

## ASPECTOS AMBIENTAIS DO LIGHT WOOD FRAME PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO SUL DO BRASIL

### LIGHT WOOD FRAME ENVIRONMENTAL ASPECTS FOR LOW-COST HOUSING IN THE SOUTH OF BRAZIL

Rodrigo Vargas Souza <sup>(1)</sup> (A), Lisiane Ilha Librelotto <sup>(2)</sup>, Alexandra Lima Demenighi <sup>(3)</sup>,  
Andrea Salomé Jaramillo Benavides <sup>(4)</sup>

(1) M.e. Arq., Doutorando, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

(2) Dra. Eng<sup>a</sup>., Professora, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

(3) M.a.Arq<sup>a</sup>., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

(4) M.a.Arq<sup>a</sup>., Doutoranda, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

Endereço de contato: arquitetura.rodrigo@hotmail.com; (A) Apresentador

**Código de identificação: T7-04**

#### Resumo

O Sistema construtivo *Light Wood Frame* pode ser uma alternativa para diminuir os impactos ambientais gerados na construção de habitações de interesse social (HIS) na região sul do Brasil, no entanto, 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 piso, parede e cobertura de uma habitação de interesse social construída com o *Light Wood Frame*. 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 a partir do estudo de caso de um projeto. 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 plataforma em madeira; *Light Wood Frame*; habitação de interesse social

#### Abstract

*The Light Wood Frame Construction System may be an alternative to reduce the environmental impacts generated in the construction of low-cost houses in the southern region of Brazil, however, there is still little information on the environmental performance of this construction system in the national territory. For this reason, this article aims to present an environmental assessment of the floor, wall and cover subsystems of a low-cost house built with Light Wood Frame. The method used for the evaluation was based on criteria and scores, identifying the main environmental loads that occurred throughout the life cycle of low-cost house subsystems from the case study of a project. The results of this article make it possible to visualize the environmental performance of low-cost housing subsystems, both individually and jointly, by classifying them into performance bands and also defining a single indicator for decision making.*

**Keywords:** environmental assessment; wooden platform system; *Light Wood Frame*; 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 consome bastante 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 ambiente.

Nos últimos anos surgiram pequenas empresas no sul do Brasil, que buscando alternativas construtivas com baixo impacto ambiental, mais rápidas e econômicas, adotaram o *Light Wood Frame* como solução construtiva para edificação térrea, predominantemente, para atender a demanda de Habitações de Interesse Social (HIS). Recentemente a comissão do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) aprovou a DATec nº 020 possibilitando o financiamento do sistema construtivo *Light Wood Frame* para a construção de unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas ou geminadas. O primeiro conjunto habitacional, construído com o *Light Wood Frame*, financiado pela Caixa Econômica Federal foi o residencial Haragano, localizado na cidade de Pelotas no estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O empreendimento entregue em 2013, atende a primeira faixa do Programa Minha Casa Minha Vida, que inclui famílias com renda mensal de até três salários mínimos. Foram construídas 280 unidades habitacionais de 45m<sup>2</sup>, incluindo 270 sobrados geminados e dez casas térreas.



Figura 1: Residencial Haragano, Pelotas (RS)  
Fonte: ABDI (2015)

As florestas plantadas no Brasil ocupam, aproximadamente, 4,8 milhões de hectares, dos quais, cerca de 3,0 milhões de ha correspondem a reflorestamentos com eucalipto e 1,5 milhão a reflorestamentos com pinus, sendo a maioria das plantações efetuadas pelas indústrias do setor ou por iniciativa de alguns estados (BRDE, 2003, ACR, 2014).

A região sul do Brasil se destaca pela produtividade florestal sendo superior em produtividade a dos Estados Unidos e África do Sul e tendo a maior área de floresta plantada de *Pinus spp* do Brasil com 1.281.307 ha (SBS, 2005; ACR, 2014), conforme Tabela 1.

