

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

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

CROSS LAMINATED TIMBER (CLT): UMA TECNOLOGIA CONSTRUTIVA VIÁVEL NO BRASIL?¹

SILVA, Carla A. (1); CHIRINÉA, Maria Letícia B. (2); BARROS, Mercia M. S. B. (3)

(1) EPUSP, e-mail: carla.a.silva@usp.br; (2) EPUSP, e-mail: maria.chirinea@usp.br (3)
EPUSP, e-mail: mercia.bottura@usp.br

RESUMO

Em momentos de desenvolvimento econômico ou de retração, a busca por redução de custo, principalmente, por meio de aumento de produtividade e redução de desperdício, é um princípio fundamental da atividade produtiva e, em particular, da atividade de construção. A tecnologia construtiva que emprega Cross Laminated Timber (CLT) ou Madeira Laminada Colada Cruzada começa a despertar interesse no mercado brasileiro, tanto por suas características de industrialização e de sustentabilidade, como pelo grande potencial madeireiro do país. Com foco nesta tecnologia, este artigo tem como objetivos apresentar a tecnologia que utiliza CLT e realizar uma análise crítica, identificando oportunidades e desafios para sua utilização no contexto atual da construção brasileira de edificações. O método de pesquisa adota revisão bibliográfica sobre o tema, considerando-se artigos técnico-científicos e catálogos técnicos de fabricantes internacionais, além de entrevista com empresária do setor que busca desenvolver um processo construtivo nacional usando essa tecnologia. Os resultados do estudo permitem um maior conhecimento sobre as oportunidades e desafios para utilização do CLT no mercado brasileiro. Entre os desafios, está a aceitação dessa inovação tecnológica por parte das instituições financiadoras, sendo necessária prévia avaliação pelo SINAT do PBQP-H, um processo moroso que exige grandes investimentos pelo proponente do sistema.

Palavras-chave: Cross Laminated Timber (CLT). Pré-fabricação em madeira. Construção civil - Inovação tecnológica.

ABSTRACT

The search for cost reduction, mainly through increased productivity and waste reduction is a fundamental principle of productive activity and, in particular, construction activity in times of economic development or retraction. Constructive technology that employs Cross Laminated Timber (CLT) begins to awaken interest in the Brazilian market, both for its industrialization features and sustainability, as the great timber potential of the country. Focusing on this technology, this article aims to present the technology that uses CLT and perform a critical analysis, identifying opportunities and challenges for its use in the current context of the Brazilian construction of buildings. The research method adopts literature review of technical and scientific articles and technical catalogs of international manufacturers, as well as an interview with an industry entrepreneur who seeks to develop a national construction process using this technology. The study results allow a better understanding of the opportunities and challenges for the use of CLT in Brazil. Among the challenges is the acceptance of this technological innovation by funding institutions,

¹SILVA, Carla A.; CHIRINÉA, Maria Letícia B.; BARROS, Mercia M. S. B. Cross Laminated Timber (CLT): uma tecnologia construtiva viável no Brasil?. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

requiring prior assessment by SINAT PBQP-H, a lengthy process that requires large investments by the system proponent.

Keywords: Cross Laminated Timber (CLT). Precasting in wood. Civil construction - Technological innovation.

1 INTRODUÇÃO

Em momentos de desenvolvimento econômico ou de retração, a busca por redução de custo, principalmente, por meio de aumento de produtividade e redução de desperdício, é um princípio fundamental da atividade produtiva e, em particular, da atividade de construção. A adoção de tecnologias pré-fabricadas pode contribuir para obtenção de um processo construtivo industrializado, visando ao aumento da produtividade, à maior eficiência na utilização dos recursos e à melhora na qualidade tanto de execução, como do produto final.

A tecnologia construtiva que emprega Cross Laminated Timber (CLT) ou Madeira Laminada Colada Cruzada começa a despertar interesse no mercado brasileiro, tanto por suas características de industrialização, como de sustentabilidade.

