

## **AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL CONSTRUÍDA COM O SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING**

### ***ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF LOW-COST HOUSING BUILT WITH THE LIGHT STEEL FRAMING SYSTEM***

**Rodrigo Vargas Souza, Mestre, UNIFEBE**

E-mail: arquitetura.rodrigo@hotmail.com

**Lisiane Ilha Librelotto, Dra. Eng., UFSC**

E-mail: lisiane.librelotto@arq.ufsc.br

**RESUMO:** O Sistema Construtivo *Light Steel Framing* pode ser uma alternativa para diminuir os impactos ambientais gerados na construção de habitações de interesse social (HIS) no Brasil. Porém ainda há poucas informações sobre o desempenho ambiental deste sistema construtivo no território nacional. Por este motivo, o presente artigo tem como objetivo apresentar uma avaliação ambiental dos subsistemas fundação, parede e cobertura de uma habitação de interesse social construída com o Sistema *Light Steel Framing*. O método utilizado para a avaliação foi baseado em critérios e pontuações, identificando as principais cargas ambientais ocorridas ao longo do ciclo de vida dos subsistemas da HIS construída com o Sistema *Light Steel Framing*. Os resultados deste artigo possibilitam a visualização do desempenho ambiental dos subsistemas da HIS, tanto de maneira individual, como conjunta, classificando-os em faixas de desempenho e, também, definindo um indicador único para a tomada de decisão.

**Palavras Chave:** Avaliação ambiental, sistema construtivo *light steel framing*, habitação de interesse social.

**ABSTRACT:** *The Light Steel Framing System can be an alternative to reduce environmental impacts in building low-cost houses in Brazil. However, there is little information on the environmental performance of the building system in the country. For this reason, this paper aims to present an environmental assessment of the foundation, wall and roof subsystems a low cost house built with the Light Steel Framing System. The method used for the evaluation was based on criteria to identify and score key environmental loads occurring throughout the life cycle of low-cost house subsystems. The results of this article allow the visualization of the environmental performance of the individual low-cost house subsystems, as well as the whole house. The subsystems can be classified in performance bands and single indicator can be derived for decision making.*

**Keywords:** *Environmental Assessment, light steel framing system, low-cost house.*

## 1. Introdução

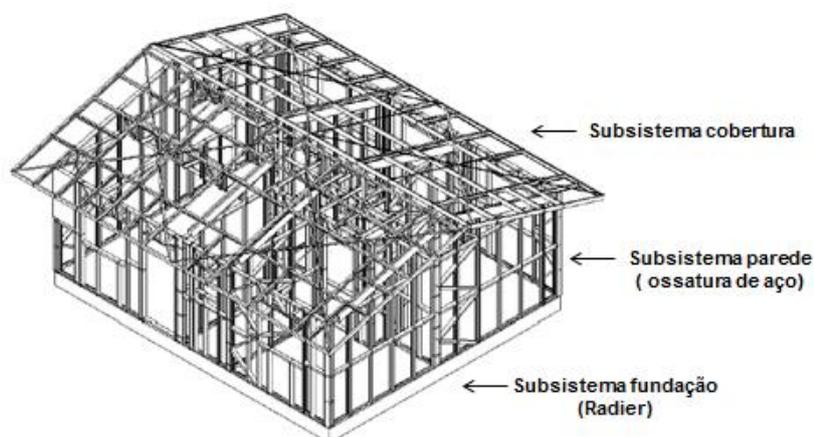
O setor da construção civil tem sido apontado como tendo papel significativo para o alcance de sociedades mais sustentáveis, pois a construção de edificações demanda muita energia e gera muitos resíduos. Assim, a adoção de sistemas construtivos que minimizem o desperdício no canteiro de obras e a utilização de materiais renováveis nas construções são alternativas para diminuir o impacto ao meio-ambiente.

No Brasil e em outros países emergentes, os impactos ambientais da construção civil são potencializados por problemas sociais e econômicos. O déficit habitacional talvez seja um dos maiores problemas, pois, para construção destas moradias são feitas intervenções no meio-ambiente, não somente no local onde se constrói, mas onde se desenvolvem os processos envolvidos na produção, no uso e na disposição final das edificações e de seus componentes. (KUHN, 2006).

Nos últimos anos o déficit habitacional tem fomentado uma série de iniciativas para melhoria e industrialização no setor. A necessidade de construção em grande escala de residências incentiva a construção civil a desenvolver e utilizar novos sistemas construtivos e princípios de gestão que garantam a qualidade dos serviços e da edificação como produto final. (VIVAN, PALIARI e NOVAES, 2010).

