VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
A inovação e o desafio do projeto na sociedade: A qualidade como alvo
Londrina, 17 a 19 de Novembro de 2021

CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA E ESTRUTURAL COM MADEIRA RECONSTITUÍDA [1]

ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL DESIGN WITH STRUCTURAL COMPOSITE LUMBER (SCL)

LAVERDE, Albenise (1); BARBOSA, Maria Clara R.

(1) Universidade Federal de Uberlândia – UFU, albenise.laverde@ufu.br

(2) Universidade Federal de Uberlândia – UFU, mariacrbarbosa@hotmail.com

RESUMO

O desenvolvimento de novas possibilidades construtivas com materiais tradicionais tem sido crescente ao longo dos últimos anos, principalmente, quando direcionado à utilização de matérias-primas de baixo impacto ambiental, como a madeira. O presente trabalho tem por objetivo analisar os principais avanços tecnológicos envolvendo a madeira reconstituída, com a identificação de diferentes técnicas atualmente disponíveis e seu potencial de aplicação como elemento estrutural (SCL- Structural Composite Lumber). A partir da pesquisa bibliográfica e documental em diferentes fontes científicas, foram observados que a maioria dos avanços encontram-se no contexto internacional e estão direcionados ao desenvolvimento de novos adesivos, aditivos e processos de usinagem, em que as particularidades de processamento caracterizam a grande variedade de produtos encontrados com a madeira reconstituída, ampliando as possibilidades de aplicação para finalidades cada vez mais complexas.

Palavras-chave: *construções em madeira, arquitetura em madeira, madeira reconstituída, estrutura em madeira reconstituída.*

ABSTRACT

The development of new constructive possibilities with traditional materials has been growing over the last few years, especially when directed to the use of raw materials with low environmental impact, such the wood. This work aims to analyze the main technological advances involving SCL- Structural Composite Lumber, with the identification of different techniques currently available and their potential application as structural element. From the bibliographical and documentary research in different scientific sources, it was observed that many advances are in the international context and are directed to the development of new adhesives, additives and machining processes, in which processing particularities characterize the wide variety of products found with SCL, expanding the application possibilities for increasingly complex purposes.

Keywords*: Timber constructions, Timber architecture, Structural Composite Lumber, Structure in wood-based*

[1] LAVERDE, Albenise; BARBOSA, Maria Clara, R. Concepção Arquitetônica e Estrutural com madeira reconstituída. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO, 7., 2021, Londrina. **Anais**... Londrina: PPU/UEL/UEM, 2021. p. 1-10. DOI https://doi.org/10.29327/sbqp2021.438071

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos os avanços tecnológicos envolvendo o desenvolvimento de novos materiais tem sido notório e surgem como resposta às novas demandas da construção civil, como a utilização de matérias-primas de fontes renováveis e o aperfeiçoamento do desempenho técnico dos componentes construtivos. A madeira além da vantagem de ser um material ambientalmente sustentável – de fonte renovável e de baixo consumo energético no processo de usinagem - apresenta bom desempenho mecânico, térmico, acústico, entre outros, conferindo-lhe grande versatilidade. Dentre as diferentes técnicas com materiais compósitos de madeira (CLT – Cross Laminated Timber; MLC – Madeira Lamelada Colada; Painéis de madeira com derivados, etc) está a madeira reconstituída para fins estruturais, também conhecida como SCL (Structural Composite Lumber), com ampla disponibilidade de produtos e possibilidades de aplicação cada vez mais complexas.

De acordo com Ozelton e Baird (2008) e APA (2019) a madeira reconstituída voltada a finalidades estruturais ou SCL (Structural Composite Lumber) é uma classe de produtos de madeira desenvolvidos pela estratificação de lâminas de madeira e partículas de diferentes tamanhos em associação a adesivos resistentes à umidade, formando placas ou blocos, que são subsequentemente processados em tamanhos específicos.