Tabela 1: Área plantada com Pinus na região sul do Brasil (ha)

<b>Estado</b>	<b>Área planta de Pinus Spp (ha)</b>
Paraná	605.130
Santa Catarina	539.377
Rio Grande do Sul	136.800
<b>Regiãosul</b>	<b>1.281.307</b>
<b>Total Brasil</b>	<b>1.562.782</b>

Fonte: Adaptado de ACR (2014)

Laroca (2002) afirma que a madeira de reflorestamento é uma alternativa para a melhoria das condições de vida da população de baixa renda. Quanto ao aspecto florestal e ambiental, a madeira de reflorestamento pode ser plantada e manejada para este fim, garantindo estoques para as gerações futuras. Sob o ponto de vista socioeconômico, pode gerar oportunidades de trabalho em regiões com vocação florestal nas várias etapas da cadeia produtiva (serrarias, fábricas de componentes, carpintaria e usinas de tratamento). Com um baixo investimento de capital é possível transformar a produção centralizada pela descentralizada em forma de cooperativas ou de pequenas empresas.

O objetivo da produção de HIS sustentáveis é um esforço conjunto de vários segmentos (silvicultura, serrarias, fabricantes, projetistas e construtores) e, principalmente, integrando profissionais de diversas áreas do conhecimento que possam interagir nos aspectos político, cultural, ambiental e, inclusive em dimensões éticas e estéticas.

Diante destas condições relevantes, do potencial da cadeia produtiva do Pinus para fornecimento de matéria-prima e da disponibilidade de financiamento do sistema construtivo *Light Wood Frame* para a construção de unidades habitacionais unifamiliares, este trabalho tem por objetivo apresentar a avaliação ambiental dos subsistemas piso, parede e cobertura de uma habitação de interesse social construída com o *Light Wood Frame*. 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 um projeto. 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.

Este artigo está organizado em cinco seções: Avaliação ambiental de edificações, Habitação de interesse social avaliada, Método de pesquisa, Resultados e discussões da avaliação ambiental e Conclusões. Na seção avaliação ambiental são apresentados os elementos comuns a grande parte dos métodos existentes, que serviram como base para a definição do método a ser utilizado para a avaliação ambiental. Em Habitação de interesse social é a apresentado o projeto utilizado para estudo de caso. Em Método de pesquisa, é descrito o método utilizado para a avaliação ambiental. Na seção Resultados e discussões da avaliação ambiental, são apresentados e discutidos os resultados da avaliação ambiental. E, finalmente, são apresentadas as conclusões obtidas neste trabalho.

## 2. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES

Avaliações de desempenho ambiental de edificações são procedimentos que determinam em que medida um edifício pode influenciar o ambiente, de modo que o projeto de construção ou de operação pode ser alterado para reduzir danos ambientais e aumentar a qualidade dos serviços oferecidos (GRAHAM, 2000).

Na tentativa de estabelecer-se uma compreensão 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 GRIGOLETTI 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 o estudo de caso deste artigo, foi usado o projeto da habitação de interesse social desenvolvido de acordo com o Sistema Construtivo *Light Wood Framee* os princípios de coordenação modular decimétrico, na dissertação de ESPÍNDOLA (2010).

A mesma apresenta 46,50 m<sup>2</sup> distribuídos em dois dormitórios, banho e sala e cozinha integrados (Figura 2), para atender uma família de 4 pessoas com renda de até 3 salários mínimos. A escolha do sítio para localização da HIS foi definido no distrito dos Ingleses do Rio Vermelho, em Florianópolis, SC, tendo como objetivo a simulação de uma situação real para implantação de habitações de interesse social.