Segundo Vivan, Paliari e Novaes (2010) o uso de sistemas construtivos tradicionais que utilizam materiais rústicos permite a variabilidade da matéria-prima. Como consequência pode haver o surgimento de manifestações patológicas, improdutividade e desperdícios, o que não pode ser admitido para bens produzidos em larga escala. Neste contexto, a adoção de sistemas construtivos industrializados como *Light Steel Framing* (LSF) pode contribuir para a melhoria dos processos e favorecer a industrialização do setor.

O *Light Steel Framing* é um sistema construtivo que tem como elemento principal a estrutura (ossatura) em aço. Esta estrutura é composta por diversos elementos individuais ligados entre si, funcionando como um conjunto entre eles: fundação, isolamento termo-acústico, placas de fechamento interno e externo, instalações elétricas e hidráulicas. (GOMES e LACERDA, 2014). A Ossatura é composta por perfis zincados (montantes e guias) conformados a frio espaçados entre 40 a 60 cm, conforme Figura 1.



**Figura 1: Exemplo da ossatura de aço de uma residência térrea**  
Fonte: Adaptado de ECKER e MARTINS, 2014.

O Sistema LSF é citado por pesquisadores como tendo vantagens qualitativas, ambientais e econômicas em relação aos sistemas construtivos tradicionais. As vantagens comumente citadas são: menos desperdício de materiais, redução do canteiro de obra, rapidez de execução, rápido retorno do capital investido, facilidade da auditoria e obra mais segura.

Segundo Rego (2012) o *Light Steel Framing* é um método construtivo consolidado para edifícios de pequeno porte em países como EUA, Canadá, Japão e, mais recentemente, na China. No Brasil o LSF vem sendo cada vez mais utilizado, principalmente, para construção de edificações térreas. Recentemente o Ministério das Cidades, no âmbito do Programa Brasileiro de Qualidade Produtividade no Habitat (PBQB-H), através do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (Sinat) concedeu três Documentos de Avaliação Técnica (DATec) que utilizam o sistema LSF, são eles: o DATec n° 014 – Sistema Construtivo a Seco Saint-Gobain – *Light Steel Frame*, o DATec n° 015 – Sistema Construtivo LP Brasil OSB em *Light Steel Frame* e fechamento em chapas de OSB revestidas com Sidind vinílico e o DATec n° 016 – Sistema Construtivo LP Brasil OSB em *Light Steel Frame* e fechamento em *Smart Side Panel*.

Segundo Gomes e Lacerda (2014), para aprovação do DATec o sistema construtivo passa por uma análise criteriosa com a realização de ensaios de desempenho, que abordam aspectos NBR 15.575:2013, com o objetivo de verificar o comportamento em uso para materiais, componentes e sistemas construtivos. Porém ainda é necessário fazer mais avaliações do LSF para construções de Habitação de Interesse Social (HIS), principalmente, no âmbito da sustentabilidade para aperfeiçoar e confirmar as vantagens atribuídas ao sistema LSF.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma avaliação ambiental dos subsistemas piso, parede e cobertura de uma habitação de interesse social construída com o Sistema LSF. O método utilizado para a avaliação foi baseado em critérios e pontuações, identificando as principais cargas ambientais ocorridos ao longo do ciclo de vida dos subsistemas da HIS, a partir do estudo de caso de uma HIS construída na cidade de Ponta-Grossa, PR. Os resultados deste artigo possibilitam a visualização do desempenho ambiental dos subsistemas da HIS, tanto de maneira individual, como conjunta, classificando-os em faixas de desempenho e, também, definindo um indicador único para a tomada de decisão.

## **2. Avaliação ambiental de edificações**

Na tentativa de estabelecer-se uma compressão abrangente e permitir uma mensuração dos impactos relacionados aos processos de produção, passou-se a usar a Análise de Ciclo de Vida (ACV). Segundo Tavares e Lamberts (2005), a ACV de uma edificação se inicia na fabricação dos materiais de construção, passa pelo transporte dos mesmos até o sítio das construções, pela obra propriamente dita, prolongando-se pela vida útil da edificação até a demolição e a deposição final dos materiais.

A metodologia de análise do ciclo de vida apresenta dificuldades para aplicação direta nas avaliações de edificações. Por isso, metodologias específicas para esse fim foram

desenvolvidas e praticamente todas elas têm suporte em ferramentas computacionais, devido ao volume de dados envolvidos. Há métodos distintos, enquanto uns lidam com critérios prescritivos e com informações qualitativas, outros buscam englobar também dados quantitativos e elementos da ACV. A abordagem estritamente quantitativa é uma tendência verificada nos novos métodos e ferramentas desenvolvidos, mas que é dependente, do aumento do conhecimento sobre os mecanismos naturais desencadeados pelas atividades humanas. (KUHN, 2006).

