

Construções e sistemas construtivos de madeira: uma busca sistemática

Constructions and constructive systems of wood: a systematic search

Rodrigo Vargas Souza, Mestre, UFSC.

arquitetura.rodriigo@gmail.com

Resumo: As construções de madeira de floresta plantada são apontadas por cientistas e pesquisadores como alternativas para diminuir os impactos ambientais da construção civil. Nos últimos anos, se observa o aumento do número de pesquisas científicas sobre sistemas construtivos de madeira e, recentemente, foi aprovado o financiamento de habitações de interesse social com o sistema construtivo *Light Wood Frame* no Brasil. Assim, este artigo procurou identificar, com base nas publicações científicas, quais os temas mais estudados em construções e sistemas construtivos de madeira com foco no *Light Wood Frame*. Para isto, foi feita uma busca bibliográfica sistemática de construções e sistemas construtivos industrializados de madeira. A análise bibliométrica identificou artigos relevantes, temas mais pesquisados, sistemas construtivos e subsistemas mais estudados, autores e países das publicações e revistas e ano que estes foram publicados.

Palavra-chave: Sistemas Construtivos de Madeira, Busca Sistemática, *Light Wood Frame*.

Abstract: *The planted forest constructions are pointed by scientists and researchers as alternatives to reduce the environmental impacts of construction. In recent years, there has been an increase in the number of scientific researches on wood construction systems, and recently the financing of low-cost houses with the Light Wood Frame in Brazil was approved. Thus, this article sought to identify, based on scientific publications, the most studied themes in constructions and constructive systems of wood focused on the Light Wood Frame. For this, a systematic bibliographical search of constructions and industrialized constructive systems of wood was made. The bibliometric analysis identified relevant articles, most researched themes, constructive systems and subsystems more studied, authors and countries of publications and journals and year they were published.*

Keywords: *Constructive Wood Systems, Systematic Search, Light Wood Frame.*

1 Introdução

Os estudos relacionados aos impactos ambientais dos materiais de construção e dos sistemas construtivos estão cada vez mais presentes nos temas de pesquisa em Arquitetura e Engenharia de construção de edifícios nas universidades. Adicionalmente, em função das suas consequências visíveis para a população e autoridades, esta questão também opera como uma forma de pressão econômica e social, se tornando referência importante no direcionamento dos investimentos da indústria da construção civil.

Uma das alternativas apontada por pesquisadores da construção civil para diminuir a degradação do meio ambiente, dando condições de conforto aos usuários, é a utilização da madeira de floresta plantada como material de construção. Muller (2005) afirma que aumentar o uso da madeira na construção dos edifícios promove uma iniciativa direta para a diminuição do efeito estufa, pois reduziria a quantidade de CO₂ emitida, já que as

construções de madeira mantêm o gás carbônico atmosférico capturado pelas árvores armazenado em sua estrutura.

Em países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Suécia, Finlândia e Japão, as construções de madeira são utilizadas em larga escala. No primeiro, cerca de 80% das residências são construídas com o *Light Wood Frame*, o qual associa as qualidades desse material a processos industrializados de construção.

O *Light Wood Frame* é utilizado para construções de edificações de até cinco pavimentos, sendo um sistema leve, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, que permite a utilização em conjunto com diversos materiais, além de permitir rapidez na montagem e total controle dos gastos já na fase de projeto por ser industrializado (MOLINA e CALIL JUNIOR, 2010).

No Chile, o escritório de arquitetura Elemental devolveu um projeto com tipologia “metade pronta” para habitações sociais para a empresa florestal Arauco. O conjunto habitacional chamado Villa Verde foi todo construído *Light Wood Frame*, conforme a Figura 1.



Figura 1: Estrutura de madeira das Habitações do Villa Verde
Fonte: ArchDaily Brasil (2013)

No Brasil a comissão do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) aprovou a DATec nº 020 (2013) 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 2). 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 45m², incluindo 270 sobrados geminados e dez casas térreas.



Figura 2: Residencial Haragano, Pelotas (RS)

Fonte: ABDI (2015)

Segundo Espindola (2017) as pesquisas científicas e as publicações em revistas especializadas publicadas no Brasil entre 2001 e 2010 foram importantes, pois deram um primeiro embasamento técnico sobre o *Light Wood Frame* e desmostraram as adequações e possibilidades de aplicação do sistema no contexto Brasileiro. A Tabela 1 apresenta as pesquisas do sistema no meio acadêmico e a Tabela 2 apresenta as publicações em revistas especializadas.