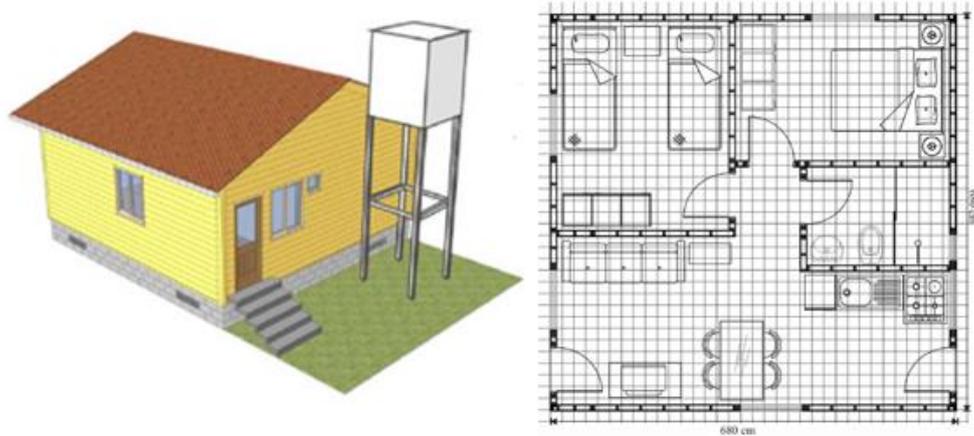


Figura 2: Perspectiva e planta baixa de 46,50 m<sup>2</sup> do protótipo da HIS  
Fonte: ESPÍNDOLA (2010)

A HIS é composta pela justaposição de subsistemas com função estrutural, denominados fundação, piso, paredes (painéis modulares) e cobertura. A fundação é composta por blocos de concreto, o piso, em forma de plataforma, é composto por um conjunto de vigas contraventadas por peças intermediárias, peças de fechamento lateral externo e chapas estruturais na superfície superior das vigas. As paredes são compostas pelos painéis coordenados propostos para os vãos modulares: 60 cm × 280 cm, 120 cm × 280 cm e 240 cm × 280 cm e, a cobertura, é composta por 9 treliças pré-fabricadas em madeira, chapas OSB e telhas cerâmicas. A Figura 3 apresenta estes subsistemas.

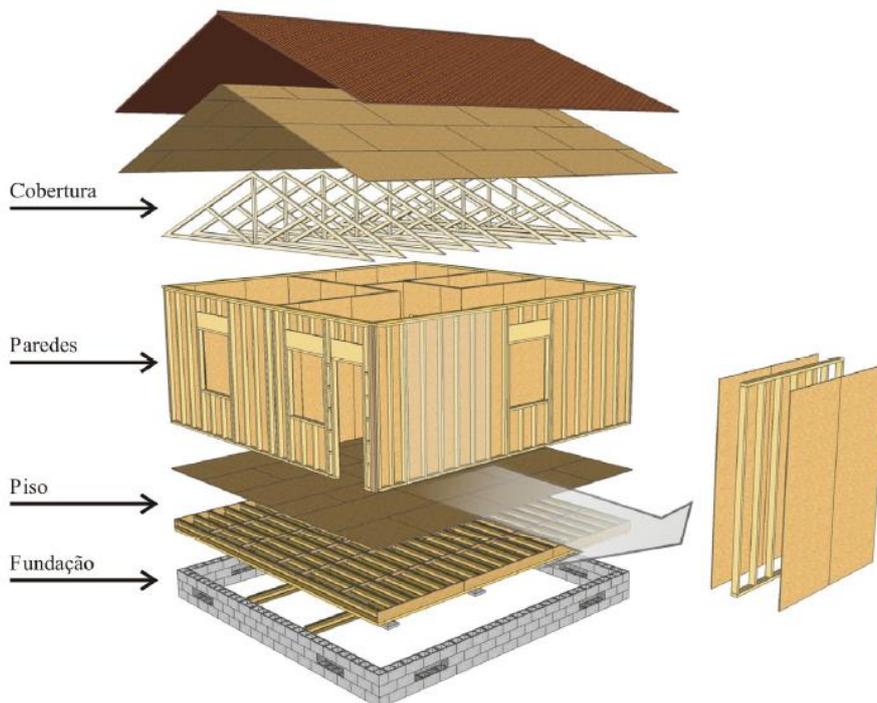


Figura 3: Subsistemas (elementos) estruturais do *Light Wood Frame*  
Fonte: ESPÍNDOLA (2010)

## 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 *oLight Wood 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:

- a avaliação ambiental apenas dos subsistemas piso, parede e cobertura, por serem comuns ao Sistema *Light Wood Frame*, sendo excluídos o subsistema fundação que pode variar dependendo da topografia do terreno 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 4. Está delimitação foi feita pela dificuldade das empresas madeireiras informarem os dados referentes às etapas de manejo, silvicultura e colheita.

