



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# LIGHT STEEL FRAMING: UMA ALTERNATIVA PARA OS DESPERDÍCIOS E RESÍDUOS DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO<sup>1</sup>

MASS, Bárbara Holzmann (1); TAVARES, Sergio Fernando (2)

(1) UFPR, e-mail: barbarahmass@gmail.com; (2) UFPR, e-mail:  
sergiooftavares@gmail.com

## RESUMO

A construção civil é uma atividade geradora de diversos impactos ambientais devido ao elevado consumo de recursos naturais, à poluição ambiental, e ao desperdício e geração de resíduos. No Brasil, a construção é, em sua maioria, baseada em técnicas construtivas consideradas tradicionais, mas que apresentam elevado consumo de matéria-prima e altos índices de perdas. Isto reflete a falta de planejamento de obra e a ineficiência do uso racional dos materiais. Neste contexto, o objetivo deste artigo é, através de revisão bibliográfica, apresentar um panorama das perdas e desperdícios de materiais que ocorrem na construção convencional no nosso país, além de apresentar o Light Steel Framing (LSF) como alternativa para esta situação. Como resultado, percebeu-se a ineficiência dos métodos tradicionais, apontando uma nova direção a ser seguida: a pré-fabricação. Quanto mais elementos pré-fabricados existem em obra, menores são as taxas de geração de resíduos. Por se tratar de um sistema estruturado em perfis de aço galvanizado com fechamento em placas parafusadas, o LSF é considerado uma técnica que racionalizada e enxuta que se utiliza da pré-fabricação. Este tipo de construção optimiza os recursos a serem utilizados e reduz significativamente as perdas e desperdícios ocorridos, e consequentemente dos resíduos gerados.

**Palavras-chave:** Perdas e desperdícios na construção civil. Light steel framing. Construção enxuta.

## ABSTRACT

The construction industry is an activity that generates various environmental impacts due to the high consumption of natural resources, environmental pollution and waste generation. In Brazil, the construction is mostly based on building techniques considered traditional, but that have high consumption of raw materials and high levels of losses. This reflects the lack of construction planning and the inefficiency of the rational use of materials. In this context, this article, through literature review, aims to present an overview of material losses and waste that occurs in traditional construction in our country, in addition to presenting Light Steel Framing (LSF) as an alternative to the current situation. As a result, the inefficiency of the traditional methods was perceived, pointing a new direction to be followed: prefabrication. The more prefabricated elements exist in site, the lower waste generation rates are. Because it is a system structured in galvanized steel profiles with bolted boards, LSF is considered a rationalized and lean technique that uses prefabrication. This type of construction optimizes the used resources and significantly reduces the losses occurred and, consequently, the generated waste.

<sup>1</sup> MASS, Bárbara Holzmann; TAVARES, Sergio Fernando. Light Steel Framing: uma alternativa para os desperdícios e resíduos dos materiais de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

**Keywords:** Construction losses and waste. Light steel framing. Lean construction.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil possui uma posição de destaque na economia nacional, sendo responsável por 6,6% do Produto Interno Bruto em 2012 e pela geração de mais de 8 milhões de empregos no nosso país, com 8,13% da população ocupada total participando nesta indústria (CBIC, 2015). Por outro lado, ela é responsável por um gasto considerável de materiais, chegando a um consumo de 100 a 200 vezes maior que o da indústria automobilística (em massa de materiais). Lachimpadi et al (2012) afirmam que a construção consome até 60% dos materiais brutos extraídos da terra.

O seu tamanho e a ineficiência de alguns de seus processos faz com que praticamente todas as atividades desenvolvidas na construção civil sejam geradoras de resíduos, pois no processo construtivo há um alto índice de perdas, variando entre 20 e 30% da massa total de materiais, segundo Azevedo et al (2006). Lachimpadi et al (2012) afirmam que, mundialmente, grandes quantidades de resíduos de construção civil (RCC) são geradas anualmente, com aproximadamente 323 milhões de toneladas geradas nos EUA e 70 milhões de toneladas na Inglaterra em 2003.