Segundo Grigotti e Sattler (2002), as ferramentas baseadas em critérios qualitativos ou prescritivos são potencialmente mais fáceis de serem adaptadas às realidades que não sejam de seus países de origem, embora apresentem grande subjetividade. Já ferramentas que buscam quantificar impactos ambientais, fornecem resultados mais precisos, porém, baseiam-se em bancos de dados específicos a países ou regiões para os quais foram desenvolvidos. Essa característica limita suas aplicações no contexto brasileiro, já que não existe ainda um banco de dados de referência. (SILVA, 2003).

A aplicação das diferentes ferramentas de avaliação ambiental de edificações irá fornecer diferentes resultados, não diretamente comparáveis. Além disso, quando utilizadas fora de seu contexto de origem, os resultados podem não representar a realidade que se pretende avaliar. Essas diferenças, nos resultados obtidos, decorrem das diferenças entre os aspectos ambientais selecionados, os escopos e os limites definidos para a avaliação e a metodologia adotada em cada ferramenta para a identificação dos impactos (IEA ANNEX 31, 2001).

Silva (2003) afirma que, embora sejam poucas as ferramentas voltadas à avaliação ambiental de edificações, as quais sigam rigidamente a metodologia de ACV, praticamente todas elas extraem do método o conceito de avaliar impactos ao longo do ciclo de vida, o que faz transparecer em suas estruturas o uso de alguns elementos comuns aos da ACV.

Segundo Oliveira (2005), é possível identificar nos sistemas de avaliação, apesar das diferenças, um conjunto mais ou menos comum de elementos e de etapas, dispostos dentro de uma sequência, que permite aos usuários fornecerem dados e obterem resultados de desempenho ou de potenciais impactos associados à produção e ao uso da edificação. Estas etapas sequenciais são: **a definição de metas e do escopo, a definição de fronteira, a definição de critérios e a apresentação dos resultados.**

### **3 Habitação de interesse social avaliada**

Para a avaliação ambiental feita neste artigo, adotou-se uma HIS construída no conjunto habitacional “Jardim Amália” na cidade de Ponta Grossa, PR. Neste conjunto habitacional foram construídas 339 HIS, sendo 41 delas construídas com o sistema *Light Steel Frame*, conforme os requisitos da DATec nº 014 – Sistema Construtivo a Seco Saint-Gobain – *Light Steel Frame*.

A HIS tem 36,20 m<sup>2</sup> distribuído em dois dormitórios, banho e sala e cozinha integrados para atender uma família com renda de até 3 salários mínimos. A mesma é composta pela justaposição de subsistemas com função estrutural, denominados fundação (radier), paredes (painéis estruturais) e cobertura.

Na Figura 2 é apresentada a HIS construída com *Light Steel Frame* no conjunto habitacional “Jardim Amália”.



**Figura 2:** HIS construída com *Light Steel Frame* no conjunto habitacional “Jardim Amália”  
**Fonte:** arquivo dos autores.

A fundação é composta por radier com embasamento nas paredes que delimitam cozinha, banheiro e área de serviço, com manta asfáltica posicionada na região das paredes (MINISTÉRIO DA CIDADE, 2013).

As paredes são formadas por quadros estruturais constituídos por perfis de aço zincado, conformados a frio, com classe de zinco Z275. Foram utilizados perfis guia tipo “U”, com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 0,8 mm e perfis montantes tipo “Ue” de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,80 mm. O espaçamento máximo entre os eixos dos montantes é de 60 cm. Nas paredes de cozinha e banheiro, onde são aplicadas placas de gesso acartonado, os montantes são espaçados a cada 40 cm.

Os quadros estruturais são contraventados com fitas posicionadas nas diagonais da face externa dos quadros e na horizontal da face externas com chapas de Gousset e, são fixados na fundação por meio de fixações expansivas. A estrutura de aço é composta por três tipos de chapas de fechamento: placa cimentícia de 10 mm de espessura, placa de gesso acartonado standard (ST) e placa de gesso acartonado resistente à umidade (RU), ambas com 12,5 mm. Para cada ambiente da HIS há um tipo de acabamento

A estrutura da cobertura é formada por tesouras constituídas de perfis (montantes e guias) com a mesma espessura da estrutura da parede. Estes são fixadas na parte superior dos quadros estruturais. As telhas utilizadas são de fibrocimento 6 mm sem amianto. Estas são apoiadas e fixadas em terças que estão sobre as tesouras. Antes da fixação das telhas, foi colocada uma subcobertura aluminizada.

