



ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. **Materiais e Design** – Arte e Ciência da Seleção de Materiais no Design de Produto. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2011.

CALLISTER JR, William D, RETHWISCH, David G. **Ciência e Engenharia de Materiais** – uma introdução. 9 ed. Rio de Janeiro, LTC, 2016.

CARDOSO, M. I. F.; FRADE, J. M. C. B.; FERROLI, P. C. M. Estudo conceptual da flexibilidade da conformação cerâmica a partir de moldes de gesso – moldes multi-peças. **Anais - VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, Florianópolis, SC, p. 209-216, 2020.

DUARTE, L. F.; FERREIRA, L. I. P.; CORDEIRO, T. S.; FRADE, J. M. C. B.; FERROLI, P. C. M. Estratégias de criação e desenvolvimento de Produtos Cerâmicos Sustentáveis para aplicação em Iluminação. **Anais - VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, Florianópolis, SC, p. 231-239, 2020.

ENXUTO, B. B.; CARRACINHA, C. De J. F.; FRADE, J. M. C. B.; FERROLI, P. C. M. Design para Catástrofes Naturais – Produtos multifuncionais de cerâmica e cortiça. **Anais - VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, Florianópolis, SC, p. 252-259, 2020.

HARRINGTON, H. James; HARRINGTON, James S. **Gerenciamento Total da Melhoria Contínua** – A Nova Geração da Melhoria de Desempenho. São Paulo: Makron Books, 1999.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: EDUSP, 2012.

MARTINS, M. A. A. F.; CRUZ, M. Y. M. S. da; FRADE, J. M. C. B.; FERROLI, P. C. M. Produção de joias com “vidros do mar”. **Anais VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, Florianópolis, SC, p. 559-565, 2020.

PINTO, A. F. N.; RODRIGUES, L. A.; FRADE, J. M. C. B.; FERROLI, P. C. M. Cimento e resíduos industriais no mobiliário urbano. **Anais - VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, Florianópolis, SC, p. 58-67, 2020.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos de; SILVA, Sérgio Luis da; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos** – Uma Referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, Flávio Anthero Nunes Viana dos. **Método de Desdobramento de Três Etapas**. <http://md3e.com.br>. 2017. <Acesso em setembro de 2021>

SILVA, B. M. S. R. da; FRADE, J. M. C. B.; FERROLI, P. C. M. Os Potenciais do cimento fotocatalítico no mobiliário urbano. **Anais - VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, Florianópolis, SC, p. 284-292, 2020.

Condutividade e densidade de madeiras usadas no RS

Conductivity and density of woods used in southern Brazil

Liliane Bonadiman Buligon, Mestre em Engenharia Civil.

libbonadimam@gmail.com

Gabriela Meller, Mestre em Engenharia Civil.

gabrielameller@gmail.com

Giane de Campos Grigoletti, Doutora em Engenharia Civil.

giane.c.grigoletti@ufsm.br

Dieison Gabbi Fantineli, Mestre em Engenharia Mecânica.

dieisonfantineli@unipampa.edu.br

Marcelo de Jesus Dias de Oliveira, Engenheiro Civil.

marcelooliveira@unipampa.edu.br

Resumo

Considerando que a madeira é um material para a construção civil de baixo impacto ambiental, este artigo apresenta experimentos laboratoriais para caracterizar a condutividade térmica e a densidade de massa aparente de três espécies de madeira, a saber, eucalipto, pinus e cumaru, e um tipo de placa de OSB (*Oriented Strand Board*). Foram realizados ensaios normalizados pelas NBR 7190 e a ASTM C518 – 04. O valor médio da densidade aparente, a 12% de umidade, das madeiras de *Eucalyptus grandis* foi 523 kg/m³, *Pinus taeda L.* de 614 kg/m³ e *Dipteryx odorata* de 1.012 kg/m³, com variação em relação à literatura de até 22%. Já para a condutividade térmica, houve variação para amostras da mesma espécie, observando-se um aumento de 30% para o eucalipto conforme a espessura. Os resultados indicam a importância da caracterização regional do material. Para a placa de OSB, encontrou-se valores de condutividade térmica de 0,0981 W/(m.K) e 0,1092 W/(m.K), conforme a espessura.