Tabela 1: Pesquisas sobre o *Light Wood Frame* no Brasil entre 2000 e 2010

Pesquisador	Instituição	Ano	Título
Hilgenber Neto, M. F.	UFPR	2004	Estudo de viabilidade técnico/econômica da casa de madeira popular no Estado do Paraná
Santos, A.C	UFSC	2005	Pisos em sistema Leve de madeira sob ação de carregamento monotônico em seu plano
Dias, G.L.	UFSC	2005	Estudos experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema Plataforma) submetidas a força horizontal em seu plano
Palermo, C. P.; Szücs; C. A. Barth, F.; Souza, M.E.F.	UFSC/ Battistella	2006	Sistema STELLA-UFSC: avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social (coletânea habitare)
Krambeck, T.I.	UFSC	2006	Revisão de sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular
Stamato, G.C.	UNESP	2006	Projeto Educação em Madeira – Itapeva, SP
Campos, R. J. A.	UEL	2006	Diretrizes de projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias
Laroca, C.	UFPR	2007	Desenvolvimento de protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento e avaliação do desempenho termo-acústico
Souza, A. F. P.	UFSC	2010	A sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil
Espíndola, L.R.	UFSC	2010	Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios d coordenação modular e conectividade
Velloso, J.G.	UFSC	2010	Diretrizes para construção em madeira no sistema plataforma

Fonte: Adaptado de Espíndola (2017)

Tabela 2: Publicações sobre *Light Wood Frame* no Brasil entre 2000 e 2008

Revista/ editora	Data	Tema
PiniWeb	06/Novembro/2001	Feira destaca da obra seca
Téchne/Pini	Ed. 59 – Fevereiro/2002	Popular com tecnologia
PiniWeb	11/Abril/2002	Orçamento real
PiniWeb	11/Abril/2002	Passo a passo da execução do <i>light wood frame</i>
Téchne/Pini	Ed. 69 – Dezembro/2002	Do bloco ao painel
Téchne/Pini	Ed. 69 – Dezembro/2002	Casas com frame de madeira e paredes de OSB
Téchne/Pini	Ed. 69 – Dezembro/2002	Revolução industrial
Téchne/Pini	Ed. 140 – Novembro/ 2008	<i>Light wood frame</i> – construções com estrutura leve de madeira

Fonte: Espíndola (2017)

Passado mais de uma década do início do desenvolvimento do sistema construtivo *Light Wood Frame* no mercado nacional, somado a disponibilidade de financiamento do mesmo para a construção de unidades habitacionais unifamiliares e, com o crescente interesse de arquitetos, engenheiros e pesquisadores no meio acadêmico por sistemas construtivos industrializados, este artigo tem como objetivo identificar, com base nas publicações científicas, quais os temas que estão sendo estudados em construções e sistemas construtivos industrializados de madeira com foco no *Light Wood Frame*.

2 Método

Para alcançar o objetivo deste trabalho foi feito uma busca sistemática de literatura utilizando o método SSF – *Systematic Search Flow*. Segundo Ferenhof e Fernandes (2016) o método *SSF – Systematic Search Flow* foi desenvolvido com base na análise de vários cursos, artigos, métodos, *frameworks*, sistemáticas e melhores práticas que lidam com revisão de literatura e o resultado da mesma. O método *SSF* é composto por quatro fases (protocolo de pesquisa, análise, síntese e escrever) e oito atividades (estratégia de busca, consulta em base de dados, gestão de documentos, padronização e seleção dos documentos, composição do portfólio de documentos, consolidação dos dados, elaboração de relatórios e escrever), conforme Figura 3.

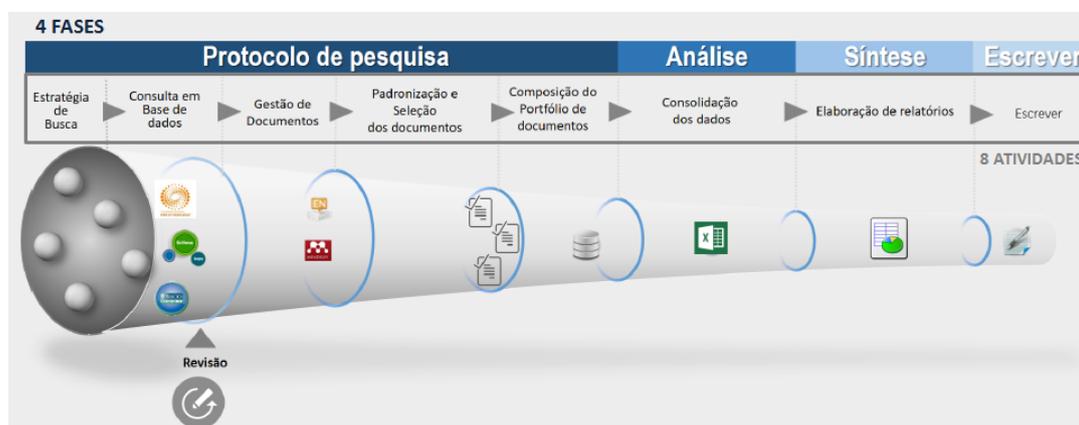


Figura 3: Representação do método *SystematicSearchFlow*

Fonte:Ferenhof e Fernandes (2016)