Desta forma, deve ser buscada a mitigação da situação atual, portanto os objetivos deste estudo são: conceituar e explorar elementos-chave sobre o tema; apresentar um panorama dos desperdícios que ocorrem no Brasil na construção convencional; bem como estudar experiências para uso racional dos materiais e apresentar a técnica construtiva Light Steel Framing (LSF) como alternativa para diminuição dos resíduos gerados.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada neste artigo é de levantamento bibliográfico (com investigação de referências sobre o tema proposto) e posterior revisão de literatura, promovendo uma discussão sobre o material pesquisado e construindo redes de conceitos e pensamentos em uma contextualização sobre o tema. São explorados relatórios, tabelas e diversas produções científicas sobre o tema, como: artigos de periódicos nacionais e internacionais; dissertações e teses; TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamento; e nos relatórios da pesquisa de Agopyan et al (1998).

## 3 PERDAS, DESPERDÍCIO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Agopyan et al (1998) citam o conceito de perda dado por Santos et al (1996), sendo ela “qualquer ineficiência que reflita no uso de materiais, mão-de-obra e equipamentos em quantidades superiores àquelas necessárias para a produção da edificação”. Perda é tudo o que se gasta além do necessário. Para Agopyan et al (1998), existem dois tipos de perda segundo seu controle. As inevitáveis são aquelas em nível aceitável, pois os investimentos para combatê-las seriam muito maiores que a economia

gerada. Já as perdas evitáveis são aquelas cujo custo de ocorrência é muito maior que o de prevenção. Esta segunda parcela (evitável) é caracterizada pelos autores como desperdício.

Na construção, as perdas podem ocorrer por: incorporação de materiais à edificação, principalmente em serviços moldados *in loco*; ou pelos resíduos, que são sua parcela mais visível (SOUZA et al, 2004; AGOPYAN et al, 2003) e o foco deste trabalho.

A Resolução nº 307/02 do Conselho Nacional de Meio Ambiente entende RCC como

Materiais provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (BRASIL, 2002, p.1)

Ela também os divide em quatro classes: (i) A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis, como tijolo, blocos, telhas, argamassa, concreto e solos; (ii) B: resíduos recicláveis para outras destinações, como plástico, papel, papelão, metal e madeira; (iii) C: resíduos ainda sem tecnologia ou aplicações economicamente viáveis para reciclagem, como gesso; e (iv) D: resíduos perigosos, como tintas, solventes e óleos. Segundo Costa et al (2014), os RCC apresentam uma composição bastante variável e heterogênea. No Brasil, entre 88 e 96% deles são Classe A.

De acordo com Tam et al (2005), estima-se que alguns fatores que influenciam para que materiais se tornem resíduos nos canteiros de obra sejam: (i) mal gerenciamento do canteiro; (ii) falta de consciência ambiental pelos clientes/projetistas; (iii) danos na entrega dos materiais; e (iv) retrabalho devido a mão-de-obra ruim ou erros/mudanças de projeto.

### **3.1 Panorama brasileiro**

Santos e Farias Filho (1998) afirmam que, na construção, existe um tradicionalismo arcaico em relação ao uso de novos materiais que devem substituir aqueles já consagrados, mas que possuem grande obsolescência tecnológica. A construção tradicional, de alvenaria, ainda depende pesadamente de tecnologias convencionais, como: moldagem no local, fôrmas de madeira e argamassas de assentamento; o que torna o processo construtivo um trabalho bastante intensivo. Isto, aliado à má qualidade da mão-de-obra, resulta em excesso de resíduos gerados (TAM et al, 2005).

O uso de alvenaria para a construção ainda é muito comum, sendo as construções constituídas basicamente de cimento e tijolos cerâmicos (BERNARDES et al, 2012). Escassas mudanças foram percebidas no mercado nacional, havendo evolução pouco significativa quanto às tecnologias e processos construtivos. Para Santiago e Araújo (2008), processos

predominantemente artesanais, com baixa produtividade e muito desperdício, ainda compõem a maior parcela da construção civil brasileira.

A tabela 1, abaixo, apresenta alguns valores percentuais de perdas de materiais segundo diversas pesquisas.