O crescimento da conscientização ambiental vem incentivando o aumento da utilização da madeira na construção civil fora do país. No Brasil, apesar de sua grande capacidade madeireira, a utilização predominante destina-se ao mercado de papel e celulose. Mesmo diante dos apelos de sustentabilidade, ainda existem preconceitos com relação à utilização de madeira para edifícios de múltiplos pavimentos, principalmente, por associar o material ao baixo desempenho quanto à segurança contra incêndio, segurança estrutural e durabilidade. O processo de laminação cruzada da madeira busca solucionar essas deficiências e oferecer um material apropriado para construção de edifícios.

O presente artigo tem como objetivos apresentar a tecnologia que utiliza CLT e realizar uma análise crítica, identificando oportunidades e desafios para sua utilização no contexto atual da construção brasileira de edificações.

2 METODOLOGIA

A abordagem do tema será feita por meio de: revisão bibliográfica sobre construção em CLT; pesquisa em catálogos técnicos de fabricantes internacionais; e entrevista com empresária do setor que está em fase de desenvolvimento de um "CLT nacional", vislumbrando os principais desafios de implementação dessa tecnologia no Brasil.

3 CROSS LAMINATED TIMBER (CLT)

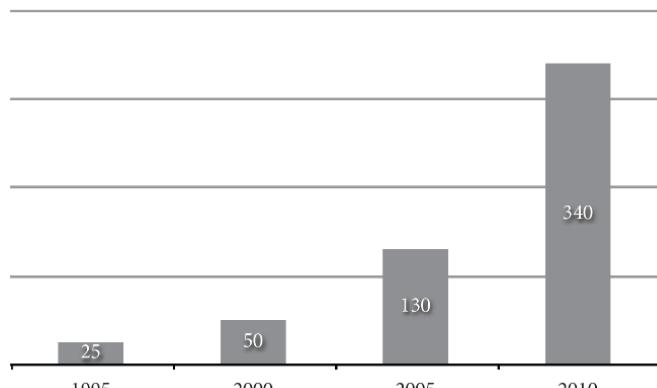
A tecnologia construtiva que emprega CLT é constituída por painel pré-fabricado, estrutural, composto por três ou mais camadas de pranchas de madeira, ligadas por adesivos estruturais à base de poliuretano. A sobreposição cruzada das chapas aumenta a resistência do material,

possibilitando sua utilização tanto em elementos estruturais (pisos e cobertura), quanto em vedações verticais.

A produção de edifícios em CLT inicia-se na fábrica, onde são usinados painéis para vedações verticais, pisos e cobertura. Em seguida, os painéis são transportados para o canteiro de obras, com vãos (janelas e portas) e espaço para passagem de instalações previamente recortados em fábrica. Com o auxílio de guindastes, os elementos são içados até sua posição definitiva na edificação. Em seguida, carpinteiros utilizam conectores metálicos e parafusos para executar as ligações.

O CLT foi desenvolvido na Suíça no começo dos anos 90, mas foi na Áustria que se desenvolveu tal como usado hoje. Tratando-se somente de CLT, de 1996 a 2008, sua produção cresceu 860% na Europa. Na Europa Central a produção de CLT já é a 2ª mais importante dentre os produtos beneficiados de madeira (Figura 1). Os países que lideram o uso de CLT atualmente são Áustria, Alemanha, Suíça, Suécia, Noruega e Reino Unido. Dentre os principais fornecedores de CLT no mercado internacional, destacam-se: KLH, Stora Enso, Binderholz, Martinsons e Moelven (CRESPEL; GAGNON, 2010).

Figura 1 - Gráfico sobre a evolução do CLT na Europa Central (1.000 m³)



Fonte: Schickhoper (2010) apud Passareli (2013)

O CLT pode ser empregado em diversos tipos de edifícios, para construções novas e em obras de retrofit. A utilização da tecnologia do CLT para reabilitação de edifícios apresenta vantagens como peso próprio da estrutura reduzido; compatibilidade com outros materiais e componentes construtivos; estrutura esbelta, proporcionando ganho na área e altura disponíveis; obra seca e pré-fabricada; capacidade de contraventamento do edifício para esforços horizontais; além da rapidez de intervenção.