Ainda segundo os autores, o SCL (Structural Composite Lumber) inclui o LVL *(Laminated Veneer Lumber)*, o PSL *(Parallel Strand Lumber)*, o LSL *(Laminated Strand Lumber)* e OSL *(Oriented Strand Lumber)* têm, geralmente, as fibras de cada camada dispostas prioritariamente na mesma direção. Embora esta consideração, outros derivados confeccionados com fibras dispostas de forma cruzada (na forma de painéis) também podem ser direcionados para a confecção de elementos estruturais, com a adoção de adesivos especiais e em associação a com outros materiais, como o compensado e o OSB (Oriented Strand Board), aplicados em vigas perfil I ou caixão.

Os produtos de madeira reconstituída ou derivados de madeira se apresentam como uma alternativa interessante ao uso da madeira maciça e oferecem vantagens para determinadas aplicações. Entre essas vantagens está o fato de que os derivados possibilitam a utilização quase completa da matéria-prima, com o controle maior sobre as propriedades físicas e mecânicas do material, não havendo muitas restrições quanto ao tempo de reflorestamento da espécie[2], com poucas limitações de dimensão das peças.

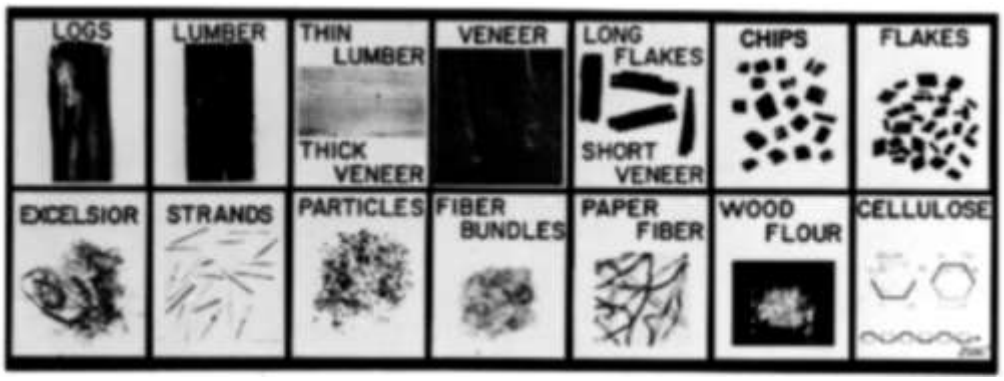
De acordo com Stark et al (2010), quanto ao processo de fabricação dos produtos de derivados de madeira, defeitos encontrados na madeira serrada como nós, se tornam irrelevantes e não interferem no desempenho do produto final e promovendo grande estabilidade dimensional, pois a madeira utilizada já passou pelo processo de secagem antes da fabricação. No processamento as toras são transformadas em lâminas e partículas que formam diferentes painéis ou blocos. A matéria-prima base que formam os painéis podem apresentar diferentes tamanhos e formatos (Fig 1) que determinam o produto a ser fabricado e o seu desempenho.

Segundo Iwakiri (2005) à medida que as toras são convertidas em elementos menores, com a redução do comprimento, largura e espessura, as características do produto final e processo industrial serão diferenciados, como: maior

[2] Geralmente são utilizadas espécies provenientes de plantios florestais, destacando-se no contexto nacional diferentes gêneros das espécies de pinus e eucalipto.

formabilidade; decréscimo da relação resistência / peso; aumento da homogeneidade e isotropia; decréscimo de requisitos quanto a qualidade da matéria-prima; maior influxo de capital;