Palavras-chave: Madeira; OSB; Densidade aparente; Condutividade térmica.

Abstract

Considering that wood is a building material with low environmental impact, this paper presents

experiments to characterize the thermal conductivity and apparent density of three wood species, eucalyptus, pine, cumaru, and panel. Tests were by NBR 7190 and ASTM C518 – 04. The average value of the apparent density at 12% humidity of *Eucalyptus grandis* was 523 kg/m³, *Pinus taeda* L. was 614 kg/m³, and *Dipteryx odorata* was 1,012 kg/m³, with a variation about the literature of up to 22%. As for thermal conductivity, there was variation for samples of the same species, with an increase of 30% for eucalyptus according to thickness. The results indicate the importance of the regional characterization of wood. Related to the OSB panel, its thermal conductivity was 0,0981 W/(m.K) e 0,1092 W/(m.K) according to the thickness.

Keywords: Wood; OSB; Apparent density; Thermal conductivity.

1. Introdução

Em 2020, as atividades de construção e operação de edificações foram responsáveis pelo consumo de 35% da energia elétrica e 38% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) no mundo (UNEP, 2020). O setor da construção civil é o maior consumidor de energia mundial, usando mais de 33% de toda a energia produzida, gerando cerca de 47% da taxa de emissão de CO₂ mundial (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013; WWF, 2023). Já no Brasil, essa atividade é responsável por mais de 60% dos resíduos sólidos nas cidades, cujos materiais utilizados, em sua maioria, aumentam a taxa dessas emissões e não são renováveis (WWF, 2017a). Entre os principais impactos associados à construção civil estão a emissão de CO₂ e a energia incorporada, tanto na produção quanto no transporte dos materiais (CALDAS *et al.*, 2016). Visando o seu desenvolvimento sustentável, o setor da construção civil tem buscado iniciativas para alcançar uma maior sustentabilidade social, econômica e ambiental.

Dentre as iniciativas para alcançar maior sustentabilidade, o uso de materiais e componentes da construção com menor impacto é uma das alternativas possíveis. Nesse contexto, a madeira surge como um material renovável e com inúmeras potencialidades construtivas, além de ser de origem natural e reciclável, com impacto ambiental e social positivo quando trabalhada com plantio e manejo responsáveis (ARAUJO *et al.*, 2016; DEMARZO; PORTO, 2007). Considerada uma das matérias-primas de construção mais abundantes na natureza (ARAUJO *et al.*, 2016), apresenta fácil trabalhabilidade e excelente desempenho térmico e acústico, além de elevada relação resistência-peso, tornando-a um material adequado para processos industriais, o que facilita o seu transporte e montagem na obra (MOLINA; CALIL, 2010).

Em relação às vantagens da utilização do material, a utilização da madeira na substituição de outros materiais de construção, como o aço e o concreto, pode reduzir as emissões de CO₂ e o consumo de energia (GONG *et al.*, 2012; KUZMAN *et al.*, 2013). Para cada tonelada de madeira utilizada na construção civil, deixam de ser emitidas, em média, duas toneladas de CO₂ na atmosfera (SATHRE; O'CONNOR, 2010). Além disso, Balasbaneh e Marsono (2017) evidenciam que os materiais que mais causam estes impactos são os mais utilizados no setor, como o cimento, o aço e a cerâmica. O *World Wide Fund for Nature* Brasil (WWF) (2023) cita que a poluição causada pelo CO₂ pode diminuir em até 31% se as construtoras utilizarem madeira nas edificações ao invés de aço e concreto. Estes fatores numéricos demonstram a

vantagem da madeira frente aos materiais tradicionais da construção civil, sob o ponto de vista ambiental.