A estratégia de busca iniciou com o mapeamento da literatura compondo as questões de interesse desta pesquisa e definindo os critérios de inclusão e exclusão. A palavra – chave de busca (*query*) utilizada foi: ("wood frame" OR "timber construction") AND (assembly AND Building)).

Os critérios de inclusão foram todos os documentos acadêmicos encontrados nos bancos de dados Scopus, Scielo, ISI - *Web of Science* e ProQuest. Foi excluída a literatura cinza, como relatórios, livros e pesquisas não acadêmicas e, em uma etapa final, os documentos não disponíveis, com necessidade de serem pagos para obter acesso.

A busca foi feita no dia 23 de Abril de 2017, resultado em 223 artigos, sendo 95 duplicados, resultando em 153 documentos, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Artigos devolvidos pela busca nas quatro bases de dados

Base de dados	Quantidade
Scopus	63
Scielo	2
ISI Web of Science	58
ProQuest	100
Total	223
Duplicados	95
Total não duplicados	153

A gestão dos documentos coletados foi feita utilizando o software EndNote X7, importado os documentos e agrupando-os das seguintes formas: título e resumo, documentos disponíveis e não disponíveis. Após a leitura dos títulos, resumos e palavras-chaves, todos os 153 artigos foram considerados relevantes para o tema de pesquisa. O software EndNote X7 baixou 37 documentos, outros 30 documentos foram baixados por meio de pesquisa feita na internet no Google Acadêmico (25 documentos) e no Researchgate (3 documentos), os outros 88 documentos foram excluídos, pois não foram encontrados ou teriam que ser pagos para obter acesso (leitura). O portfólio final reuniu 65 documentos selecionados, estes foram lidos e todos foram considerados relevantes para a pesquisa.

Os dados obtidos foram consolidados e organizados em planilhas eletrônicas (Excel). Na próxima seção serão apresentados e discutidos os dados obtidos.

4 Resultados e discussões

Após a definição do portfólio bibliográfico, os 65 documentos serviram de base para análise deste trabalho. O artigo mais antigo foi uma publicação de 1987 e os mais recentes são de 2016, o corpus da pesquisa foi criando, principalmente, no período de 2004 a 2016, O Gráfico 1 mostra que a medida que os anos passam há um aumento da quantidade de documentos relacionados aos estudos das construções em madeira, sugerindo um crescente interesse pelo tema.



Gráfico 1: Quantidade de publicação por ano

A análise dos trabalhos mostrou que os autores são principalmente da América do Norte, O país com mais publicações foi os Estados Unidos com vinte e sete, seguido pelo Canadá com vinte e um, Alemanha e Suíça com quatro, Brasil e Eslovênia com dois e Suécia, Inglaterra, Itália, Finlândia e França com um. É sabido que em outros países também há uma grande número de pesquisas sobre produtos e edificações de madeira, porém, como a busca deu ênfase ao *Light Wood Frame*, o resultado confirma o maior número de documentos devolvidos pela busca, no continente que este sistema construtivo foi desenvolvido e tem sua maior utilização, conforme mostra o Gráfico 2.