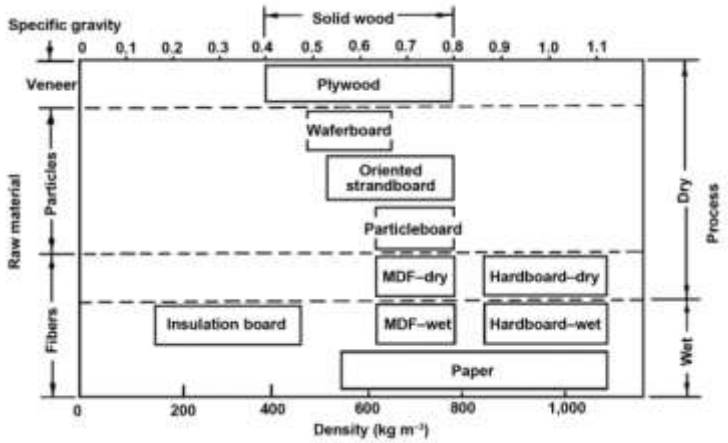
Figura 1 – Característica da matéria-prima de base para a confecção dos painéis com derivados – apresentados de acordo com o tamanho.



Fonte: YOUNGQUIST, 1999.

Uma maneira de classificação dos derivados seria com base em características como densidade, matéria-prima e método de fabricação do material (Fig 2). Para Stark et al (2010), as propriedades destes produtos podem ser transformadas alterando o tamanho e a geometria dos elementos e também, combinando, reorganizando ou estratificando elementos, a partir de métodos e processos adequados para cada tipo de produto e finalidade de uso.

Figura 2 - Classificação de painéis compostos de madeira por tamanho de partícula, densidade e processo de fabricação.



Fonte: STARK et al., 2010.

Para Kollmann, Kuenzi e Stamm (1975), os adesivos proporcionaram um papel importante no desempenho dos componentes em madeira e permitem a fabricação de construções cada vez mais complexas, unificando matérias-primas de diferentes configurações e tamanhos, desde tábuas (MLC), como lâminas, partículas ou fibras. Segundo os autores, dificilmente algum material à base de madeira - exceto madeira maciça e madeira flexível - seria confeccionado sem submissão ao processo de colagem.

A ampliação do uso dos derivados da classe dos SCL na forma de elementos construtivos com caráter estrutural é uma realidade crescente no contexto

internacional e está diretamente ligada ao desenvolvimento tecnológico dos insumos constituintes destes produtos como colas, aditivos, etc. Este cenário se revela ainda tímido e incipiente no contexto nacional, principalmente, na produção arquitetônica e estrutural que explore estes produtos de forma não convencional (tipologias diferenciadas). Diante disso, o presente trabalho tem como principal objetivo contribuir para ampliar os estudos sobre as possibilidades construtivas da madeira reconstituída (SCL- Structural Composite Lumber) na arquitetura, com especial atenção à sua aplicação como elemento estrutural. Para isso, foi realizado o levantamento de diferentes obras contemplando o período compreendido entre a década de 1990 até os dias atuais, na intenção de evidenciar o contínuo aperfeiçoamento e disponibilidade de derivados ao longo dos anos e sua relação com as novas demandas da construção civil e avanços tecnológicos.

2 PRINCIPAIS TIPOS DE PRODUTOS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA E SUA APLICAÇÃO COMO COMPONENTE ESTUTURAL

O trabalho de Herzog et al. (2004), sinaliza o promissor campo de aplicação da madeira reconstituída em formas cada vez mais complexas e em diferentes tipologias estruturais. Além disso, o acervo catalográfico analisado revela que a ousadia e avanços nesta área específica iniciaram há várias décadas, e vem aumentando cada vez mais o distanciamento existente entre a produção nacional e internacional. Este cenário também é visto no contexto latino-americano a partir do trabalho de Arredondo e Holzapfel (1990), em que a produção científica no Chile também tem atingido avanços significativos.

O Item 2.1 apresenta a síntese da pesquisa, após análise geral dos principais tipos de derivados de madeira atualmente disponíveis, com a identificação daqueles passíveis de serem aplicados com função estrutural. Os dados foram organizados por meio de classes: laminados e particulados.