## 4. Método de pesquisa

Para a avaliação do ciclo de vida da HIS, optou-se por um método que tem sua estrutura definida a partir de elementos e de etapas sequenciais comuns à metodologia tipicamente utilizada em uma ACV e normatizada pela ISO 14.040.

Porém sua estrutura foi simplificada, devido à falta de um banco de dados consistente no contexto brasileiro. Assim, foi definido um método híbrido, baseado em critérios e pontuações.

### 4.1 Definições iniciais

O **objetivo** (e escopo) da avaliação é identificar as cargas e os potenciais impactos ambientais ocorridos nos subsistemas de uma habitação construída com o Sistema construtivo *Light Steel Frame*. Para isto, foram selecionados critérios ambientais relacionados e passíveis de caracterização no contexto brasileiro, e que são tradicionalmente incluídos em ferramentas de análise de ciclo de vida.

As **fronteiras** definidas para este trabalho são:

- avaliação ambiental foi feita dos subsistemas fundação, paredes e cobertura, por serem comuns ao Sistema *Light Steel Frame*, sendo excluídos as aberturas (janelas e portas) e os subsistemas hidráulico e elétrico, devido os mesmos serem comuns a diferentes sistemas construtivos;
- os critérios selecionados estão classificados em dois grupos, **consumo de energia e emissão e geração de resíduos**, e foram caracterizados nas etapas delimitadas, conforme Figura 3. Está delimitação foi feita pela falta de um banco de dados consistente e pela dificuldade de obter informações das empresas fabricantes.

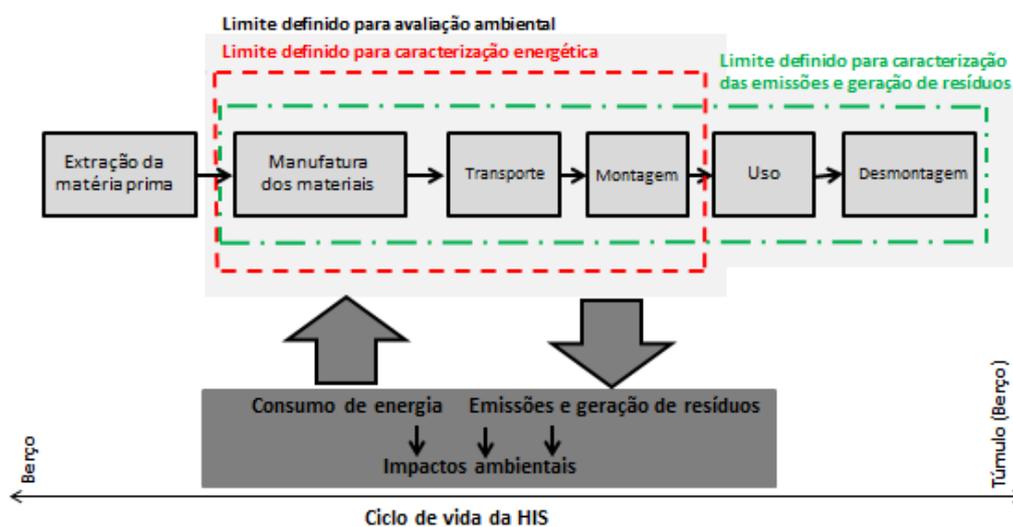


Figura 3: Consumo de energia e emissão e geração de resíduos nas etapas delimitadas para estudo. Fonte: Elaborada pelos autores.

## 4.2 Critérios ambientais

Os critérios selecionados foram baseados nos métodos e nas ferramentas de avaliação ambientais existentes e em trabalhos que utilizaram métodos híbridos no contexto nacional (KUNH, 2006, OLIVEIRA, 2005, SOUZA, 2013 e SPERB 2000). Na Tabela 1 são apresentados os critérios selecionados, com suas possíveis repercussões ambientais nas etapas delimitadas neste estudo.