Tabela 1 – Valores percentuais de perdas de materiais

<b>Material</b>	<b>PINTO (1989)</b>	<b>SOIBELMAN (1993)</b>	<b>SANTOS (1995)</b>
Concreto	1,5	12,9	-
Tijolos furados	-	50,0	5,4
Tijolos maciços	-	54,0	25,5
Componentes de vedação	13,0	-	-
Madeira	47,5	-	-
Rev. cerâmicos – paredes	9,5	-	-
Rev. cerâmicos - pisos	7,5	-	-

Fonte: Adaptado de Paliari (1999 apud Souza et al, 2004)

Abaixo, são expostos os percentuais de perdas de alguns dos principais materiais de construção utilizados nas técnicas convencionais brasileiras levantados na pesquisa de Agopyan et al (1998), conduzida em 69 canteiros de obras (majoritariamente de edificações residenciais em concreto armado moldado no local) com apoio de diversas universidades do país, e na 13ª edição da TCPO.

Tabela 2 – Perda de materiais no Brasil

<b>Material</b>		<b>Agopyan et al (1998)</b>		<b>TCPO (2008)</b>
<b>Nome</b>	<b>Tipo</b>	<b>Amostras (n)</b>	<b>Mediana (%)</b>	<b>Média (%)</b>
Concreto usinado	-	35	9	5 (de 1 a 33%)
Aço	Corte/dobra na obra	12	11	10 (de 4 a 16%)
Blocos e tijolos	Cerâmicos	37	13	5
	Concreto			3
Argamassa	Emboço interno	11	102	-
	Emboço externo	8	53	-
	Contrapiso	7	42	-
	Misturada em obra	-	-	30
	Industrializada	-	-	20

Fonte: Agopyan et al (1998) e TCPO (2008)

Elaboração: Os autores

Em todos os materiais, percebe-se diferença nos valores de perda encontrados nas duas fontes. Isso pode ocorrer pela forma de coleta e análise dos dados em cada documento. Por exemplo, Agopyan et al (1998) consideram os usos da argamassa, já a TCPO (2008) considera o tipo de mistura.

A geração de RCC durante a construção é consequência das perdas citadas acima. A taxa de geração de resíduos pode ser definida pela razão entre a quantidade gerada e a área construída. Costa et al (2014) compilaram dados de alguns autores, encontrando valores de massa de resíduos de 89,65kg/m<sup>2</sup> de piso (SOUZA, 2005), 104,49kg/m<sup>2</sup> e 115,82kg/m<sup>2</sup> (CARELI, 2008), e 137,02kg/m<sup>2</sup> (MARQUES NETO; SCHALCH, 2010).

#### **4 USO RACIONAL DOS MATERIAIS**

Segundo Souza et al (2004), há consciência sobre a necessidade de se utilizarem materiais racionalmente nos canteiros de obras, tanto pela questão ambiental como pela financeira. Também há políticas de coleta segregada de resíduos, visando sua reciclagem ou reuso. Porém, embora uma destinação adequada seja importante, ações que visem à redução da geração de resíduos são necessárias, pois só assim pode-se contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais da construção.

Santos e Farias Filho (1998) afirmam que o modelo atual de gestão entende a construção como uma série de processos e subprocessos produtivos que convertem materiais e mão-de-obra em produtos acabados. Para maior eficiência, deve haver um aprimoramento progressivo destes processos buscando redução dos desperdícios e da geração de resíduos na construção de edificações.

Reduzindo-se as atividades de fluxo [...] e otimizando as atividades de conversão consegue-se aumentar a produtividade da mão-de-obra, assim como reduzir a possibilidade de ocorrência de perdas de materiais, pois quanto menos as atividades de movimentação e manuseio dos mesmos, menor a possibilidade de ocorrência de perdas (AGOPYAN et al, 1998, v. 2, p.10).

Deve-se mudar a logística de canteiro e tentar aplicar novos conceitos e processos. Um deles é o da produção enxuta na construção, que busca a redução dos prazos, dos custos e das perdas/desperdícios em um ambiente de melhoria contínua. Para Vivan et al (2010), a ideia da construção enxuta é aumentar a eficiência da produção da edificação eliminando os desperdícios originados em um processo inadequado e que não agrega valor, havendo assim maximização de valores.

Pode ser possível combater as perdas e a geração de resíduos sem haver mudança de tecnologias, aperfeiçoando-se os processos construtivos através da melhoria dos projetos, treinamento da mão-de-obra, utilização de equipamentos adequados e melhoria das condições de estoque/transporte (JOHN; AGOPYAN, 2000). Isso tem relação com alguns princípios da construção enxuta já mencionada. Mesmo assim, mudanças tecnológicas podem também reduzir os desperdícios e a geração de entulho na construção.