2.1 Laminados

2.1.1 Compensados

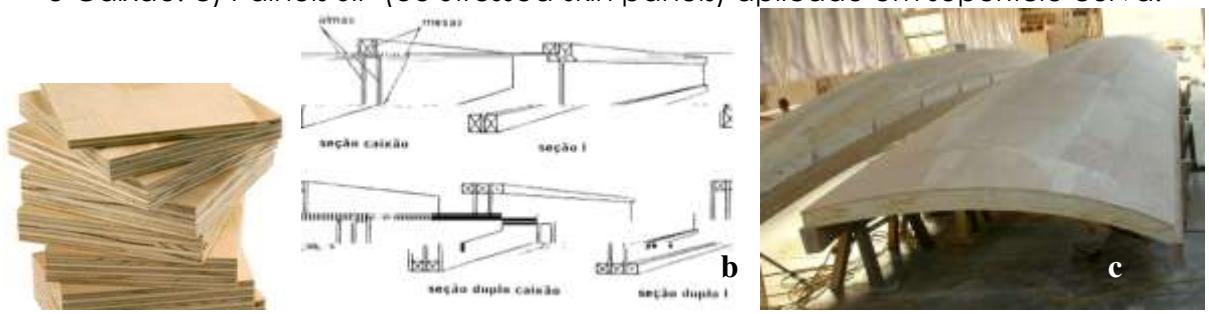
O compensado é um tipo de painel fabricado a partir de lâminas de madeira que são unidas umas às outras no sentido perpendicular por meio de adesivos ou colas. Segundo Zenid (2009), as lâminas são organizadas em número ímpar, de forma alternada, o que garante maior estabilidade e possibilita que algumas propriedades físicas e mecânicas sejam superiores às da madeira sólida. Pode ser usado com finalidade estrutural em conjunto com outros materiais, como na confecção de vigas perfil I pré-fabricadas, viga caixão e painéis do tipo stressed-skin (fig. 3c). No caso das vigas perfil I, o compensado é utilizado como alma, enquanto outros materiais mais resistentes, como a madeira maciça ou LVL, são usados como mesas (Fig. 3b).

No caso de sua utilização como painéis SIP (Stressed-skin panels), o núcleo é composto por espuma de poliestireno ou poliuretano e o compensado[3] aplicado em ambos os lados, fixados com adesivo de alta resistência. Alguns modelos mais recentes de SIP apresentam núcleo de madeira, sendo este quadro revestido com chapas de derivados da madeira, como o compensado. A estrutura do SIP atua de forma monolítica, diferentemente de uma construção com sistema tradicional, em que são necessárias várias conexões para formar a estrutura. Isso faz com que a

[3] As placas de OSB também podem ser utilizadas na confecção dos painéis SIP (Stressed-skin panels).

estrutura de SIP seja duas vezes mais resistente, de acordo com Wright (2011) e com desempenho térmico muito satisfatório.

Figura 3 – Sequência de imagens com possibilidades de aplicação estrutural do compensado. a) Placas de compensado. b) Vigas de seção simples e dupla: Perfil I e Caixão. c) Painéis SIP (ou Stressed-skin panels) aplicado em superfície curva.

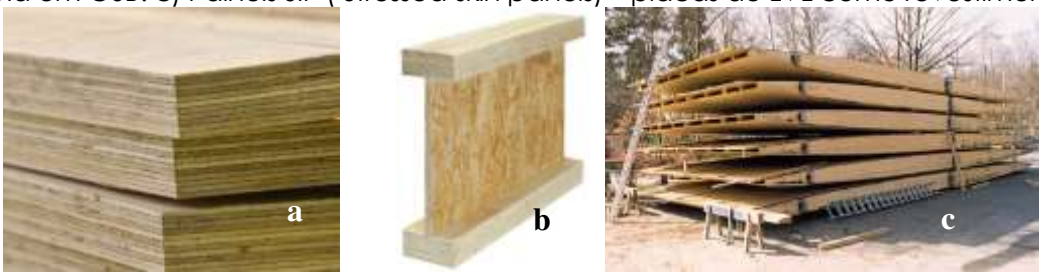


Fonte: a) http://movetalhe.blogspot.com/2010/06/conhecendo-materiais-compensados.html. Acesso em: 28 nov. 2020. b) Magalhães, 2005. c) https://structurecraft.com/materials/structural-panels/stressed-skin. Acesso em: 19 nov. 2020.