**Tabela 1 – Critérios ambientais selecionados com suas possíveis repercussões ambientais nas etapas delimitadas neste estudo.**

Critério	Repercussões ambientais (possíveis)	Etapas do ciclo de vida Que ocorrem as repercussões ambientais
Quantidade de CO <sub>2</sub> armazenado da habitação	Diminui a concentração de CO <sub>2</sub> na atmosfera, contribuindo para a diminuição do aquecimento global.	Manufatura, montagem, uso
Consumo de energia e emissões de CO <sub>2</sub> decorrentes do transporte	Aquecimento global, acidificação, toxicidade humana e dos ecossistemas, diminuição dos recursos abióticos.	Transporte
Emissão de resíduos perigosos	Toxicidade humana e dos ecossistemas, diminuição dos recursos abióticos.	Manufatura, montagem, uso e desmontagem (disposição final)
Consumo de energia para o processo de manufatura	Aquecimento global, acidificação, toxicidade humana e dos ecossistemas, diminuição dos recursos abióticos e bióticos <sup>1</sup> .	Manufatura
Consumo de energia para construção	Aquecimento global, acidificação, toxicidade humana e dos ecossistemas, diminuição dos recursos abióticos e bióticos <sup>1</sup> .	Montagem (construção)
Consumo de recursos reaproveitados	Diminui os impactos relacionados (direta e indiretamente) a utilização dos recursos abióticos e bióticos.	Manufatura e desmontagem (disposição final)
Consumo de recursos com potencial de reciclagem	Diminui os impactos relacionados (direta e indiretamente) a utilização dos recursos abióticos e bióticos.	Manufatura e desmontagem (disposição final)
Perdas decorrentes do processo de construção	Diminui os impactos relacionados (direta e indiretamente) a utilização dos recursos abióticos e bióticos.	Montagem (construção)

<sup>1</sup> Depende da fonte de energia.

Os dados necessários para a caracterização ambiental dos subsistemas da HIS foram obtidos por meio da literatura técnica, por entrevistas e aplicação de questionários e acompanhamento de construções feitas com o *Light Steel Frame*. Também para a etapa de construção foram feitas entrevistas e aplicados questionários em 2 construtoras especializadas no Sistema *Light Steel Frame* na região sul do Brasil.

Os dados relacionados aos materiais de construção foram obtidos por meio de entrevistas e aplicação de questionários em empresas de materiais de construção localizadas nas regiões sul e sudeste.

## 4.3 Apresentação dos resultados

Os resultados das caracterizações são apresentados em um gráfico em forma de perfil de desempenho ambiental para cada critério usado, resultando em classificação da edificação.

Na elaboração do perfil de desempenho, para cada critério avaliado, determinam-se as faixas de desempenho a partir dos limites máximos e mínimos. Essas faixas foram

divididas em 5 intervalos iguais. O intervalo de melhor desempenho recebeu o conceito A, com peso 5, enquanto o intervalo de pior desempenho recebeu o conceito E, com peso 1. A avaliação global dos subsistemas é obtida a partir da média dos conceitos obtidos em cada critério avaliado, os quais seriam classificados com A,B,C,D ou E.

## 5. Resultados da avaliação ambiental

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados da avaliação ambiental dos subsistemas fundação, paredes e cobertura da HIS de 36,20 m<sup>2</sup>.

### 5.1 Avaliação ambiental da HIS

No perfil de desempenho da Figura 4, é apresentando o desempenho dos subsistemas calculado em função da área da planta baixa da edificação (36,20 m<sup>2</sup>). Nele constam os critérios avaliados, as faixas de desempenho, o desempenho de cada subsistema em cada critério avaliado e a classificação final atribuída ao subsistema.