A construção de edifícios em CLT pode ser realizada a partir da montagem em canteiro de painéis pré-fabricados, ou de módulos tridimensionais montados na fábrica e posicionados no canteiro (construção modular), podendo proporcionar ganho de velocidade e qualidade à construção de edifícios, tanto de média altura (6-10 pavimentos), quanto de elevada altura (até 150m), quando combinada com núcleo de concreto armado. No entanto, a tecnologia exige adequação dos projetos às exigências impostas pelo componente, devendo-se antecipar o detalhamento do projeto, dado

que os painéis são fabricados seguindo especificações previamente definidas.

3.1 Processo de fabricação

O processo de fabricação dos painéis inicia-se com a secagem e tratamento biológico da madeira, contra organismos xilófagos. Para que as pranchas atinjam as dimensões necessárias, são utilizados encaixes tipo macho-fêmea para posterior montagem do painel com utilização de adesivo. O tempo máximo para a disposição das camadas não pode exceder 25 minutos, pois esse é o tempo para que o poliuretano inicie seu período de cura.

Além de colagem, também podem ser utilizados pregos ou cavilhas de madeira. Como as madeiras são classificadas eletronicamente com relação à presença de trincas e nós, são empregadas madeiras de melhor qualidade nas camadas que serão utilizadas no sentido de maior solicitação estrutural, o que diminui o desperdício de madeira, dado que praticamente todas as pranchas podem ser utilizadas.

O fator crítico do processo de fabricação é a correta prensagem, que necessita ser homogênea. Existem prensas a quente que visam a acelerar o processo de secagem do adesivo e diminuir o tempo de produção. Após a prensagem, são realizados acabamentos com plainas e lixas, para posterior usinagem, quando são realizados cortes nos tamanhos exatos, feitos por serra controlada numericamente por computador (CNC), garantindo qualidade e precisão do produto final. Após a usinagem é realizado o controle de qualidade, testando-se a resistência à flexão e ao cisalhamento e delaminação dos painéis.

Não há padronização no tamanho dos painéis, que variam de acordo com o tamanho das prensas utilizadas pelos fabricantes. Porém, os painéis mais frequentemente encontrados possuem larguras de 0,60 m, 1,20 m, 2,40 m e 3,00 m. A espessura dos painéis pode chegar a 50 centímetros. As dimensões dos painéis não devem exceder à regulamentação local para transporte de carga. No caso do Brasil, o CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito) autoriza o transporte de cargas em veículos com as dimensões máximas: largura de 2,60m; altura de 4,40m e comprimento total para veículos não-articulados de 14,00m.

Antes do transporte, todas as peças são identificadas com um código numérico, com a finalidade de serem identificadas facilmente no canteiro, e embaladas para que não sejam danificadas durante o transporte até o local de montagem. Para o transporte, os elementos com pouca ou nenhuma usinagem são carregados na horizontal, proporcionando melhor aproveitamento do espaço disponível no caminhão, enquanto elementos com muita usinagem são transportados na vertical, pois, devido às aberturas, resistem menos aos esforços quando solicitados na posição horizontal.

3.2 Processo construtivo

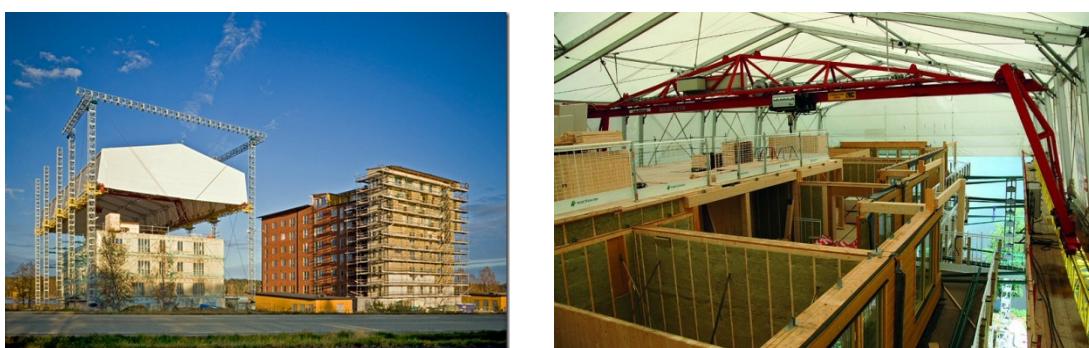
O processo construtivo utilizando painéis em CLT é caracterizado por maior precisão, maior velocidade de execução, maior segurança, equipe técnica enxuta, menor incômodo à vizinhança e menor desperdício.