2.1.2 LVL (Laminated Veneer Lumber)

Trata-se de um derivado composto por lâminas de madeira posicionadas todas no mesmo sentido de acordo com a orientação das fibras e coladas por adesivos fenólicos. O processo de fabricação do LVL possibilita a criação de painéis de diferentes dimensões e excelente resistência mecânica, podendo alcançar valores superiores aos da madeira sólida. A montagem de elementos estruturais com várias lâminas coladas dispersa os defeitos de nós e outros defeitos naturais que comprometem a resistência, pois torna o produto mais uniforme que a madeira serrada (MATOS, 1997). Dessa forma, o LVL é bastante utilizado para fins estruturais, como em vigas Perfil I compostas (Fig 4b), pois tem ótima resistência mecânica.

Figura 4 - Sequência de imagens com possibilidades de aplicação estrutural do LVL (Laminated Veneer Lumber). a) Placas de LVL. b) Vigas de seção Perfil I – Mesa em LVL e alma em OSB. c) Painéis SIP (Stressed-skin panels) – placas de LVL como revestimento.



Fonte: a) https://ultralam.com/products/laminated-veneer-lumber-lvl/. Acesso em: 19 nov. 2020. b) https://www.bischoff-schaefer.de/pt/produtos/madeira-coladas-kvh/vigas.html?L=0. Acesso em: 19 nov. 2020. c) https://pfefferkorn-ingenieure.de/html/waldau_stadion.html. Acesso em: 19 nov. 2020.

2.2 Particulados

2.2.1 OSB (Oriented Strand Board)

O OSB é um derivado composto por partículas de madeira, normalmente em partículas ou lascas, com largura e comprimento variados. Em seu processo de fabricação as partículas são distribuídas em camadas no sentido longitudinal e transversal e em

seguida são prensadas sob alta temperatura e pressão e coladas com resina termofixa. De acordo com o CWC Admin (2019), no processo de fabricação, é possível a utilização de árvores tortuosas e deformadas, sem valor comercial para outros usos. Os painéis de OSB são utilizados, principalmente, em condições livres de umidade como cobertura, parede e piso, e como componentes estruturais pré-fabricados como as vigas Perfil I, em que o OSB é aplicado como alma do componente (Fig 5b).

Figura 5 – Possibilidades de aplicação estrutural do OSB (Oriented Strand Board). a) Placas de OSB. B) Vigas Perfil I.



Fonte: a) Praktiker. Disponível em: https://www.praktiker.gr/p/osb-3-9mm-80555. Acesso em: 19 nov. 2020. B) Fonte: BENOIT, 2014.

2.2.2 PSL (Parallel Strand Lumber)

O PSL é composto por partículas longas de madeira dispostas paralelamente ao eixo longitudinal do painel (Fig 6a), tendo uma relação entre comprimento e espessura. Como descrito pelo CWC Admin (2019), as partículas são aglutinadas com adesivo à prova d'água, depois orientadas formando peças de grandes dimensões, as quais são prensadas e secas com acabamento final. O PSL possui alta resistência, rigidez e estabilidade dimensional e, dada sua resistência à flexão, é muito usado como vigas para grandes vãos, treliças, pilares para grande sobrecarga (Fig 6b), com grande potencial estético. Assim como a maioria das chapas de derivados, problemas decorrentes de defeitos naturais da madeira como nós, inclinação da grã e rachaduras, são minimizados no processo de fabricação.