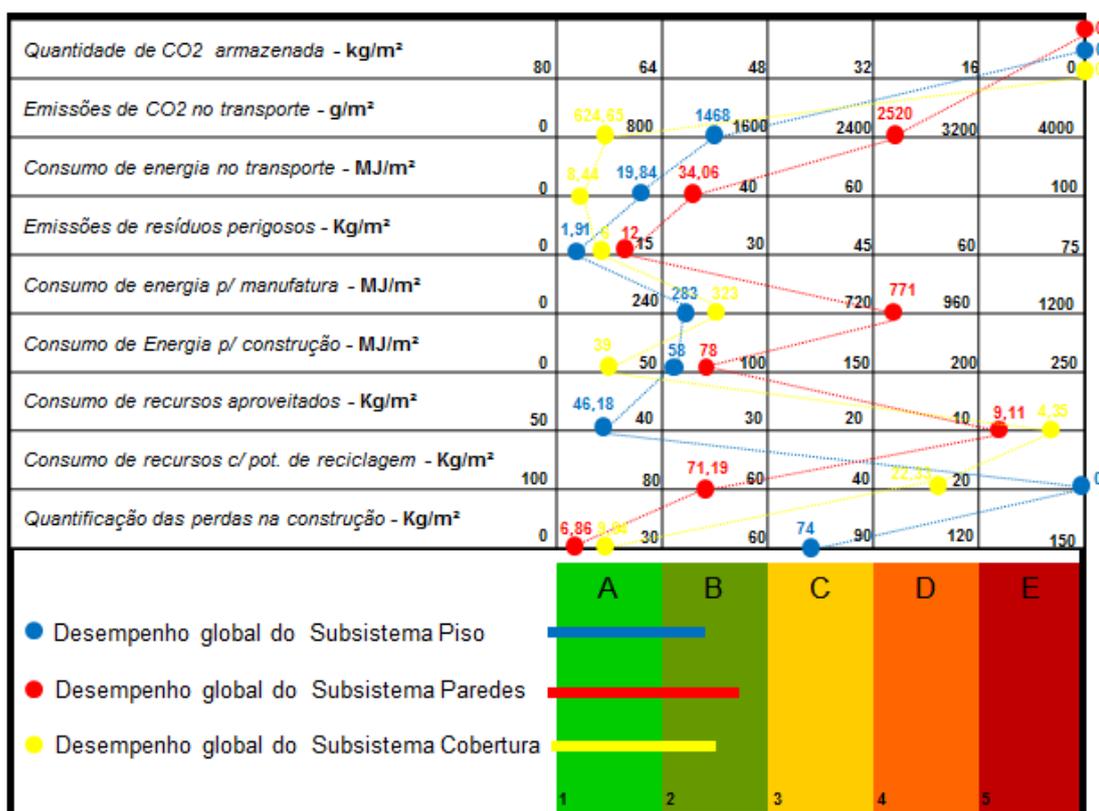


Figura 4: Perfil de desempenho ambiental dos três subsistemas.

Os três subsistemas apresentaram desempenho similar ficando com um índice total B. Os critérios que mais repercutiram positivamente, classificados no índice A, foram o consumo de energia no transporte, as emissões de resíduos perigosos e as perdas na

construção. Já as repercussões mais negativas, que ficaram com índice E, foram à quantidade de CO<sub>2</sub> armazenada e o consumo de recursos aproveitados.

Os subsistemas apresentaram resultados iguais de desempenho na caracterização da quantidade de CO<sub>2</sub> armazenada, pois este critério está relacionado à massa de madeira utilizada em cada subsistema, como nos subsistemas não foi utilizado materiais de madeira, o desempenho dos três subsistemas foi índice E.

As caracterizações do consumo de energia e das emissões relacionadas ao transporte apontam para uma relação de distâncias sustentável, entre as indústrias fabricantes e a HIS. Pois os subsistemas fundação e cobertura ficaram com desempenhos entre A e B. Apenas o subsistema paredes ficou com desempenho D, no critério emissões CO<sub>2</sub> no transporte, devido, principalmente, ao grande volume de placas cimentícias e de gesso acartonado utilizados neste subsistema. Produtos nos quais, as fábricas consideradas para este estudo ficam localizadas no estado de São Paulo, a 550 e 570 km de distância, respectivamente.

Na caracterização de emissões de resíduos perigosos os três subsistemas ficaram com desempenho A, sendo o melhor desempenho global da edificação, com emissão total de resíduos perigosos de 722,91 kg, o que corresponde a 2,76% da massa total utilizado na edificação.

A caracterização energética relacionada à etapa de construção mostra que o Sistema LSF tem repercussão positiva no “canteiro de obras”, desempenho entre índice A e B, sendo o subsistema paredes que consumiu mais energia, 2.818,53 MJ (771,01 MJ/m<sup>2</sup>). Já na energia embutida, considerando os processos de manufatura dos materiais, os subsistemas ficaram com desempenho entre os índices B e D. O subsistema que menos tem energia embutida é a fundação com 10.254,11 MJ, seguido pela cobertura com 11.698,31 MJ, ambos com desempenho B. O Subsistema paredes ficou com desempenho D com 27.910,43 MJ de energia embutida, sendo o aço da estrutura do LSF que mais contribuiu para este desempenho, com 13.887,94 MJ de energia embutida.

Na caracterização de recursos reaproveitados os subsistemas paredes e cobertura ficaram com desempenho E. Já o subsistema fundação obteve desempenho A, devido principalmente, ao cimento utilizado no concreto do Radier. Neste material foi considerado a adição de 50% de cinza volante, segundo dados obtidos no trabalho de Carvalho (2002).