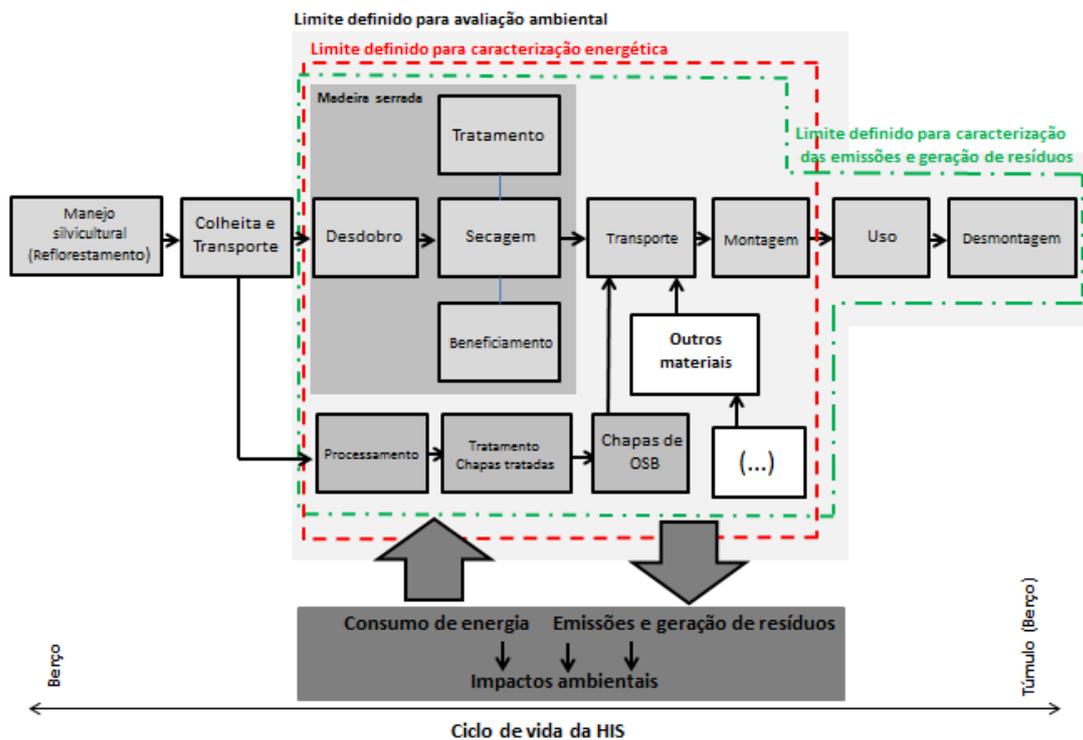


Figura 4: Consumo de energia e emissão e geração de resíduos nas etapas delimitadas para estudo

## 4.2 Critérios ambientais

Os critérios selecionados foram baseados nos métodos e nas ferramentas de avaliação ambientais existentes (FINEP, 2007) e em trabalhos que utilizaram métodos híbridos no contexto nacional (KUHNS, 2006, OLIVEIRA, 2005 e SPERB 2000). Na Tabela 2 são apresentados os 8 critérios selecionados, com suas possíveis repercussões ambientais nas etapas delimitadas neste estudo.