Segundo Kurt et al. (2011) as propriedades físicas e mecânicas do PSL são determinadas de acordo com o tipo de adesivo usado. Segundo Nelson (1997), apud Kurt et al. (2011), adesivos estruturais à prova d'água (tipicamente fenol resorcinol formaldeído) são usados na fabricação de PSL para aplicações estruturais em condições externas.

Figura 6 – Possibilidades de aplicação estrutural do PSL (Parallel Strand Lumber). a) Viga em PSL. b) Pilar de seção descontínua circular. c) Aplicação em pilar com conexão ramificada.



a **c**

Fonte: a) CecoBois, 2015. b) Structure Craft. Disponível em: https://structurecraft.com/materials/engineered-wood/parallel-strand-lumber. Acesso em: 19 nov. 2020. c) Structure Craft. Disponível em: https://structurecraft.com/projects/lafayette-library-roof. Acesso em: 28 nov. 2020.

2.2.3 LSL (Laminated Strand Lumber)

O LSL é um derivado composto por partículas de espessura que variam entre 0,6 a 1,3 mm, tendo uma relação entre comprimento e espessura. As partículas são aglutinadas com adesivos termofixos e orientadas formando peças que são colocadas em prensas sob alta temperatura e pressão. O LSL contêm partículas de madeira em lascas dispostas paralelamente ao eixo longitudinal da peça. Defeitos naturais como nós e rachaduras são distribuídos ao longo da peça todo o material ou completamente removidos, o que faz com que o LSL seja muito resistente, retilíneo, uniforme e com baixa propensão a deformações.

Figura 7 – Sequência de imagens com possibilidades de aplicação estrutural do LSL (Laminated Strand Lumber). a) Viga em LSL. b) e c) Aplicações na forma de pórticos.



Fonte: a) European Wood. Disponível em: https:// www.europeanwood.org.cn/en/laminated-strand-lumber. Acesso em: 19 nov. 2020. b) e c) Structure Craft. Disponível em: https://structurecraft.com/projects/sait-parkade-skylight. Acesso em: 28 nov. 2020

2.2.4. OSL (Oriented Strand Lumber)

O OSL (Oriented Strand Lumber) é muito semelhante ao LSL, formado a partir de partículas de madeira, mantendo relação entre comprimento e espessura. Apesar da semelhança com o LSL, as partículas usadas na fabricação do OSL são mais curtas. São aglutinadas com adesivos e orientadas na forma de grandes painéis ou peças e prensadas sob alta temperatura e pressão. O OSL se assemelha à placa de OSB na aparência, pois ambos são fabricados a partir de espécies de madeira semelhantes e contém partículas em flocos. No entanto, diferentemente do OSB, as partículas do OSL são mais longas e dispostas paralelamente ao eixo longitudinal da peça.

Segundo Ferraz et al. (2009), pode-se afirmar que o comprimento da partícula tem um papel importante na determinação das propriedades mecânicas do painel de OSL. Devido à sua alta resistência, rigidez e estabilidade dimensional, o OSL é muito utilizado como elemento estrutural em vigas, placas de soleira e quadros de janelas.

Figura 8 – Viga em OSL (Oriented Strand Lumber)



Fonte: Canadian Wood Council . Disponível em: https://cwc.ca/how-to-build-with-wood/wood-products/structural-composite/oriented-strand-lumber/. Acesso em: 19 nov. 2020.

2.3 Aplicações híbridas

O Quadro 1 apresenta alguns exemplos de possibilidades de aplicação na forma combinada/híbrida, com a adoção de diferentes tipos de derivados em uma mesma resolução estrutural, em que cada elemento trabalha de forma solidária.

Quadro 1 – Exemplos de aplicação híbrida de derivados de madeira em projetos

Figura 9 – Rix Centre for Ocean Discoveries – 2004. Bamfield, Colúmbia Britânica, Canadá.

