Para o cálculo da emissão de CO₂, os serviços relacionados na estrutura é o sistema wood-framing e a fundação radier, de 12cm de espessura. Os dados da estrutura *woodframing*

e fundação radier, foram fornecidos pela empresa Tecverde. Os materiais analisados foram a madeira de pinus (medidas e bitotas variadas), que irá compor a estrutura da edificação, e a chapas em OSB que terão função de chapeamento interno e externo da estrutura.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Emissões de CO₂ para a edificação em modelo convencional

O quadro 4 abaixo mostra as quantidades de materiais que serão utilizados para a edificação em modo convencional.

Descrição dos Materiais	Total de CO ₂ /kg de material produzido (kgCO ₂ /kg)	Total dos insumos para edificação SESI-SENAI	Emissão de CO ₂ (kg)	% emissão de cada insumo
Aço e Ferro	2,2468	39.423,95	85.770,13	35,22%
Areia	0,0040	153.653,14	614,61	0,24%
Brita	0,0106	708.861,62	7.413,93	2,99%
Cal	0,9889	14.541,85	14.380,44	5,72%
Cerâmica Vermelha	0,2325	132.354,72	30.772,47	12,24%
Cimento	0,6407	170.430,19	109.194,62	43,42%
Madeira	0,2426	1.835,28	445,24	0,18%
Total:			251.499,05	100,00%

Quadro 04 – Geração de CO₂ – Etapa 01- Materiais Convencionais
Fonte: Autores

4.2 Emissões de CO₂ para a edificação em modelo woodframing

O quadro 5 abaixo mostra as quantidades de materiais que serão utilizados para a edificação em modelo *woodframing*.

Descrição dos Materiais	Total de CO ₂ /kg de material produzido (kgCO ₂ /kg)	Total dos insumos para edificação SESI-SENAI	Emissão de CO ₂ (kg)	% emissão de cada insumo
Aço e Ferro	2,2468	11.029,20	24.780,41	38,12%
Areia	0,0040	18.413,25	73,65	0,11%
Brita	0,0106	130.696,02	1.385,38	2,13%
Cimento	0,6407	21.639,29	13.864,29	21,33%
Madeira-aparelhada seca a forno	0,2426	31.861,51	7.729,60	11,89%
Madeira-laminada colada	0,5198	33.025,80	17.166,81	26,41%
Total:			65.000,14	100,00%

Quadro 05 – Geração de CO₂ – Etapa 02- Materiais Sustentáveis
Fonte: Autores

Comparando os resultados obtidos nos quadros 4 e 5, onde o total de emissão de CO₂ gerado, utilizando material convencional é de 251.499,05kg, e 65.000,14kg utilizando o modelo de construção a seco *woodframing*, representando uma economia de 74,15% na emissão de CO₂.

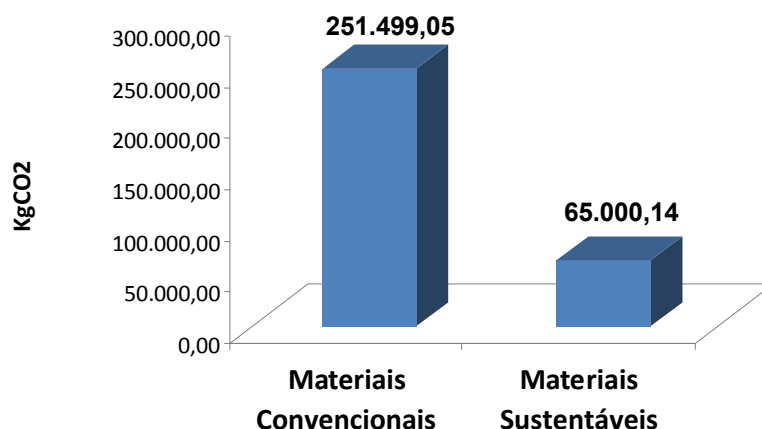


Figura 01: Comparativo kg de CO₂ - Materiais Convencionais x Materiais Sustentáveis