Tabela 2: 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, toxidade humana e dos ecossistemas, diminuição dos recursos abióticos.	Transporte
Emissão de resíduos perigosos	Toxidade 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, toxidade humana e dos ecossistemas, diminuição dos recursos abióticos e bióticos <sup>1</sup> .	Manufatura
Consumo de energia para construção	Aquecimento global, acidificação, toxidade 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 em obras. Foram acompanhadas construções de duas residências, uma de 42 m<sup>2</sup> construída no método artesanal e, outra de 346 m<sup>2</sup>, construída no método semi-industrializado (método dos painéis montado no local) na cidade de Florianópolis. Também para a etapa de construção foram feitas entrevistas e aplicados questionários em 4 construtoras especializadas no Sistema *Light Wood Frame* na região sul do Brasil.

Os dados relacionados aos materiais de construção foram obtidos por meio de entrevistas e aplicação de questionários em 20 empresas de materiais de construção localizadas nas regiões sul e sudeste.

## 4.3 Apresentação dos resultados

Os resultados das caracterizações ambientais 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.

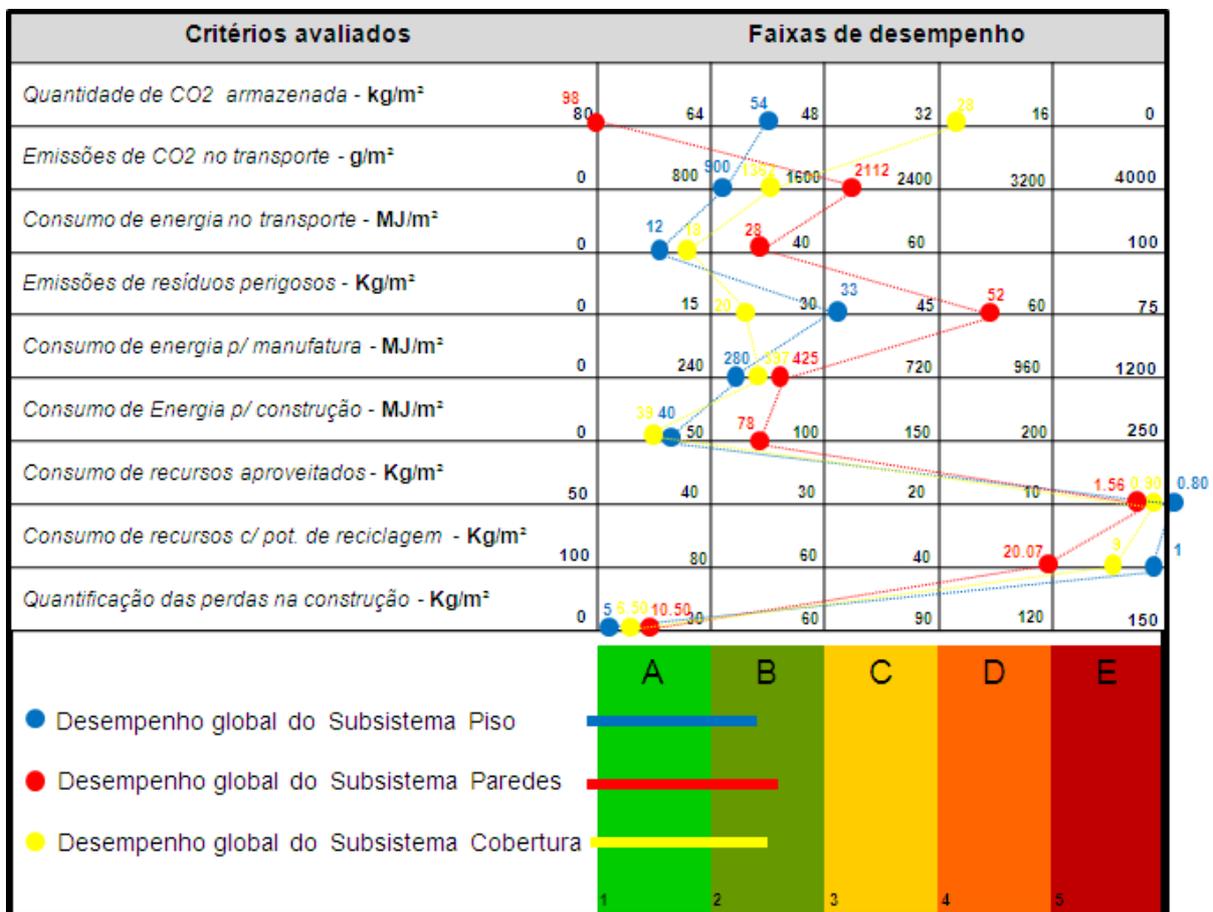
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados da avaliação ambiental dos subsistemas piso, paredes e cobertura da HIS de 46,50 m<sup>2</sup>.