Autores: DeHoog & Kierulf Architects (dHKarchitects). A obra é composta por 12 cascas abobadadas em SIP (Stressed-skin Panels), apoiadas em vigas duplas de PSL (Parallel Strand Lumber). O conjunto estrutural da cobertura está apoiado sobre pilares de seção circular descontínua em PSL.



Fonte: Karmatrendz, 2011. Disponível em: https://karmatrendz.wordpress.com. Acesso em: 28 nov. 2020.

Figura 10 – Berçário Toranoko – 2016. Yamanashita, Japão.

Autores: Takashige Yamashita Office. O projeto é composto por uma sucessão de cascas irregulares de diferentes curvaturas. A estrutura é formada pela combinação de dupla camada de compensado estrutural, envolvendo a ossatura em LVL (Laminated Veneer Lumber), cortadas por meio de uma máquina CNC. O compensado e o LVL são dispostos de modo a formar um painel sanduíche.



Fonte: Designboom, 2017. Disponível em: https://www.designboom.com/architecture/takashige-yamashita-small-nursery-with-big-roof-toranoko-japan. Acesso em: 28 nov. 2020.

Figura 11 – Cobertura para estádio Waldau – 1998. Baden-Württemberg, Alemanha.

Arquitetos: Hermann + Bosch. Stuttgart. A estrutura foi concebida por segmentos de lajes em balanço. Cada placa de laje foi confeccionada na forma de sanduíche, com vigas em MLC (madeira laminada colada) como enrijecedor do painel de LVL (Laminated Veneer Lumber). Cada placa se apoia em sua extremidade em vigas metálicas conectadas a pilares metálicos em V.



Fonte: Pfefferkorn Ingenieure. Disponível em: https://pfefferkorn-ingenieure.de/html/waldau_stadion.html. Acesso em: 19 nov. 2020

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A madeira reconstituída - SCL (Structural Composite Lumber) - é uma alternativa promissora em substituição ao uso da madeira maciça, oferecendo algumas vantagens sobre esta, como a possibilidade de utilização quase completa da matéria prima, poucas restrições quanto ao tempo de reflorestamento da espécie e maior liberdade em relação às dimensões de confecção das peças.

Devido ao processo de fabricação, defeitos encontrados na madeira serrada como nós, se tornam irrelevantes e não interferem no desempenho do produto final. Os painéis ou blocos também possuem grande estabilidade dimensional. Além disso, possibilitam o emprego de diferentes espécies para sua produção, principalmente, aquelas com propriedades físicas e mecânicas inferiores em relação à madeira usada no estado maciço. A versatilidade de aplicação dos derivados vem sendo ampliada ao longo dos anos e está diretamente condicionada aos avanços tecnológicos da indústria de insumos, possibilitando conferir aos produtos propriedades e desempenho melhorado quando direcionados a aplicações mais complexas, como ocorre com os componentes estruturais.

O trabalho permitiu sistematizar os principais tipos de derivados com potencial de aplicação como elemento estrutural, assim como, possibilidades de combinação tipológica, a partir do uso de diferentes tipos de derivados em uma mesma resolução estrutural. Embora os avanços observados tanto nas pesquisas, como também, na produção arquitetônica internacional, o presente trabalho traz indicativos sobre o longo caminho a ser percorrido por estes setores no contexto nacional. Sobre isso, observa-se que as principais aplicações de derivados ainda estão direcionadas a componentes como: vedações, mobiliário, objetos, etc, sendo apenas encontrados exemplos de aplicação estrutural em vigas perfil I ou simples.