Nas construções com painéis pré-fabricados de CLT, todos os componentes, dispostos na horizontal (lajes) ou na vertical (vedações), são portantes e responsáveis pela distribuição uniforme das cargas. Aponta-se como vantagem desse tipo de construção a distribuição econômica das cargas. Como limitação, é apontada a grande compartimentação necessária, porém, essa é adequada para alguns tipos de edifício, como habitacional ou hotel. Nesses casos, são adotadas barreiras acústicas entre apartamentos. É possível executar estruturas independentes do edifício para escadas, circulações horizontais e varandas, que podem ser em concreto armado ou estrutura metálica, por exemplo; ou mesmo com o próprio sistema CLT.

Nas construções com módulos tridimensionais formados por painéis de CLT, estes também são portantes e ocorre a distribuição linear das cargas. Como vantagem desse sistema construtivo, toda a montagem dos painéis, inclusive seu acabamento, é realizada no ambiente controlado de fábrica, restando para fase de execução no canteiro o posicionamento dos módulos, as ligações com fundações e redes principais de instalações prediais. Deixa-se uma câmara de ar entre células, o que contribui para o isolamento acústico entre ambientes. Como desvantagem, têm-se: elevado investimento para implantação de uma fábrica de módulos tridimensionais e dificuldade de otimização dos custos com transporte, pois necessariamente haverá transporte de "ar" dentro dos módulos (o transporte é calculado em volume).

No transporte até o canteiro e durante a construção, os painéis em CLT devem ser protegidos contra a umidade. Na Europa, chega-se a construir tendas temporárias, que sobem com o avanço da execução dos pavimentos (Figura 2). O cuidado na proteção contra a umidade evitará problemas relacionados à variação dimensional do painel e em suas juntas, bem como descoloração e sujidades nos mesmos.

Figura 2 - Proteção temporária contra a umidade na fase de execução



Fonte: Karacabeyli e Douglas (2013)

A fase de montagem em canteiro segue um plano com a numeração dos componentes e sua sequência de montagem. Nessa fase, os painéis ou módulos são ligados por meio de sistemas de fixação mecânica, tais como conectores metálicos e parafusos.

Na fase de estudo de viabilidade do projeto devem ser planejados o transporte dos painéis pré-fabricados em CLT, como serão armazenados no canteiro e como ocorrerá seu manuseio e movimentação (Figura 3). A depender das dimensões dos painéis, o transporte pode apresentar custo elevado e necessidade de serviços especializados. Limitações de área em canteiro ou regulamentações locais também podem restringir a adoção da tecnologia construtiva do CLT em um empreendimento.

Figura 3 - Movimentação de módulo em CLT no canteiro

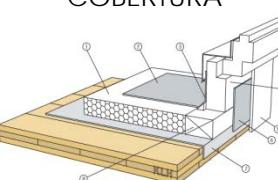


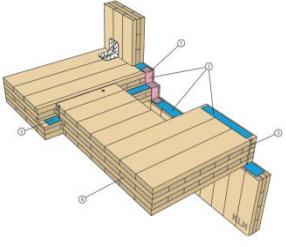
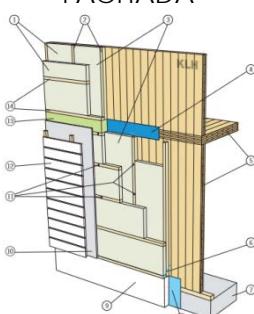
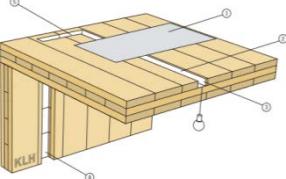
Fonte: Karacabeyli e Douglas (2013)

3.3 Características das construções com painéis em CLT

No Quadro 1 foram relacionadas características das construções com painéis em CLT.