### 5.1 Avaliação ambiental da HIS

No perfil de desempenho da Tabela 3, é apresentando o desempenho dos subsistemas piso, paredes e cobertura, calculados em função da área do piso da edificação (46,50 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. Os resultados foram expressos em função da área.

Tabela 3: Perfil de desempenho ambiental dos três subsistemas

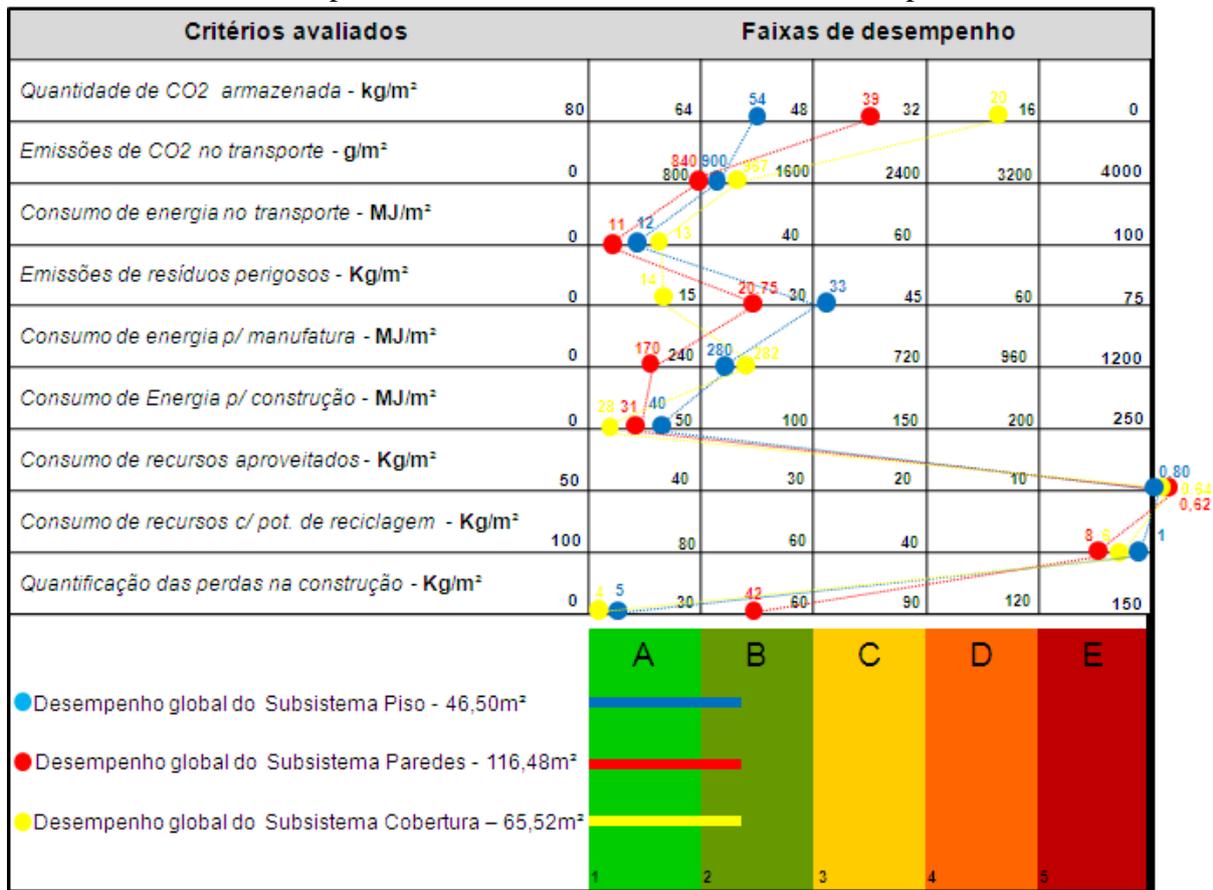


Os três subsistemas apresentaram desempenho similar, obtendo índice de desempenho B. Os critérios que mais repercutiram positivamente, classificados em índice A, foram a quantidade de CO<sub>2</sub> armazenada, o consumo de energia no transporte, o consumo de energia para construção e as perdas na construção. Já as repercussões mais negativas, que obtiveram índice de desempenho E, foram o consumo de recursos aproveitados e o consumo de recursos com potencial de reciclagem.

No perfil de desempenho da Tabela 4, é apresentado o desempenho dos subsistemas em função da área construída do próprio subsistema: piso com 46,50 m<sup>2</sup> construídos, paredes com 116,48 m<sup>2</sup> considerando aberturas e cobertura com 65,52 m<sup>2</sup>, considerando os beirais e superfícies inclinadas.

Verificou-se que, mesmo com está diferenciação de área, os subsistemas mantiveram o desempenho com um índice total B, tendo as mesmas caracterizações com repercussões positivas e negativas.

Tabela 4: Perfil de desempenho ambiental considerando as áreas de superfícies dos subsistemas



Os subsistemas piso, paredes e cobertura apresentaram diferentes resultados de desempenho na caracterização da quantidade de CO<sub>2</sub> armazenada, pois este critério está relacionado à massa da madeira utilizada em cada subsistema. Os subsistemas paredes e piso apresentaram desempenhos A e B respectivamente, pois suas massas são predominantemente compostas de madeira. Porém na Tabela 4, o subsistema parede apresenta um desempenho C, devido à presença de uma massa significativa do gesso acartonado. Já a cobertura foi o subsistema que obteve o menor desempenho, ficando com D, devido à sua maior massa ser procedente das telhas cerâmicas.