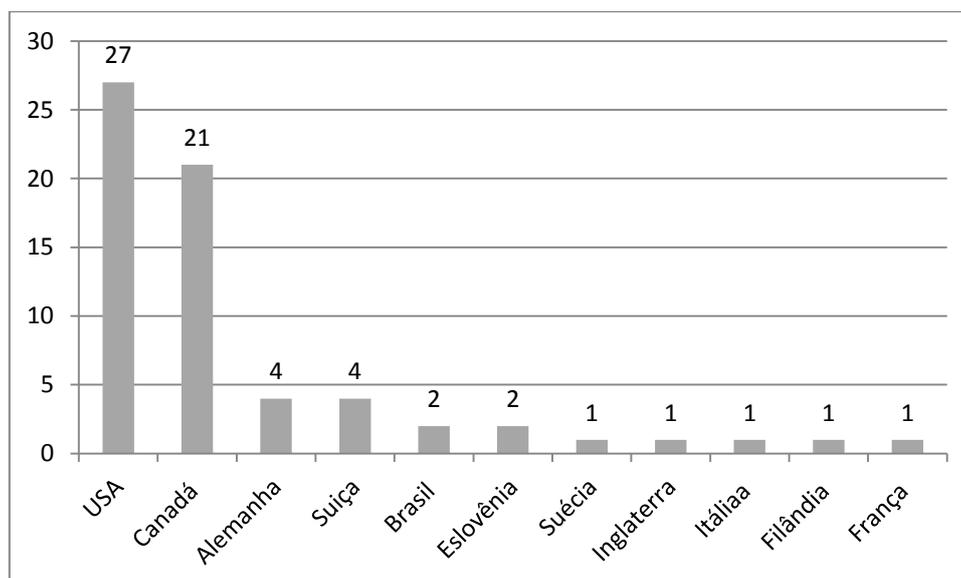


Gráfico 2: Quantidade de publicação por ano em cada país

Também foi identificado que a maior parte dos trabalhos é produto de mais de dois autores, sendo trinta e cinco artigos publicados por três ou mais autores, dezoito por dois autores e onze por um autor apenas, a Tabela 4 mostra o nome do primeiro autor e o ano de publicação dos trabalhos.

Tabela 4: Autores e ano de publicação

Autor	Ano
Awad, H. <i>et al.</i>	2014
Babrauskas, V.	2017
Barber, D.	2015
Barber, D. and Gerard, R.	2015
Bénichou, N. and Sultan, M. A.	2000
Berthier, S.	2015
Bomberg, M. and D. Onysko	2002
Buxbaum, C., <i>et al.</i>	2007
Cambiaso, F. and M. V. Pietrasanta	2014
Cuperschmid, A. R. M. <i>et al.</i>	2016
Carradine, D. M., <i>et al.</i>	2004
Dao, T. N. and J. W. van de Lindt	2012
De Araujo, V. A., <i>et al.</i>	2014
Dodoo, A. and Gustavsson, L.	2013
Doudak, G., <i>et al.</i>	2005
Frangi, A. <i>et al.</i>	2010
Frenette, C. D. <i>et al.</i>	2010
Glass, S. V. <i>et al.</i>	2015
Ham, Y. and Golparvar-fard, M.	2014
Janowiak, J. J. and B. P. Schreffler	2004
Joscak, M. <i>et al.</i>	2012
Kalamees, T., <i>et al.</i>	2010
Kirkham, W. J., <i>et al.</i>	2014
Kosny, J. and Kossecka, E.	2002
Kosny, J., <i>et al.</i>	1998
Kosny, J., <i>et al.</i>	2014
Kuzman, M. K., <i>et al.</i>	2013
Larsen, K. E. <i>et al.</i>	2011
Leskovar, V. L. and M. Premrov	2012
Leslie, N. P.	2007
Leslie, N. P. P. E.	2008
Li, Q. <i>et al.</i>	2009
Lippke, B. and L. Edmonds	2006
Lippke, B., <i>et al.</i>	2004
Lstiburek, J	2006
Lstiburek, J. W. P. P	2009

Autor	Ano
Mao, Q. <i>et al.</i>	2009
Maref, W., <i>et al.</i>	2009
Meil, J., <i>et al.</i>	2006
Morse-Fortier, L. J.	1995
Nofal, M. and M. K. Kumaran	1999
Okail, H. O. <i>et al.</i>	2010
Ott, S. <i>et al.</i>	2013
Park, S. <i>et al.</i>	2013
Pei, S. and van de Lindt, J. W.	2010
Pei, S. and van de Lindt, J. W.	2009
Quirt, J. D., <i>et al.</i>	2003
Rao, J. <i>et al.</i>	2009
Richardson, L. R. and Cornelissen, A. A.	1987
Richardson, L. R. <i>et al.</i>	2000
Rinke, M. and Gianoli, A.	2016
Robertson, A. B. <i>et al.</i>	2012
Saber, H. H. <i>et al.</i>	2011
Salzano, C. T. <i>et al.</i>	2010
Samuel V. G., <i>et al.</i>	2015
Savory, E. <i>et al.</i>	2012
Schmid, V. <i>et al.</i>	2011
Schuler, A. and C. Adair	2003
Schwartz, C. J.	2016
Sultan, M. A.	2008
Teasdale-St-Hilaire, A. and Derome, D.	2007
Thönnissen, U.	2014
Weinschenk, C. G. <i>et al.</i>	2016
Willmann, J. <i>et al.</i>	2016
Zicherman, J. B. and Eliahu, A.	1998