No consumo de recursos com potencial de reciclagem o subsistema paredes ficou com o desempenho B e o subsistema cobertura com desempenho D, devido principalmente, ao potencial de reciclagem dos principais elementos que compõem os subsistemas: estrutura de aço, placas e telhas de fibrocimento (sem amianto) e placas de gesso acartonado. O subsistema fundação não tem potencial de reciclagem, pois mesmo havendo tecnologia para reaproveitamento do concreto, não foi considerado neste trabalho pelo fato de ser ainda pouco utilizado no País.

Por fim, na caracterização das perdas na etapa da construção os subsistemas paredes e cobertura tiveram desempenho A, confirmando uma das vantagens apontadas por pesquisadores do LSF. Já o subsistema fundação teve desempenho C, com uma perda de materiais 73,85 kg/m<sup>2</sup>.

Na Figura 5 é apresentado o desempenho global da HIS, levando em consideração os três subsistemas juntos.

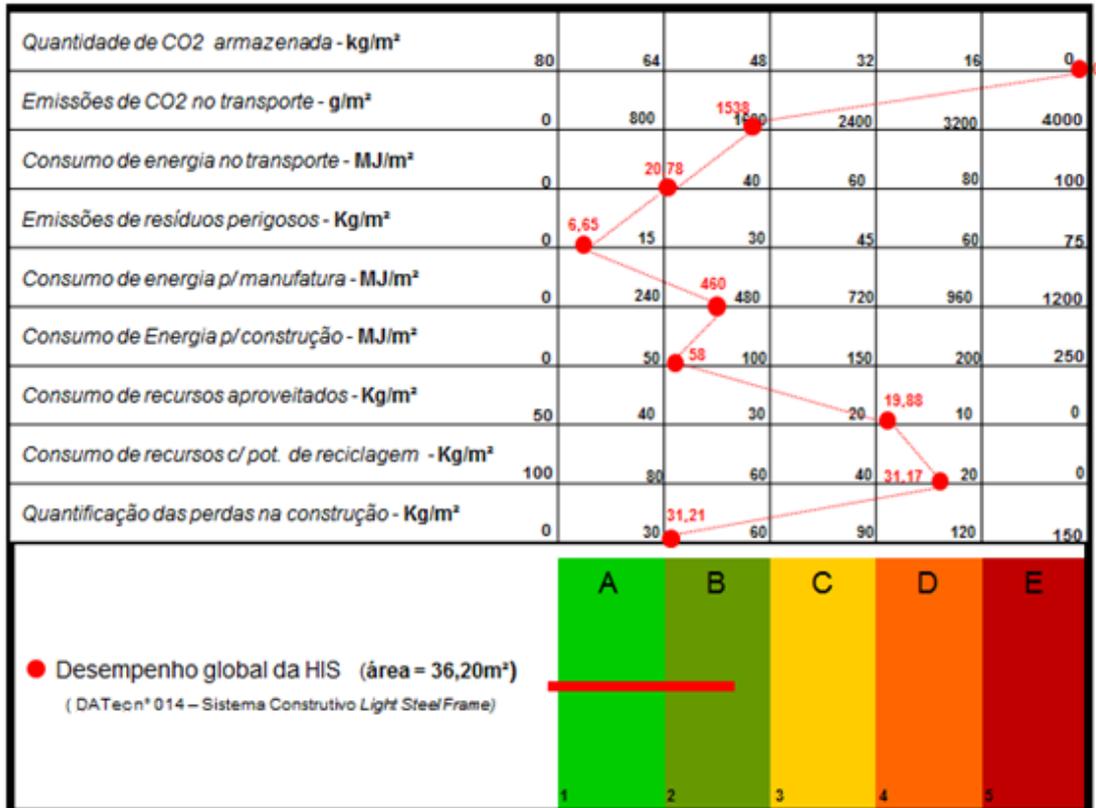


Figura 5: Perfil de desempenho ambiental da HIS.

Nesta forma de apresentação de resultados a HIS também ficou com desempenho B. Tendo a caracterização de emissões de resíduos perigosos com desempenho A, as caracterizações relacionadas ao transporte, ao consumo de energia e perdas na construção com desempenho B, as caracterizações de consumo de recursos aproveitados e com potencial de reciclagem com desempenho D e a caracterização da quantidade de CO<sub>2</sub> armazenada com desempenho E.

## 6 Conclusões

A falta de um **método** no contexto nacional e a impossibilidade de aplicação da metodologia de análise de ciclo de vida, por falta de banco de dados, levou a definição de um método simplificado, baseado em critérios ambientais. Este método não é visto como o ideal, já que há uma tendência de utilização de métodos e ferramentas baseados em AVC com bancos de dados consistentes, trazendo assim, mais precisão para os resultados. Porém a escolha deste método simplificado mostrou-se uma alternativa viável para se chegar aos objetivos deste trabalho na atual conjuntura nacional.