O consumo de energia e as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas ao transporte obtiveram desempenho A e B, respectivamente. Eles apontam para uma relação de distâncias sustentável, entre as indústrias fabricantes e a HIS. E também confirma o saldo de 8.180,50 kg de CO<sub>2</sub> armazenado nos três subsistemas, o que é equivalente à emissão de 40 casas construídas como o Sistema *Light Wood Frame* com as mesmas características da habitação em estudo.

As caracterizações relacionadas à etapa de construção mostram que o *Light Wood Frame* tem bom desempenho no “canteiro de obras”. Já a energia embutida nos subsistemas, considerando os processos de manufatura dos materiais, de transporte e de construção, também apresenta um bom desempenho, entre A e B, apontado para um conteúdo energético satisfatório em seu ciclo de vida.

O valor total de emissões de resíduos perigosos foi de 4.897,30 kg, mas mesmo com esta quantidade de emissões, os três subsistemas tiveram desempenhos B, considerando a área de 46,50 m<sup>2</sup>.

As caracterizações que tiveram repercussões negativas, com desempenho E, foram o consumo de recursos aproveitados e o consumo de recursos com potencial de reciclagem.

O desempenho relativo ao consumo de recursos está relacionado ao fato da maior parte dos materiais usados nos subsistemas não serem de origem de reaproveitamento ou não terem nas suas composições insumos reaproveitáveis. O baixo desempenho relacionado ao consumo de recursos com potencial de reciclagem é devido ao uso de materiais como a madeira tratada e a Placa de OSB, que representam massas significativas dentro dos subsistemas e não podem ser reciclados na atual conjuntura nacional.

Na forma usada para a apresentação dos resultados da avaliação ambiental dos subsistemas, constatou-se certa limitação decorrente da introdução de subjetividade para a definição do indicador único de desempenho: A, B, C, D ou E. Segundo OLIVEIRA (2005), a avaliação e a interpretação dos resultados são procedimentos críticos para métodos e sistemas de avaliação ambiental devido à introdução de subjetividade para a seleção de uma alternativa, frente às necessidades do usuário.