As revistas que publicaram sobre construções e sistemas construtivos de madeira são da área de engenharia e arquitetura, principalmente, voltadas ao desempenho ambiental e a tecnologia de materiais e componentes. A *Building and Environment* foi à revista que devolveu mais documentos na busca feita nesta pesquisa, com nove artigos, a *Fire Technology* com sete artigos, mostra a preocupação do comportamento das construções de madeira em relação ao fogo, *ASHRAE journal*, com seis artigos mostra a preocupação com a qualidade do ambiente construído. Outras revistas que devolveram uma quantidade significativa de artigos foram a *Forest Products Journal*, com cinco artigos e a *Buildings* com quatro artigos. A busca também devolveu um artigo do *27th International Wood composite Materials Symposium*, sendo os outros sessenta e quatro de revista especializadas. A Tabela 5 apresenta a origem de todas as publicações resultantes da busca feita nesta pesquisa.

Tabela 5: revistas que foram publicados os artigos

Revistas e eventos	Quantidade
27th International Wood composite Materials Symposium	1
Ambiente Construído	1
Applied Energy	1
Architectural Research Quarterly	1
Arhitektura, Raziskave	1
ASHRAE journal	6
Automation in Construction	2
Bauphysik	1
Bautechnik	3
Buildings	4
Building and Environment	9
Building Serv. Eng. Res. Technol	1
Building Simulation	2
Canadian Acoustics	1
Construction History	1
Durability of Building Materials and Components	1
Earthquake Engineering and Structural Dynamics	1
Energy and Buildings	1
Engineering Structures	1
Fire and Materials	1
Fire Science Reviews	1
Fire Technology	7
Forest Products Journal	5
IACSIT International Journal of Engineering and Technology	1
Journal of Asian Architecture and Building engineering	1
Journal of performance of constructed facilities	1
Journal of Structural Engineering	3
Journal of Thermal Envelope and Building Science	1
National Research Council Canada-Institute for Research in Construction	1
Natural Hazards	1
Nexus Network Journal	1
Revista de la Construcción 1	1
Visualization in Engineering	1

O sistema construtivo que mais apareceu na busca desta pesquisa foi o *Light Wood Frame* com trinta e sete documentos devolvidos, já que a busca foi direcionada para este sistema construtivo. A busca também resultou em três artigos sobre madeira laminada colada, dezesseis estudos sobre sistemas construtivos genéricos de madeira ou que tratavam, especificamente, sobre madeira como material de construção, oito estudos sobre

sistemas construtivos híbridos e um sobre sistemas construtivos de estruturas recíprocas, conforme mostra o Gráfico 3.

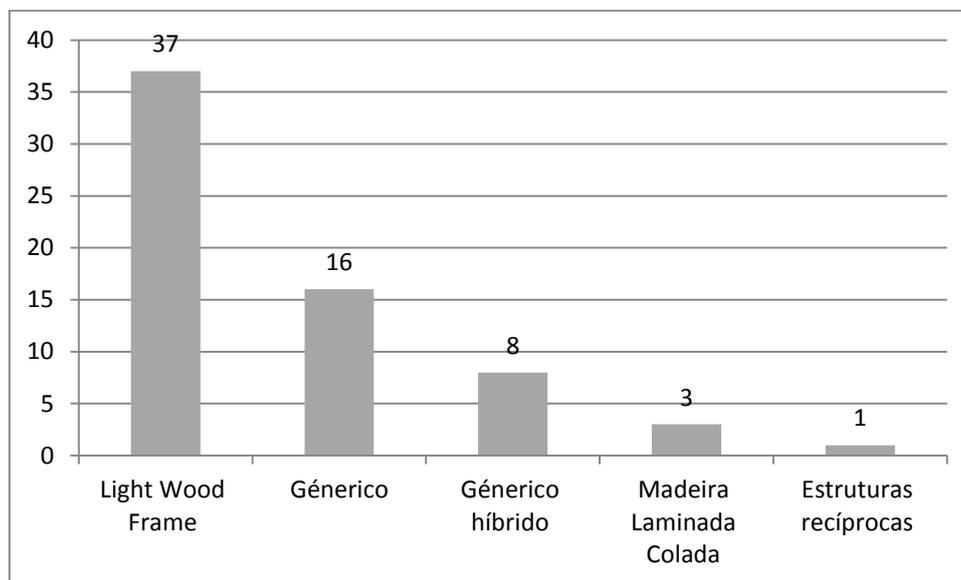


Gráfico 3: Sistemas construtivos encontrados nesta pesquisa

Já o subsistema mais estudado foi à parede com vinte e um documentos, seguidos por parede e cobertura juntas com cinco, piso com quatro, cobertura e aberturas com dois e fundação com um. Os artigos que estudavam a edificação como um todo, foram a maior parte, com trinta documentos encontrados, conforme Gráfico 4.