Outra dificuldade encontrada nesta pesquisa foi à **obtenção de dados**, pois os mesmos foram obtidos por meio de entrevistas e aplicação de questionários nas indústrias fabricantes e construtoras de LSF e por pesquisa na literatura técnica. Estes dados não

correspondem com precisão à realidade que foi construída a HIS avaliada e trazem limitações e imprecisões para algumas caracterizações.

Nos **resultados da avaliação ambiental** constatou-se que o desempenho global da HIS foi B. Este resultado indica que o Sistema *Light Steel Framing* é uma alternativa viável para o desenvolvimento mais sustentável (aspecto ambiental) de Habitações de Interesse social.

As **caracterizações** dos subsistemas da HIS que apresentaram resultados positivos (desempenho entre A e B) foram **emissões e consumo de energia nos transportes**, mostrando a importância da utilização de materiais locais para a diminuição dos impactos ambientais. As **emissões de resíduos perigosos** mostrando que os materiais empregados na HIS produzem pouca toxicidade para os seres humanos e para os ecossistemas, conforme a NBR 10.004 (2004).

O **consumo de energia na manufatura e na construção** aponta para um bom desempenho da HIS no que se refere aos gastos energéticos e, as **perdas na construção**, que foram de 31,21 kg/m<sup>2</sup> confirmam o bom desempenho do sistema *Light Steel Framing* na minimização de resíduos dentro do “canteiro de obras”.

Os resultados negativos (abaixo do desempenho C) foram nas caracterizações de **consumo de recursos com potencial de reciclagem** e no **consumo de recursos reaproveitados** que ficaram com desempenho D e na **quantidade de CO<sub>2</sub> armazenada**, que ficou com desempenho E, já que na HIS não foi utilizado materiais oriundos de madeira.

## Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 10.004**. – Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro. 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14040**. Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14041**. Avaliação do Ciclo de Vida: Definição de objetivo e escopo e análise do inventário. Rio de Janeiro, 2004 a. 21 p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14042**. Avaliação do Ciclo de Vida: Avaliação do impacto do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2004b. 17 p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14043**. Avaliação do Ciclo de Vida: Interpretação do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2005. 19 p.

CARVALHO J. de. **Análise de ciclo de vida ambiental aplicada a construção civil: estudo de caso: comparação entre cimento Portland com adição de resíduos**. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

ECKER, T. W. P.; MARTINS V. **Comparativo dos sistemas construtivos steel frame e wood frame para habitações de interesse social**. Monografia de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

GOMES J. O. ; LACERDA J. F. S. B. **Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: análise do estudo da arte**. E-Tech- Tecnologia para Competividade Industrial, Florianópolis, 2014.

GRIGOLETTI, G. C.; SATTTLER, M. A. **Impactos ambientais associados a materiais de construção – Análise de ferramentas existente.** In: NUTAU, 2002. São Paulo. Anais... São Paulo: NUTAU/USP, 2002.

IEA ANNEX 31-ENERGY-RALATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS. **Directory of tools.** 2001. Disponível: <[http://www.iisbe.org/annex31/core\\_reports.htm](http://www.iisbe.org/annex31/core_reports.htm).> Acesso em: 10 Set. 2015.

KUHN, E. A. **Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social alvorada.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **DATec 014ª: sistemas construtivos a seco saint-gobain – light steel frame.** PBQP – H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, 2013. Disponível: <[www4.cidades.gov.br/pbqp-h/download.php?doc=1d3452b4](http://www4.cidades.gov.br/pbqp-h/download.php?doc=1d3452b4).> Acesso em: 10 Set. 2015.

OLIVEIRA, D. P. **Contribuições para a avaliação ambiental de subsistemas de cobertura em habitações de interesse social.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

REGO, D. J. M. **Estruturas de edificações em Light Steel Framing.** Dissertação de mestrado – IST – Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2012.

SPERB, M. R. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção.** Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOUZA, R. V. **Aspectos ambientais e de custo de produção do sistema plataforma em madeira para habitação de interesse social: estudo de caso em Florianópolis.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

TAVARES, S. F; LAMBERTS, R. **Consumo de energia para construção, operação e manutenção das edificações residenciais no Brasil.** In VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, ENCAC 2005. Maceió, AL. Outubro de 2005.

VIVAN, A.L.; PALIARI, J. C; NOVAES, C. C. **Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva.** In XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC 2010. Canela, RS. Outubro de 2010.