Além disso, a madeira é um material renovável que envolve baixo consumo energético em seu processo produtivo. Para que o uso desse material seja ampliado na construção civil, sua caracterização técnica é importante (PAIVA FILHO *et al.*, 2018). Perante os fatores que caracterizam o material para uso na construção civil, estão os que determinam seu comportamento térmico, como a densidade de massa aparente e a condutividade térmica.

Alguns estudos já demonstraram a capacidade de edificações construídas com painéis de madeira para fornecer conforto térmico no ambiente construído em algumas regiões do Brasil (GIGLIO; BARBOSA, 2006; ROCHA *et al.*, 2016; DREYER *et al.*, 2017; BORTONE *et al.*, 2018; ZARA, 2019). No entanto, ainda há uma carência de estudos sobre as propriedades de diversas espécies brasileiras, cujo fato faz com que esse material seja pouco explorado na construção civil. Uma pesquisa realizada pelo WWF Brasil (WWF, 2017b) indicou que a falta de incentivo no uso da madeira nas edificações está relacionada principalmente à capacitação e divulgação de informações técnicas e, também, ao apoio e à divulgação comercial para o aumento da disponibilidade do material, a fim de torná-lo competitivo no mercado.

Diante do exposto, este artigo apresenta a caracterização de três espécies de madeira comumente usadas na construção civil e disponíveis no RS, a saber: *Pinus Taeda* (*Pinus taeda* L.) da família das coníferas, Eucalipto Grandis (*Eucalyptus grandis*) das folhosas, e Cumaru (*Dipteryx odorata*), da família das leguminosas, e um material oriundo da madeira com tecnologia incorporada conhecido como OSB (*Oriented Strand Board*), componentes importantes para o emprego em painéis de madeira em sistemas construtivos que usam esse material. As madeiras e a placa de OSB foram caracterizados segundo sua condutividade térmica e densidade de massa aparente.

2. Método

Para a determinação das propriedades térmicas das madeiras e placa OSB, foram realizados ensaios normalizados em laboratório. O ensaio de condutividade térmica foi determinado em conformidade com a ASTM C518 - 04 (ASTM, 2017), procedimento recomendado pela norma brasileira NBR 15.575-1 (ABNT, 2021). Já os ensaios de densidade de massa aparente da madeira seguiram os procedimentos constantes no Apêndice B da norma NBR 7190 (ABNT, 1997), que trata sobre projetos de estruturas de madeira.

Para a caracterização da condutividade térmica, foi utilizado o aparelho de condutividade térmica computadorizado FOX-304 LaserComp do Laboratório de Metrologia e Instrumentação da UFPampa, RS. O aparelho mede a condutividade térmica estabelecendo um fluxo de calor unidimensional em estado estacionário através de uma amostra de teste entre duas placas paralelas a temperaturas constantes, mas diferentes. As placas superior e inferior podem ser aquecidas ou resfriadas, permitindo testes com o fluxo de calor para cima ou para baixo. A calibração do equipamento foi realizada através do NIST SRM 1450b, material de referência padrão do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia.

Para a caracterização da densidade aparente e volume aparente, foram utilizados uma balança e um paquímetro de alta precisão (paquímetro digital com sensibilidade de centésimos de milímetro e balança digital com sensibilidade de 0,01g), nas instalações do Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira no Departamento de Ciências Florestais da UFSM, RS, ambiente com umidade e temperatura controlados (65% de umidade relativa e 20°C). A densidade aparente (ρ_{ap}) foi determinada à 12% de umidade, que corresponde à umidade de equilíbrio da madeira e, conforme ABNT NBR 7190 (ABNT, 1997), condição de referência padrão para apresentação de resultados experimentais. Os corpos-de-prova devem possuir forma prismática com seção transversal retangular de 2,0 cm x 3,0 cm de lado e comprimento ao longo das fibras de 5,0 cm. No total foram realizadas 468 medições até que se obtivesse o equilíbrio higroscópico das amostras (sem que houvesse alterações, dentro da precisão assumida, para as variáveis dimensões e massa).