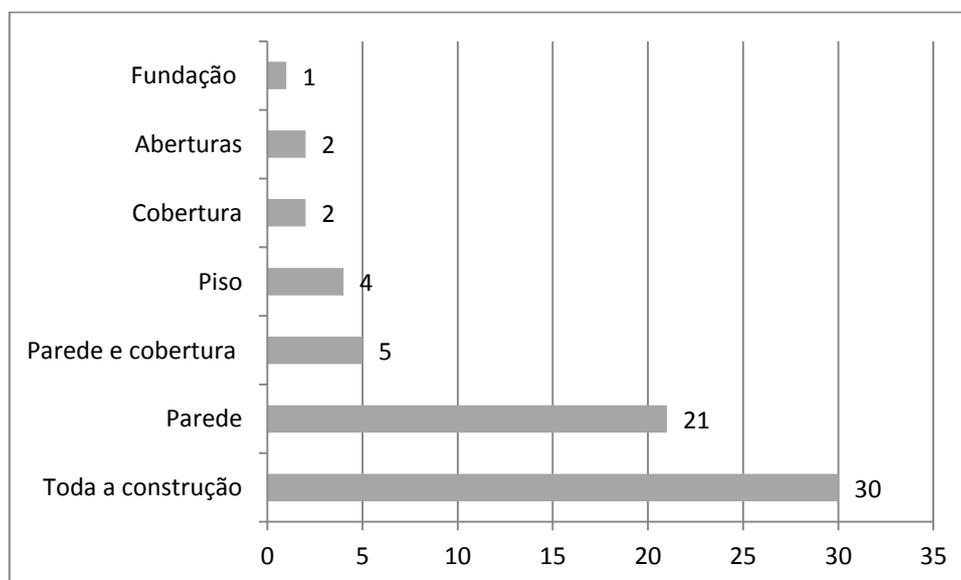


Gráfico 4: Subsistemas estudados nesta pesquisa

Os temas mais estudados foram referentes ao desempenho ao fogo e ao desempenho térmico estrutural. O NRC - Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá desenvolveu modelos térmicos e estruturais para o *Light Wood Frame*, em colaboração com a indústria

madeira canadense. Estes modelos incluem: padrão versus curvas de fogo em tempo real, estudos experimentais, resistência ao fogo disponível, detalhamento de projetos e a identificação de suas limitações, carbonização da madeira e propriedades de materiais e componentes de montagem em temperaturas elevadas (BÉNICHOU and SULTAN, 2000).

O trabalho de Frangi *et al.* (2010) estuda o desempenho ao fogo das placas de gesso nas estruturas de *Light Wood Frame* descrevendo os resultados de testes experimentais e permitindo desenvolver critérios de isolamento e de integridade das estruturas de madeira. Já a pesquisa de Babrauskas (2017) propõe uma revisão do conceito de não-combustibilidade relacionadas a estruturas de madeira.

Outro tema bastante estudado foi o comportamento ambiental e a eficiência energética das edificações de madeira. Dadoo and Gustavsson (2013) pesquisaram sobre o consumo de energia e geração de gás carbono em um edifício construído com estruturas de madeira e concluíram que o maior consumo de energia se dá, principalmente, na etapa de operação do ciclo de vida do edifício. Já o estudo Robertson *et al.* (2012) compara os impactos ambientais de edifícios construídos com estrutura de madeira laminada colada com uma estrutura de concreto tradicional. Os resultados indicaram que a estrutura de madeira laminada colada oferece menor impacto ambiental em 10 dos 11 critérios ambientais estudados. Verificou-se que a energia na etapa de construção são próximas (3,5 GJ / m²), enquanto o da energia incorporada foi estimada em 8,2 e 4,6 GJ / m² para os projetos de madeira e concreto, respectivamente.

O estudo de Cuperschmid *et al.* (2016) apresenta o desenvolvimento de um aplicativo de realidade aumentada para auxiliar a montagem de uma parede pré-fabricada em *Light Wood Frame* a partir da modelagem BIM – *Building Information Modeling* e assim, enfatiza o potencial de uso da realidade aumentada como uma tecnologia para treinamento e para controle de qualidade da construção.

Há estudos importantes referentes ao comportamento estrutural das edificações de madeira em “situações extremas” como terremotos e furações. O estudo de Kirkham *et al.* (2014) propõe testes e avaliações para retrofit de residências que foram construídas antes da inclusão dos requisitos sísmicos nas normas construtivas do *Light Wood Frame* nos Estados Unidos. A pesquisa de Pei and Van de Lindt (2009) faz uma análise dos custos financeiros e dos riscos das edificações em *Light Wood Frame* construídas em zonas de grande risco sísmico. O Gráfico 5 apresenta os temas mais estudados.