A quantificação das emissões de CO₂ da unidade SESI-SENAI em questão apresentou resultado favorável quanto ao uso da estrutura wood-framing em relação a estrutura pré moldada. Pode-se afirmar que a madeira contribuiu significativamente para o decréscimo das emissões geradas pelo Etapa 2 – Materiais Sustentáveis, em função das emissões de CO₂ sendo 74,15% menor que a Etapa 1 – Materiais Convencionais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da sustentabilidade nas obras do sistema FIEP, é uma possibilidade de construir com a precisão com que se projetam as obras, aumentando a qualidade do empreendimento, com inúmeros valores agregados, inerentes neste processo construtivo industrializado e com menor desperdícios.

A vantagem da estrutura wood-framing é que as paredes externas e internas estão inclusas neste prazo, não sendo avaliado o prazo que se levaria na estrutura convencional, o fechamento em alvenaria, com os revestimentos (chapisco, emboço e reboco) das paredes externas e internas.

Dos fatores analisados, com a metodologia aplicada, entre a estrutura convencional e a estrutura wood-framing, o benéfico mais importante é o ambiental, que gerou uma economia de 74,15% a menos de emissão de kg de CO₂. Além do benefício ao meio ambiente, o custo da obra e o prazo de conclusão também são menores, pelo fato da obra ser industrializada, ou seja, haverá menor custo com administração local da edificação também.

Construindo edificações com a estrutura em *wood-framing*, as alternativas arquitetônicas visam também maior conforto térmico e acústico, a qualidade do ar interno, e o consumo energético durante a fase de construção, uso e manutenção, portanto a redução das emissões dos Gases do Efeito Estufa não é o único critério a ser considerado no empreendimento apresentado neste estudo de caso.

REFERÊNCIAS

CASAGRANDE JR., E.F. Escritório Verde. Disponível em <<http://www.escriptorioverdeonline.com.br>>, acesso em: 15.maio.2012.

CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Impactos da construção. Disponível em <http://www.cbcs.org.br/construcaosustentavel/introducao.php?acao3_cod0=132b0b6b89d05ad72c1917>, acesso em: 12.maio.2012.

DEEKE, Vania. **Materiais Convencionais Utilizados na Construção Civil e Emissões de CO₂: Estudo de Caso de um Edifício Educacional da UTFPR** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Curitiba, 2009.

IPCC, **Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva, Switzerland.1995.

KOBISKI, Bruno Victor. **Comparativo de Emissões de Casas de Alvenaria de Interesse Social e Casas utilizando o Sistema de Construção Energética Sustentável**. Curitiba. 2011

LUBAS, Marcelo. “**Madeira Social e Sustentável - 2020 Emissões Controladas**”. In: Revista CREA-PR nº 54. Curitiba: Nov./ Dez. 2008.

MARCOS, Micheline Helen Cot. **Análise da Emissão de CO₂ Em Habitações de Interesse Social Através da Utilização de Uma Ferramenta Cad- Bim**. 2009.125 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

NETO, Carlito Carlil. **A Madeira Laminada Colada, Revista da Madeira**, Edição nº124, julho de 2010, disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1473&subject=MLC&title=A%20madeira%20laminada%20colada>, acesso em 29.janeiro.2012.

SESI. **Serviço Social da Indústria**, disponível em: <<http://www.sesipr.org.br>>, acesso em: 29.janeiro.2012.

SENAI. **Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial**, disponível em: <<http://www.pr.senai.br/>>, acesso em: 29.janeiro.2012.

TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**, 225 f Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2006. Disponível em:<http://aspro02.npd.ufsc.br/pergamum/biblioteca/index.php?resolution2=1024_1#posicao_dados_acervo> Acesso em: 04.março.2012.