Se uma tecnologia limpa e enxuta é adotada, o desperdício de materiais é gerenciado no começo do processo de projeto e construção e os resíduos gerados nos canteiros podem ser reduzidos. Em novas edificações, segundo

Tam et al (2005) e Wang et al (2015), como técnica efetiva para minimização de geração de resíduos, poderia ser citada a utilização de componentes pré-fabricados e implementação de projetos modulares. Isto seria uma mudança tecnológica e de processo. Para Tam et al (2005), alguns dos benefícios da pré-fabricação são: diminuição do tempo de obra, melhora da qualidade dos produtos fabricados fora do canteiro, melhora na segurança do canteiro (local mais limpo e arrumado), e, consequentemente, minimização dos RCC gerados.

Quanto ao resíduo da pré-fabricação, ele pode se originar dos processos de fabricação (como manufatura e transporte dos componentes) ou da montagem no local. Lu e Yuan (2013 apud WANG et al, 2015) apontam que a taxa de geração de resíduos, no primeiro caso, é de 2%, ou menos, em questão de peso, sugerindo que a pré-fabricação é melhor para redução de RCC do que a tradicional moldagem no local. No segundo caso, a montagem de componentes pré-fabricados no local gera poucos resíduos, pois são fabricados para encaixarem perfeitamente com a estrutura de edificação. Sendo assim, considera-se a pré-fabricação como uma alternativa de baixo-resíduo, quando comparada aos processos tradicionais.

Wang et al (2015) fizeram um estudo identificando variáveis que podem influenciar na redução de entulhos. Como resultado, a simulação sugere que o aumento na quantidade de componentes pré-fabricados exerce o efeito mais forte como forma de minimizar esta geração. A maior influência destes componentes está na redução dos resíduos de concreto, muito desperdiçado em processos convencionais de moldagem *in loco*.

Outra pesquisa que corrobora esta afirmação é a de Lachimpadi et al (2012), na qual oito estudos de caso foram realizados, escolhendo três métodos construtivos: (i) Construção Convencional (categoria I), com elementos moldados *in loco*; (ii) Sistema Misto (categoria II), com alguns elementos pré-fabricados e outros moldados *in loco*; (iii) Sistema Industrializado - IBS (categoria III), com uso de técnicas, componentes ou sistemas pré-fabricados. Os resultados obtidos são que os canteiros categoria III geraram as menores quantidades de resíduos quando comparados com as categorias II e I. Os IBS geram 0,0016 ton/m<sup>2</sup> de piso, Sistemas Mistos geram 0,030 ton/m<sup>2</sup> e Construção Convencional, 0,048 ton/m<sup>2</sup>. Na categoria I, concreto e agregados somaram 60% dos resíduos; já na categoria II, somaram 30%; e na III, 14%. A diminuição da porcentagem de concreto e seus agregados como resíduo é devido ao grande desperdício na categoria I pelo manuseio errado e funcionários despreparados. Percebeu-se que quanto mais elementos pré-fabricados de concreto entram nas obras, menos resíduos desses materiais se têm.

## 5 LIGHT STEEL FRAMING

O *light steel framing* (LSF) é um sistema composto de elementos estruturados em um esqueleto de perfis leves de aço galvanizado. Segundo Carminatti (2012) e Vivan (2011), estes perfis são formados a frio (PFF) e revestidos com

zincos ou liga de alumínio-zinco por imersão a quente ou eletrodeposição. Eles são parafusados e espaçados regularmente entre si (de acordo com modulação definida no cálculo estrutural, variando entre 400 e 600mm) formando os painéis estruturais. Para Santiago et al (2010), esta modulação visa à otimização dos custos e uso de materiais, pois praticamente todos os materiais complementares e subsistemas são enquadrados em múltiplos deste espaçamento, permitindo a minimização de desperdícios.