Devido ao fato de alguns derivados da classe SCL (Structural Composite Lumber) serem desenvolvidos com espécies diferentes das comumente utilizadas no país, há a necessidade da ampliação de pesquisas que adequem normas e determinadas espécies para esta finalidade. No caso do LVL (Laminated Veneer Lumber), observam-se avanços significativos neste sentido, como visto no trabalho de Nogueira (2017) e também, no setor industrial, com a implantação em 2015 da primeira indústria brasileira voltada à produção deste derivado, algo que possibilitará a viabilização de novas demandas. Porém, observa-se a necessidade de ampliação de investimentos no setor industrial voltado a insumos, o que ainda leva à necessidade de importação de alguns deles, encarecendo estes produtos e inviabilizando o desenvolvimento de sua aplicação em larga escala. Os demais tipos de derivados da classe supracitada e indicados neste trabalho (PSL, LSL e OSL) ainda não são fabricados no país.

Há, portanto, uma relação direta entre as pesquisas acadêmicas, setor industrial e profissional, diante da necessidade de formação de quadros profissionais para atuarem nesta área específica, o que impactaria em maior demanda de projetos e, consequentemente, na possibilidade de investimentos no setor industrial. Este cenário revela a necessidade de ampliar os estudos em todos os setores envolvidos, contribuindo para ampliar a utilização para outros campos além do setor moveleiro e de painéis de vedação, como o estrutural, tornando o processo de desenvolvimento mais sustentável e contínuo.

REFERÊNCIAS

APA Engineered Wood Construction Guide Excerpt: Structural Composite Lumber (SCL) Selection and Specification, dez 2019.

ARREDONDO, C. P.; Holzapfel, H. R. **Sistemas estructurales en madera**. In: Edificacion en madera, Concepción, ano 7(1991), n. 7, ed. 41, p. 1-32, 1991.

BENOIT, Y. **La maison à ossature bois par les schémas**: Manuel de construction visuel. Paris: Eyrolles, 2014. 356 p.

CWC ADMIN. Oriented Strand Board (OSB)/ Parallel Strand Lumber (PSL)/ Oriented Strand Lumber (OSL). *In*: CANADIAN WOOD COUNCIL. **How to build with wood**. Canadá. Disponível em: https://cwc.ca/how-to-build-with-wood/wood-products/panel-products.

Design and fabrication Plywood Stressed Skin Panel. APA – The Engineered Wood Association, suplement 3. 1990.

HERZOG, T. *et al*. **Timber construction manual**. 1. ed. Boston: Birkhäuser, 2004. 375 p.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology: wood based materials.** Berlin: Springer-Verlag, v. 2. 1975.

KURT, Ramazan *et al*. Manufacturing of parallel strand lumber (PSL) from rotary peeled hybrid poplar 1-214 veneers with phenol formaldehyde and urea formaldehyde adhesives. **Wood Research**, Kahramanmaras, Turkey, v. 56 (1): 2011, p. 137-144.

MATOS, Jorge Luis M. **Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de Pinus taeda**. Tese (Pós-graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

NOGUEIRA, R. S. **Proposta de um método de ensaio para controle de qualidade na produção de elementos estruturais de MLC e LVL**. Mestrado (Pós-graduação em Ciência Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2017.

OZELTON, E. C.; BAIRD, J. A. **Structural Composite Lumber**. In: Timber Designers 'Manual, Blackwell Science, 2008.

STARK, Nicole M. *et al*. Wood-Based Composite Materials: Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials. Separata de: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook**: Wood as an Engineering Material. 1. ed. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. cap. 11, p. 11-1 - 11-28.

WRIGHT, D. **Build With SIPs.** *In*: Mother Earth News. [*S. l.*], 10 nov. 2011. Disponível em: https://www.motherearthnews.com/diy/buildings/structural-insulated-panels-zm0z11zphe. Acesso em: 14 maio 2020.

YOUNGQUIST, John A. Wood-based Composites and Panel Products. Separata de: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook**: Wood as an Engineering Material. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. cap. 10, p. 10-1 - 10-31.

ZENID, Geraldo José (coord.). **Madeira**: **uso sustentável na construção civil.** 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009.