Quadro 1 - Características das construções com painéis em CLT

 <p>COBERTURA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pode-se aplicar material impermeabilizante diretamente sobre o painel em CLT, para construção de telhados com pequena inclinação (membranas tipo TPO, EPDM ou PVC). • Entre o painel em CLT e a camada de isolamento termo-acústico, recomenda-se o uso de membrana impermeável à água, que permita a passagem do ar e da umidade na forma de vapor.
--	---

VEDAÇÕES EXTERNAS E INTERNAS 	<ul style="list-style-type: none"> Os painéis em CLT admitem diversos tipos de revestimento e podem, inclusive, vir pintados de fábrica. O corte das aberturas dos vãos de portas e janelas é realizado em fábrica utilizando máquinas CNC, a partir do painel acabado. Recomenda-se a padronização em projeto dos tamanhos de painel de vedação externa e interna, bem como dos painéis utilizados como laje. Geralmente, os painéis são unidos com fixação mecânica em intervalos regulares para evitar cargas concentradas. Um projeto em CLT deve ter suas ligações completamente detalhadas.
FACHADA 	<ul style="list-style-type: none"> Por trás dos revestimentos de fachada pré-fabricados, recomenda-se o uso de membrana impermeável à água, que permita a passagem do ar e da umidade na forma de vapor. Podem ser adicionadas camadas de isolamento termo-acústico entre o painel em CLT e o revestimento de fachada. Devem ser empregadas fitas especiais nos encontros entre painéis para garantir a estanqueidade.
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS 	<ul style="list-style-type: none"> As instalações prediais podem ser embutidas em canaletas no painel em CLT cortadas em fábrica. Porém, a resistência da parede pode ser significativamente reduzida (até 30%) devido à grande quantidade de canaletas. Portanto, as canaletas devem ser consideradas no cálculo estrutural. Deve-se evitar a passagem de instalações nos painéis que dividem apartamentos, devido à redução do isolamento acústico. As canaletas podem ser substituídas por paredes hidráulicas em drywall (sobrepostas ao painel), ou pelo uso de eletrodutos aparentes para distribuição das instalações elétricas.

Fonte: KLH (2014)

4 OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO CLT NO BRASIL

4.1 Produção madeireira

A pesquisa de Passarelli (2013) revela o quadro da produção madeireira no Estado de São Paulo, comparando-o com a produção austríaca. Ao contrário do que acontece na Áustria, as florestas plantadas no Estado de São Paulo, em sua maioria, são constituídas de Eucalyptus (80%), espécie utilizada na produção de papel e celulose; e Pinus (20%), espécie utilizada na produção de PMVA (produtos de maior valor agregado), laminados e madeira serrada. Atualmente, no Brasil, a produção de madeira serrada recebe menos investimentos do que a indústria de papel e celulose, e por isso emprega mais mão de obra e opera com menor mecanização e automação. Em escala nacional, a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2016) afirma que dos 7,74 milhões de hectares de árvores plantadas de eucalipto,

pinus e demais espécies (acácia, araucária, paricá e teca), a maior parte (34%) é destinada para a indústria de papel e celulose.

Segundo Passarelli (2013), apesar do Estado de São Paulo apresentar quatro vezes o tamanho do país europeu em área, possui cobertura florestal apenas 1,5 vezes maior. Além disso, a Áustria apresenta aproximadamente três vezes mais área dedicada à exploração de PFM (produtos florestais madeireiros), quando comparada ao Estado de São Paulo. Porém, mesmo com área restrita para a exploração de PFM, anualmente é produzido um significativo volume de toras de madeira (4 a 6 vezes maior do que as florestas austríacas), graças às boas condições climáticas do país, que resultam em elevada taxa de incremento anual.

Dessa forma, o autor conclui que o Brasil apresenta condições favoráveis para exploração de recursos madeireiros, particularmente, espécies de plantios florestais de rápido crescimento, como o Pinus.

4.2 Custos

Segundo o fornecedor de painéis KLH, em geral, o edifício em CLT custa 30% a mais do que o de estrutura de concreto armado. No entanto, a avaliação dos custos deve abranger outras questões, como redução do prazo de obra, por exemplo. No caso do Edifício "The Stadthaus", em Londres, o prazo de execução do empreendimento foi reduzido de 66, com utilização de concreto armado, para 49 semanas, com utilização de CLT, ou seja, redução de 17 semanas (YATES et al., 2008). Outro resultado obtido nesse empreendimento refere-se à redução da carga de carbono em 300.000 kg, o que compensa o consumo de energia na operação do edifício por 20 anos (15.000 kg/ano).