De acordo com Vivan et al (2013), LSF é um sistema industrializado e pré-fabricado que utiliza materiais “secos”, como os já citados perfis de aço, placas cimentícias, gesso acartonado, lã de rocha, etc. Tal sistema, sob o ponto de vista técnico, apresenta alto nível de pré-fabricação, planejamento preciso, entregas *just-in-time* e montagens simples. Nele, as atividades de conversão de insumos ficam restritas apenas à produção da fundação (geralmente em radier), ao tratamento de juntas e a algum tipo de adequação ou recorte de componentes. Desta forma, a construção de edificações em LSF demanda menos atividades de conversão, sendo baseada na montagem de componentes e proporcionando melhor eficácia no uso de materiais.

Bernardes et al (2012) afirmam que o LSF tem buscado aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e minimizar as perdas e prazos durante a obra. Mas para isso, e por ser um sistema industrializado e de grande precisão, o LSF deve possuir projetos suficientemente detalhados e que contemplem as várias atividades de construção de uma edificação (VIVAN et al, 2010). Segundo Santiago et al (2010), em geral, os painéis são executados em fábrica, o que garante boa produtividade e qualidade, além de permitir que os objetivos da construção enxuta possam ser alcançados.

Por proporcionar uma construção a seco, o LSF evita a geração dos resíduos “cerâmicos”, principalmente o concreto e as argamassas (percebidos como os mais representativos, em termos de massa de resíduo, nas construções tradicionais). Neste sistema, as tubulações são todas inseridas entre os painéis, antes do fechamento de ambos os lados.

WRAP (2008) conduziu uma pesquisa com amostragem de 56 residências, em Cambridgeshire (Inglaterra), para apoiar a tese de que LSF gera menos resíduos, comparando aqueles gerados neste sistema (35 residências) e em alvenaria convencional (21 residências). Para o LSF, foram somados valores de resíduos gerados na elaboração, em fábrica, dos painéis e na sua montagem em obra, concluindo-se que seu uso reduz em 4,8m<sup>3</sup>/100m<sup>2</sup> de construção os RCC gerados quando comparados à alvenaria convencional, (ou seja em 22%), com menor quantidade de resíduos de concreto, isolamento e embalagens.

WRAP (2016) encontrou que, através de melhoramento contínuo de processos, a empresa Framing Solutions conseguiu reduzir os resíduos de manufatura de painéis em fábrica para menos de 1% do total de materiais usados. Em obra, WRAP (2016) encontrou uma economia entre 40 e 70% dos

resíduos gerados na construção tradicional. Já Gomes et al (2013) desenvolveram e construíram, em parceria com a USP, um protótipo de moradia popular de LSF (com painéis montados no canteiro) em São Carlos/SP, verificando que o sistema possibilitou a redução de desperdícios em obra para menos de 5%.

Em suma, percebeu-se que o Light Steel Framing é um método construtivo industrializado e pré-fabricado, em diferentes níveis, dependendo da característica de cada obra (painéis montados em fábrica ou canteiro). Como já estudado, estas duas características, aliadas a um detalhado projeto executivo e planejamento de obra, contribuem significativamente para a redução dos desperdícios e entulhos, além de proporcionar maior organização e limpeza do canteiro. Nela, as peças são montadas em módulos que minimizam os cortes de material em formato que não proporciona a utilização de suas sobras. Pelo exposto, esta técnica é considerada uma boa alternativa aos processos tradicionais em relação à redução de desperdícios e resíduos gerados.

## **6 CONCLUSÕES**

Este artigo, de revisão bibliográfica, teve suas conclusões baseadas na análise feita a partir dos autores citados. Nele foram conceituados e explorados elementos-chave sobre o tema proposto, apresentando um panorama nacional das perdas/desperdícios. Assim, viu-se que a maior parte dos processos construtivos brasileiros é baseada em técnicas inefficientes de projeto, construção e gestão, o que gera muitos erros e falhas, além de grandes percentuais de desperdício de materiais, tempo e mão-de-obra.

Na etapa seguinte, ao se buscarem alternativas para um uso mais racional dos materiais, viu-se que a aplicação de novos conceitos e processos é desejada, sendo que mudanças tecnológicas são fortes aliados na redução das perdas e geração de entulhos. Uma destas mudanças é a pré-fabricação, que melhora a qualidade dos produtos e a segurança da obra, consequentemente minimizando os RCC gerados. Quanto mais elementos pré-fabricados existirem em uma obra, menores são as taxas de geração de resíduos, pois os processos ocorridos em fábrica são mais rigorosos e controlados.