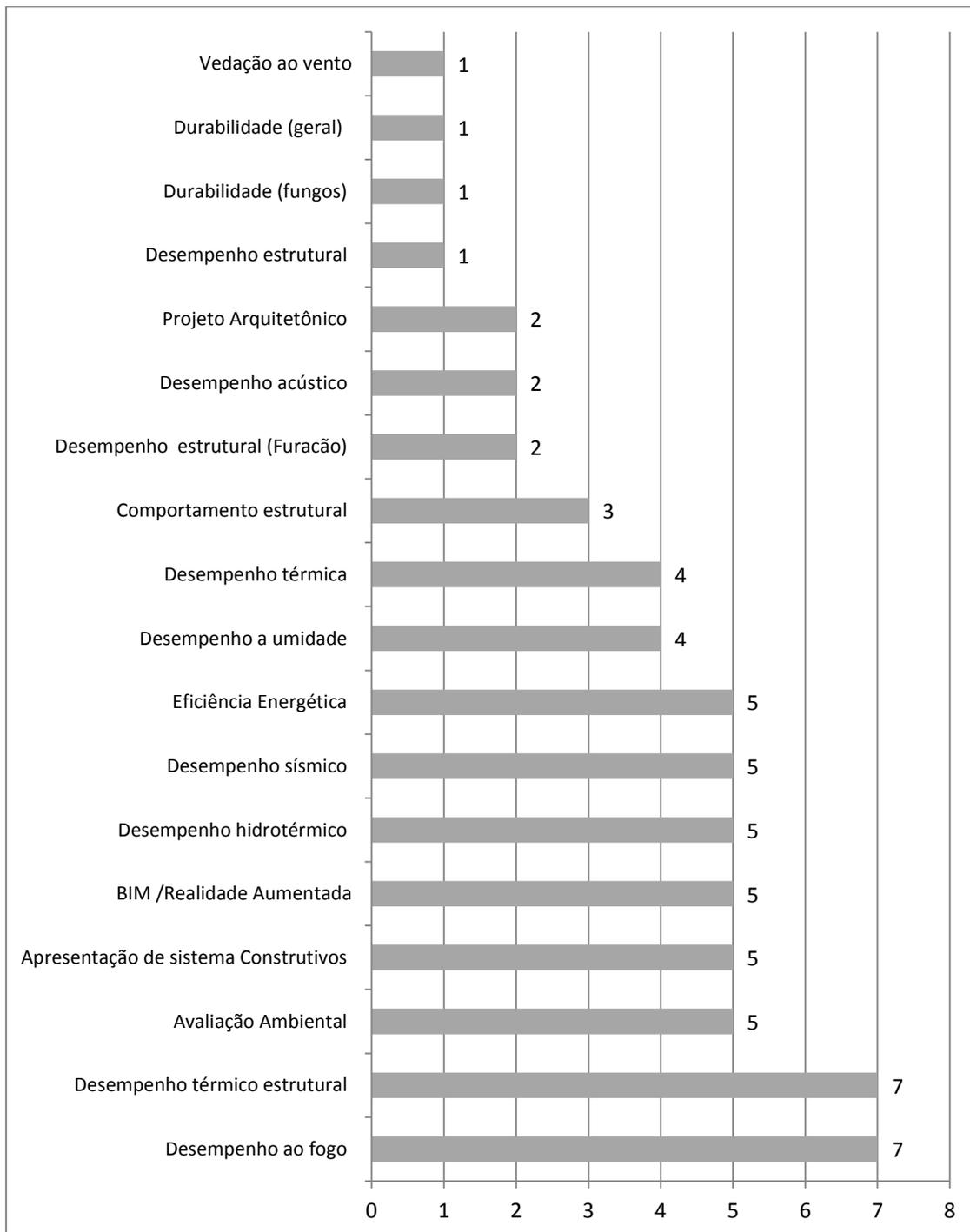


Gráfico 5: Temas mais estudados encontrados nesta pesquisa

Por fim, é importante salientar as limitações resultantes desta Busca Sistemática, pois foram analisados 65 artigos dos 153 artigos considerados relevantes para a pesquisa, já que estes 88 documentos foram excluídos, pois não foram encontrados ou teriam que ser pagos para obter acesso. Outra limitação deste estudo se dá aos resultados gerados pela palavra-chave (*query*) e os bancos de dados consultados, pois a troca desta palavra-chave e a consulta em outras bases de dados podem modificar o resultado da pesquisa.