Pan e Sidwell (2011) discutem em seu artigo custos envolvidos no processo construtivo desenvolvido em fábrica (*offsite construction*). Segundo os autores, os benefícios da construção fora do canteiro têm sido amplamente estudados e abordam reduções de: tempo, defeitos, riscos à saúde e segurança do operário, impacto ambiental e custo ao longo da vida útil do edifício. Tais benefícios resultam em aumento da previsibilidade, produtividade, desempenho ao longo da vida útil e rentabilidade. No entanto, a adoção de um processo construtivo desenvolvido em fábrica é inibida, principalmente, pela disseminação da ideia de que o custo (real ou percebido) é mais elevado em comparação com soluções construtivas tradicionais. Para os autores, a redução de custos não ocorre automaticamente ao adotar tecnologia offsite, mas requer um compromisso de longo prazo das organizações e uma contínua exploração da tecnologia offsite, em colaboração com suas cadeias de suprimentos.

4.3 Empresa em processo de implementação do CLT no Brasil

As autoras visitaram uma empresa situada em Curitiba, com experiência na construção de habitações em madeira maciça e steel frame. Apesar de atuar no mercado de construção em madeira desde a década de 90, nos

últimos anos, a empresa buscou uma alternativa ao pinus autoclavado que incorporasse alto grau de industrialização. Decidiu-se incorporar o CLT ao portfólio por ser uma tecnologia bem sucedida na Europa e com a qual tiveram experiência anterior de sucesso, atuando no mercado português.

O objetivo da empresa é produzir casas modulares pré-fabricadas em CLT. Ela conta com um departamento técnico de engenharia e arquitetura, que personaliza o projeto conforme a necessidade do cliente. Uma ideia bastante trabalhada é o conceito de espaços modulares, que permite à edificação "crescer" ou "diminuir" ao longo do tempo.

Com a finalidade de viabilizar financeiramente a utilização do CLT no Brasil, a empresa está em fase de pesquisa e desenvolvimento de um "CLT nacional", pois o preço para importação dos painéis produzidos na Europa inviabilizaria sua utilização no Brasil, segundo a empresária entrevistada. A busca por um substituto para o adesivo utilizado por fornecedores internacionais e a adaptação da madeira utilizada para o pinus são fatores decisivos. O produto ainda está em fase testes e melhorias para atendimento às normas brasileiras.

Do contato com a empresa, foi possível identificar as dificuldades que os empresários brasileiros do setor da construção civil encontram na implementação de novas tecnologias, dentre elas:

- Falta de incentivos governamentais, principalmente com relação aos altos custos com ensaios e equipamentos necessários para o desenvolvimento do componente;
- Encontrar e estabelecer parcerias com entidades confiáveis e gabaritadas;
- Vencer preconceitos com relação à madeira, frente a um mercado com tradição construtiva em concreto;
- Encontrar projetistas dispostos a investir no conceito de construção modular pré-fabricada, alterando seus métodos de projeto;
- Superar barreiras do financiamento de construções em madeira, uma vez que as instituições financeiras não financiam madeira, por ser um bem móvel que não pode ser tomado como garantia.

4.4 Oportunidades e desafios

A seguir estão relacionadas as principais oportunidades e desafios para utilização da tecnologia do CLT no Brasil, identificadas nesta pesquisa (Quadro 2).