Foram confeccionadas 24 amostras (Figura 1) com dimensões de 200mm x 200mm (dimensão determinada pelo tamanho do aparelho) e espessura variável, conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** As amostras de Pinus Taeda (*Pinus taeda* L.) e Eucalipto (*Eucalyptus grandis*) são provenientes de municípios do RS. O Cumaru (*Dipteryx odorata*) é proveniente da região norte do Brasil. A placa OSB é proveniente do estado do Paraná, local de sua industrialização, e possui certificação pela *American Plywood Association* (APA–The Engineered Wood Association).



Figura 1: Imagem ilustrativa das amostras ensaiadas. Fonte: autores.

Tabela 1: Identificação das amostras.

AMOSTRAS						
Nome comum	Nome científico	Dimensões (mm)			n° de amostras	
		L	C	E	Parcial	Total
Pinus	<i>Pinus taeda</i> L.	200	200	10	3	6
				20	3	
Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	200	200	10	3	6
				20	3	
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	200	200	10	3	6
				20	3	
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>	200	200	11,1	3	6
				18,3	3	

Fonte: autores.

A densidade aparente dos painéis OSB foi obtida do próprio fabricante que atendeu a norma EN 323, *Wood-based Panels – Determination of Density*, conforme relatório técnico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e corresponde ao valor de 624 kg/m³ como densidade de massa aparente média.

3. Resultados

Os resultados para a condutividade térmica das amostras de pinus, eucalipto, cumaru e OSB para a faixa de temperatura entre 5°C e 35°C são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Condutividade térmica

Madeiras	Amostras	Espessura (mm)	Condutividade Térmica (W/m.K)	Condutividade Térmica Média (W/m.K)
Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)	E10 - 001	10,5410	0,09866	0,09828
	E10 - 002	10,3822	0,09717	
	E10 - 003	10,5791	0,09901	
	E20 - 001	20,0533	0,1248	0,1273
	E20 - 002	20,0406	0,1285	
	E20 - 003	19,9961	0,1287	
Pinus (<i>Pinus taeda</i> L.)	P10 - 001	10,3886	0,09723	0,09899
	P10 - 002	10,8458	0,1015	
	P10 - 003	10,4965	0,09824	
	P20 - 001	20,1803	0,1154	0,12187
	P20 - 002	19,9517	0,1318	
	P20 - 003	20,0469	0,1184	
Cumaru (<i>Dipteryx odorata</i>)	C10 - 001	10,6680	0,09984	0,10358
	C10 - 002	10,7505	0,1006	
	C10 - 003	11,7856	0,1103	
	C20 - 001	20,4724	0,1688	0,18137
	C20 - 002	20,0089	0,1873	
	C20 - 003	20,0914	0,1880	
OSB (<i>Oriented Strand Board</i>)	O11 - 001	11,3792	0,0975	0,09807
	O11 - 002	11,2839	0,09521	
	O11 - 003	11,3157	0,1015	
	O18 - 001	18,5801	0,1075	0,10917
	O18 - 002	18,6245	0,1077	
	O18 - 003	18,5229	0,1123	

Fonte: autores.

Houve variação dos valores de condutividade térmica para as madeiras de mesma espécie. Observa-se uma diferença de 29,56% no valor de condutividade térmica média da madeira de eucalipto com espessura de 20 mm (0,1273 W/m.K) em relação à madeira de mesma espécie com espessura de 10 mm (0,09828 W/m.K). Isso se deve ao fato de que materiais naturais, como a madeira, não são homogêneos em sua constituição. Isso reflete-se nas suas propriedades térmicas que dependem de espessura, sentido de fibras, irregularidades estruturais, dentre outros fatores (MORESCHI, 2012). O aumento pode ser verificado para as demais amostras. O pinus apresentou um aumento de 23,11% e o painel OSB 11,32%. A maior diferença foi registrada no cumaru, em que se observou um acréscimo de 75,10% no valor de condutividade térmica média para espessura de 20 mm (0,18137 W/m.K) em relação à madeira de mesma espécie com espessura de 10 mm (0,10358 W/m.K).