Dentro das técnicas construtivas que usam pré-fabricação, estudou-se o Light Steel Framing, considerado um processo industrializado. Por demandar menos atividades de conversão e por haver racialização e modulação, verificou-se, baseado em análise feita a partir dos autores estudados que o sistema, quando da existência de projeto detalhado, possibilita a redução dos desperdícios em obra e da geração de resíduos, contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais da construção.

## REFERÊNCIAS

- AGOPYAN V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. **Coletânea Habitare**, Porto Alegre, v. 2, p. 224-249, 2003.
- AGOPYAN V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. **Pesquisa “Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras”**. Relatório final. EPUSP/FINEP/ITQC, 1998.
- AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.11, n. 1, p. 65-72, jan/mar. 2006.
- BERNARDES, M.; NILSSON, S.G.; MARTINS, M.S.; ROMANINI, A. Comparativo econômico da aplicação do Sistema Light Steel Framing em habitação de interesse social. **Revista de Arquitetura da IMED**, v. 1, n. 1, p. 31-40, jan/jun. 2012.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002.
- CARMINATTI, R. J. **Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social concebido em light steel framing**. 141p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Banco de dados. **PIB e Investimento**: PIB Brasil e Construção Civil. Disponível em:  
<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em: nov. 2015.
- COSTA, R. V. G.; ATHAYDE JUNIOR, G. B.; OLIVEIRA, M. M. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 127-137, jan/mar. 2014.
- GOMES, C.E.M.; VIVAN, A.L.; SICHIERI, E.P.; PALIARI, J.C. Light Steel Frame: construção industrializada a seco para habitação popular – práticas sustentáveis. **ELECS – Encontro Latino-americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis**. Curitiba, 2013.
- JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares, 2000, São Paulo. **Anais**. São Paulo, 2000.
- LACHIMPADI, S.K.; PEREIRA, J.J.; TAHAN, M.R.; MOKHTAR, M. Construction waste minimisation comparing conventional and precast construction (Mixed System and IBS) methods in high-rise buildings: A Malaysia case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 68, p. 96-103, 2012.
- PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 189p. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SANTIAGO, A.K.; ARAÚJO, E.C. Sistema light steel framing como fechamento externo vertical industrializado. **CONSTRUMETAL – Congresso Latino-americano da Construção Metálica**. São Paulo, 2008.

SANTIAGO, A.K.; RODRIGUES, M.N.; OLIVEIRA, M.S. Light Steel Framing como alternativa para construção de moradias populares. **CONSTRUMETAL – Congresso Latino-americano da Construção Metálica**. São Paulo, 2010.

SANTOS, C.A.B.; FARIAS FILHO, J.R. Construção civil: um sistema de gestão baseada na logística e na produção enxuta. **ENEGET – Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 1998.

SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A.C. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33-46, out/dez. 2004.

TAM, C.M.; TAM, V.W.Y.; CHAN, J.K.W.; NG, W.C.Y. Use of prefabrication to minimize construction waste – a case study approach. **The International Journal of Construction Management**, p. 91-101, 2005.

TCPO – Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. 13 ed. São Paulo: Pini, 2008.

VIVAN, A. L. **Projetos para produção de residências unifamiliares em light steel framing**. 209p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

VIVAN, A.L.; CARMINATTI, R.J.; ORTIZ, F.A.H.; PALIARI, J.C. Produção em larga escala de habitações: uma visão qualitativa a partir do sistema light steel framing. **2º CIHEL – Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono**. Lisboa, 2013.

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

WANG, J.; LI, Z.; TAM, V.W.Y. Identifying best design strategies for construction waste minimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 92, p. 237-247, 2015.

WRAP. **Waste reduction through the use of Steel Frame at SmartLIFE**. United Kingdom, 2008. Disponível em:  
<http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Steel%20Frame%20Full%20case%20study%20FINAL.pdf>. Acesso em: abr. 2016

WRAP. **Waste reduction potential of Light Steel Frame construction**. United Kingdom, sem ano. Disponível em: <http://www2.wrap.org.uk/document.rm?id=4508>. Acesso em: abr. 2016