Quadro 2 - Oportunidades e desafios para utilização do CLT no Brasil

Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Processo automatizado; • Aumento da produtividade e redução dos custos com mão-de-obra; • Ganho com economia de escala e alto nível de pré-fabricação dos elementos construtivos; • Redução de desperdícios tanto em fábrica quanto em canteiro; • Emprego de madeira como fonte renovável, que requer menos energia nas fases de fabricação e construção; • Contribuição para sequestro de carbono e redução de gases de efeito estufa.
Desafios	<ul style="list-style-type: none"> • Aceitação da tecnologia por projetistas, construtores e consumidores; • Grandes investimentos em infraestrutura de produção; • Requer proximidade da fábrica de CLT das áreas de reservas florestais, devido aos custos com transporte de matéria-prima (madeira serrada); • Requer projetos de produção e montagem, a exemplo de segmentos industriais, para permitir execução dos diversos elementos em fábrica; • Criação de padrões e normas específicas; • Aceitação da inovação tecnológica do CLT por parte das instituições financiadoras, sendo necessária prévia avaliação pelo SINAT do PBQP-H, um processo moroso que exige grandes investimentos pelo proponente do sistema.

Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

A tecnologia construtiva do CLT começa a despertar interesse no mercado brasileiro, tanto por suas características de industrialização, como de sustentabilidade.

Uma parte significativa do processo de produção de um edifício em CLT é desenvolvida em fábrica. Portanto, há potencial para atingir os benefícios da *offsite construction*, como reduções de prazo, defeitos, riscos à saúde e segurança do operário, impacto ambiental e custo ao longo da vida útil do edifício. Tais benefícios resultam em aumento da previsibilidade, produtividade, desempenho ao longo da vida útil e rentabilidade.

Do ponto de vista ambiental, o CLT possui vantagem significativa com relação ao concreto, dado que a construção em CLT requer menos energia durante as fases de fabricação e de construção. A madeira é o único material de construção com um balanço negativo de CO₂, ou seja, que armazena CO₂. No entanto, há dois aspectos que contradizem o apelo sustentável da tecnologia do CLT: uso de adesivo de poliuretano (PU) de fonte não renovável; e desperdício de material com recortes de portas e janelas a partir do painel acabado.

A implementação da tecnologia CLT demanda altos investimentos em maquinaria e infraestrutura de produção. Uma linha de produção quase totalmente automatizada, montada para reduzir custos individuais do produto através da produtividade, somente se justifica com grande demanda pelo produto.

Tratando-se de uma inovação tecnológica, é necessária uma prévia

avaliação do CLT pelo SINAT do PBQP-H, para que a tecnologia possa ser financiada pelo sistema financeiro. Porém, este é um processo moroso que exige grandes investimentos pelo proponente do sistema.

Além disso, é fundamental a criação de normas específicas, que considerem questões de desempenho, para regulamentar o uso dessa solução no Brasil.

Finalmente, o presente estudo permitiu um maior conhecimento sobre a tecnologia do CLT. Foram apresentadas as principais vantagens e desafios para sua implementação no Brasil, que dependerá do envolvimento dos diversos agentes da cadeia produtiva da construção civil para tornar-se uma realidade no país.

REFERÊNCIAS

COSTA, A. A. P. **Construção de Edifícios com Cross Laminated Timber (CLT)**. 2013. 129 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Porto, Departamento de Engenharia, Porto, 2013.

CRESPEL, P.; GAGNON, S. **Cross Laminated Timber: a Primer**. Special Publication 52, FPInnovations, 2010.

IBÁ, Brasília (DF). Apresenta informações sobre a cadeia produtiva de árvores plantadas. Disponível em:<<http://iba.org/>> Acesso em: 10 jun. 2016.

KARACABEYLI, E.; DOUGLAS, B. **CLT Handbook**: cross-laminated timber. U.S. Editem. FPInnovations, 2013.

KLH, Reino Unido. Apresenta informações e imagens do fornecedor de painéis em CLT. Disponível em: <<http://www.klhuk.com>> Acesso em: 17 jug. 2014.

PAN, W.; SIDWELL, R. Demystifying the cost barriers to offsite construction in the UK. **Construction Management and Economics**, n. 29, p. 1081-1099, nov. 2011.

PASSARELLI, R. N. **Cross-Laminated Timber**: diretrizes para projeto de painel maciço em madeira no Estado de São Paulo. 2013. 192 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

YATES, M. et. al. **Design of an 8 storey Residential Tower from KLH Cross Laminated Solid Timber Panels**. 2008. Disponível em: <http://www.ewpa.com/Archive/2008/june/Paper_299.pdf> Acesso em: 01 jul. 2014.