Os resultados para densidade de massa aparente e volume aparente são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Densidade de massa aparente e volume aparente

Madeira	Amostra	Massa (g)	Volume (cm³)	Densidade Aparente Calculada (kg/m³)	Densidade Aparente Média (kg/m³)
Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)	E20 - 001	16,15	0,03013	535,99	523,27
	E20 - 002	15,11	0,02945	513,01	
	E20 - 003	16,04	0,02985	537,28	
	E20 - 004	15,26	0,02942	518,64	
	E20 - 005	14,99	0,02930	511,52	
	E20 - 006	15,70	0,03001	523,18	
Pinus (<i>Pinus taeda</i> L.)	P20 - 001	17,82	0,02993	595,39	613,93
	P20 - 002	18,02	0,02980	604,75	
	P20 - 003	18,89	0,03039	621,49	
	P20 - 004	19,29	0,03075	627,30	
	P20 - 005	18,30	0,03052	599,53	
	P20 - 006	18,92	0,02979	635,15	
Cumaru (<i>Dipteryx odorata</i>)	C20 - 001	30,01	0,03037	988,01	1012,57
	C20 - 002	29,93	0,03033	986,91	
	C20 - 003	30,67	0,03007	1019,79	
	C20 - 004	30,30	0,03018	1004,03	
	C20 - 005	31,41	0,02974	1056,02	
	C20 - 006	30,71	0,03009	1020,66	

Fonte: autores.

A NBR 7190 (ABNT, 1997) indica um valor médio de densidade aparente a 12% de umidade para o *Pinus taeda* L. de 645 kg/m³, e 640 kg/m³, para o *Eucalyptus grandis*, e 1.090 kg/m³, para o *Dipteryx odorata*. Já a NBR 15.220-2 (ABNT, 2005), indica uma faixa de valores para o *Pinus Taeda* L. entre 600 kg/m³ e 750 kg/m³. Conforme banco de dados do Instituto de

Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2021), os valores médios de densidade aparente a 15% de umidade do *Eucalyptus grandis* e *Dipteryx odorata* correspondem a 500 kg/m³ e 1.090 kg/m³, respectivamente. Comparando-se os resultados obtidos com os observados nas fontes citadas, observa-se que os valores obtidos se encontram próximos a esses últimos. Pequenas variações devem-se, provavelmente, às diferentes condições de crescimento e idade das árvores estudadas, o que, conforme Moreschi (2012), é fator determinante para as características físicas das madeiras.

A Tabela 4 apresenta o compilado dos valores da condutividade térmica e densidade aparente médias para as amostras de *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* L. e *Dipteryx odorata* de 20 mm.

Tabela 4 – Densidade de massa aparente e volume aparente

Madeira (e = 20 mm)	Condutividade térmica média (W/m.K)	Densidade aparente média (kg/m³)
Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)	0,1273	523,27
Pinus (<i>Pinus taeda</i> L.)	0,12187	613,93
Cumaru (<i>Dipteryx odorata</i>)	0,18137	1012,57

Fonte: autores.

É possível identificar que para o Eucalipto e para o Pinus, cujas densidades são baixas, as condutividades térmicas médias para essas madeiras também são similares. Já para o Cumaru, a densidade aparente média é maior, assim como a condutividade térmica média. Dessa forma, materiais de menor densidade tem um maior isolamento térmico (valores de condutividade são menores), devido a sua porosidade e baixa condutividade térmica do ar contido dentro desses vazios (ZHOU *et al.*, 2010; LUAMKANCHANAPHAN; CHOTIKAPRAKH; JARUSOMBATI, 2012). Esse fenômeno pôde ser observado, também, em outros trabalhos que realizaram ensaios de densidade e condutividade térmica como *Pinus sp.* (BERTOLIN *et al.*, 2016), painéis compostos com *Eucalyptus grandis* (RAUBER, 2011) que são espécies brasileiras e, também, com um painel de fibras de talo de algodão sem aglutinante (ZHOU *et al.*, 2010).