5 Considerações Finais

Com o crescente interesse de arquitetos, engenheiros e pesquisadores no meio acadêmico pelo uso de madeira de reflorestamento e por sistemas construtivos industrializados de madeira, este artigo teve como objetivo identificar, com base nas publicações científicas, quais os temas que estão sendo estudados em construções e sistemas construtivos industrializados de madeira, com foco no *Light Wood Frame*.

Os temas mais estudados foram referentes ao desempenho ao fogo e ao desempenho térmico estrutural, com sete publicações, e avaliação ambiental, apresentação de sistemas construtivos de madeira, realidade aumentada (BIM), desempenho hidrotérmico, desempenho sísmico e eficiência energética das edificações de madeira com cinco publicações.

O sistema construtivo que mais apareceu na busca desta pesquisa foi o *Light Wood Frame* com trinta e sete documentos devolvidos, já que a busca foi direcionada para este sistema construtivo. A busca também resultou em três artigos sobre madeira laminada colada, dezesseis estudos sobre sistemas construtivos genéricos em madeira ou que tratavam, especificamente, sobre madeira como material de construção, oito estudos sobre sistemas construtivos híbridos e um sobre sistemas construtivos de estruturas recíprocas.

Foi observado que o número de publicações aumentou com o passar dos anos, o corpus da pesquisa foi criando, principalmente, no período de 2004 a 2016. Os trabalhos analisados mostram que os autores são, principalmente, da América do Norte. Os Estados Unidos e o Canadá foram os países com mais publicações, pois a busca deu ênfase ao *Light Wood Frame* que foi desenvolvido e tem a sua maior utilização nestes países.

É importante salientar as limitações desta pesquisa, pois foram analisados 65 artigos dos 153 artigos considerados relevantes para a pesquisa, já que estes 88 documentos foram excluídos, pois não foram encontrados ou teriam que ser pagos para obter acesso. Outra limitação deste estudo se deu aos resultados gerados pela palavra-chave (*query*) e os bancos de dados consultados, pois a troca desta palavra-chave e a consulta em outras bases de dados podem modificar o resultado da pesquisa.

Por fim, foi possível identificar quais os temas e aspectos das construções de madeira, em especial, do *Light Wood Frame*, estão sendo pesquisados e publicados em diferentes países, possibilitando assim, mapear temas potenciais para futuras pesquisas considerando a utilização e introdução deste sistema no contexto nacional.

Referências

ABDI. **Manual da construção industrializada - conceitos e etapas. Volume 1: conceitos e etapas.** Brasília, 2015.

ARCHDAILY BRASIL. **Habitação Villa Verde / ELEMENTAL [Em linha].** Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/156685/habitacao-villa-verde-elemental>. Consultado em 30 de Junho de 2017.

BABRAUSKAS, V. **Engineering Variables to Replace the Concept of 'Noncombustibility'**. Fire Technology. 2017.

BÉNICHOU, N. and SULTAN M. A. **Fire Resistance Performance of Lightweight Wood-Framed Assemblies**. Fire Technology. 2000.

CUPERSCHMID, A. R. M. et al. **Development of an Augmented Reality environment for the assembly of a precast wood-frame wall using the BIM model**. Ambiente Construído. 2016.

DODOO, A. and GUSTAVSSON, L. **Life cycle primary energy use and carbon footprint of wood-frame conventional and passive houses with biomass-based energy supply**. Applied Energy. 2013.

ESPINDOLA, L. R. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil**. Tese de doutorado em arquitetura e urbanismo. Universidade de São Paulo: São Carlos, 2017.

FRANGI, A. et al. **Experimental and Numerical Analysis of Gypsum Plasterboards in Fire**. Fire Technology. 2010.

FERENHOF e FERNANDES. **Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SSF**. Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, SC: v. 21, n. 3, p. 550-563, ago./nov., 2016. Disponível em <file:///C:/Users/r1117748/Downloads/1194-6369-1-PB.pdf>

KIRKHAM, W. J. et al. **State of the art: Seismic behavior of wood-frame residential structures**. Journal of Structural Engineering. 2014.

MOLINA, J. C; CALIL JUNIOR, C. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas. Londrina, 2010.

MULLER, D. G. **Arquitetura Ecológica**: 29 exemplos. São Paulo, Parallax: 2005.

PEI, S. and VAN DE LINDT, J. W. **Coupled shear-bending formulation for seismic analysis of stacked wood shear wall systems**. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. 2009.

ROBERTSON, A. B. et al. **A Comparative Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Mid-Rise Office Building Construction Alternatives: Laminated Timber or Reinforced C**