## 6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi feita a análise de aspectos ambientais de um HIS de 46,50 m<sup>2</sup> em madeira projetada segundo os princípios de coordenação modular no Sistema *Light Wood Frame*, localizada em Florianópolis, SC. Para a análise foram coletados dados na literatura técnica, por meio de acompanhamento em obras e de entrevistas em construtoras especializadas no *Light Wood Frame* e empresas fabricantes de materiais de construção civil.

O método utilizado para análise tem sua estrutura definida a partir de elementos e de etapas sequenciais comuns à metodologia tipicamente utilizada em uma ACV. Porém sua estrutura foi simplificada, devido à falta de um banco de dados consistente no contexto brasileiro.

A avaliação ambiental indicou que a HIS projetada no Sistema *Light Wood Frame* apresentou um desempenho considerado B para a região de Florianópolis.

As **caracterizações** dos subsistemas da HIS que apresentaram 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. **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 9,87%, confirmando o bom desempenho do Sistema Plataforma na minimização de resíduos dentro do “canteiro de obras”.

A **quantidade de CO<sub>2</sub> armazenada** obteve uma classificação distribuída entre A e D. Mesmo assim, é possível afirmar que nesta caracterização os subsistemas tiveram um desempenho satisfatório. Pois os três subsistemas armazenaram juntos 8.383 t de CO<sub>2</sub>, o equivalente a uma média de emissões de um automóvel de passageiros durante 1 ano e 4 meses.

As caracterizações com desempenho abaixo de C foram as **emissões de resíduos perigosos**, o **consumo de recursos com potencial de reciclagem** e o **consumo de recursos reaproveitados**. Estas caracterizações negativas são decorrentes, principalmente, do uso de tratamento (CCA) na madeira, que emite resíduos perigosos e não possibilita que a mesma seja reaproveitada ou reciclada no final do seu ciclo de vida. Na caracterização de consumo de recursos reaproveitados, a madeira também contribui para este desempenho negativo, porém a mesma, de certa forma, não pode ser classificada nesta caracterização por ser um material que não incorpora insumos em sua manufatura, a não serem os componentes químicos. Mas este desempenho negativo é confirmado pelos outros materiais empregados nos subsistemas, que tem suas massas representativas, tais como as placas de OSB, as placas de gesso acartonado e as telhas cerâmicas que apresentam em suas composições, baixo ou nulo de insumos reaproveitados.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABDI. Manual da construção industrializada - conceitos e etapas. Volume 1: conceitos e etapas. Brasília, 2015.
- [2] BRDE. Florestamento na região sul do Brasil: uma análise econômica. Diretoria de planejamento Banco, Regional de desenvolvimento do Extremo Sul, Diretoria de planejamento (BRDE): Brasília, setembro, 2003.
- [3] ACR. Anuário estatístico de base florestal para o estado de santa catarina. Associação Catarinense de Empresas Florestais: Lages, fevereiro de 2014.
- [4] SBS. Fatos e Números do Brasil Floresta. Sociedade Brasileira de silvicultura: Novembro de 2005.
- [5] LAROCA, C. A. Habitação social em madeira: uma alternativa viável. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2002.
- [6] GRAHAM. P. The role of building environmental performace assessment in design. Environmental Design Guide. Maio, 2000.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] GRIGOLETTI, G. C.; SATTLER, M. A. Impactos ambientais associados a materiais de construção – Análise de ferramentas existente. In: NUTAU, 2002. São Paulo. Anais... São Paulo: NUTAU/USP, 2002.
- [10] IEA ANNEX 31-ENERGY-RALATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS. Directory of tools. 2001.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] ESPÍNDOLA, L.R. Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
- [14] FINEP. Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica – documento 5 - habitação mais sustentável. São Paulo, 2007.
- [15] SPERB, M. R. Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.