4. Conclusões

O presente estudo caracterizou três espécies e madeiras comumente encontradas no RS, *Pinus taeda* L., *Eucalyptus Grandis* e *Dipteryx odorata*, estabelecendo sua condutividade térmica e sua densidade de massa aparente, e uma placa industrializada de OSB, estabelecendo sua condutividade térmica. Os ensaios de propriedades térmicas das madeiras permitiram identificar que o pinus e o eucalipto apresentaram resultados similares de condutividade térmica, enquanto o cumaru apresentou os maiores valores. Quanto à densidade de massa aparente, de modo análogo, o pinus e o eucalipto apresentaram valores semelhantes e o cumaru apresentou valores maiores. Para a condutividade térmica, houve variação nos valores para uma

mesma espécie. Observou-se um aumento de cerca de 30% na condutividade da amostra de eucalipto com 20mm de espessura (0,1273 W/m.K) em relação a de 10 mm (0,09828 W/m.K); para o pinus, 23% (0,0723W/m.K a 10mm, e 0,13180 W/m.K a 20 mm), e para o cumaru, 75% (0,10358 W/m.K e 0,18137 W/m.K).

O valor médio da densidade aparente para o *Eucalyptus grandis* foi 523 kg/m³, para o *Pinus taeda* L. de 614 kg/m³ e para o *Dipteryx odorata* de 1012,57 kg/m³. Os resultados encontrados foram comparados com a literatura científica (ABNT, 1997; IPT, 2021), indicando proximidade dos valores, apontando diferença máxima de 22% para o Eucalipto. O pinus e o cumaru apresentaram diferenças de 5% e 8% respectivamente. As diferenças estão associadas a variações que o material natural apresenta conforme clima, processo de desenvolvimento e produção da madeira, dentre outros fatores, reforçando a importância de testes regionais para a caracterização da madeira.

Os resultados corroboram a importância de testes regionais para caracterização técnica de materiais naturais, como o caso da madeira. Logo, a caracterização das propriedades dessas espécies, dentre outras, é imprescindível a fim de fomentar o seu uso na construção civil local. Essas informações irão contribuir para balizar a escolha dos materiais, explorando o potencial de cada espécie empregada. Dessa forma, pode-se optar, sempre que possível, por materiais que fomentem a sustentabilidade da construção.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: 1997.

_____. **NBR 15.575-1**: Edificações – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

ARAUJO, V. A. et al. Classification of wooden housing building systems. **BioResources**, v. 11, n. 3, p. 7889–7901, 2016.

ASTM. American Society for Testing and Materials. C518-17: Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. **ASTM International**, v. 1, p. 1–15, 2017.

BALASBANEH, A. T.; MARSONO, A. K. B. Strategies for reducing greenhouse gas emissions from residential sector by proposing new building structures in hot and humid climatic conditions. **Build and Environment**, v. 124, p. 357-368, 2017.

BERTOLINI, M. S. et al. Thermal Insulation particleboards made with wastes from wood and tire rubber. **Key Engineering Material**, v. 668, p. 263-269, 2016.

BORTONE H., ZARA R., GIGLIO T., YOKOTA A., Thermo-energetic performance of wood frame panels in Brazilian low-income housing. In: ZEMCH International Conference. **Proceedings...** Melbourne, Australia, 2018 Disponível em: <https://msd.unimelb.edu.au/data/assets/pdf_file/0004/2761312/ZEMCH-2018-Conference-Proceedings>. Acesso em: 15 fev. 2023.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M.; ARMANDO, C.P.; PAULSEN, J. S. **Sustentabilidade na construção civil**: avaliação do ciclo de vida energético e de emissões de CO₂ de fachadas para habitações sociais. *Sustentabilidade em debate*. Brasília, v. 7, n. 2, p. 238-256, 2016.

DEMARZO, M. A.; PORTO, A. L. G. Indicadores de Sustentabilidade (LCA) e Análise do Ciclo de Vida para Madeira de Reflorestamento na Construção Civil. **Revista Madeira Arquitetura & Engenharia**, v. 21, p. 17, dez. 2007.

DREYER, J. B. B. et al. Potencialidades do uso da madeira em construções para a obtenção do conforto térmico. Em: III CBCTEM Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. **Anais...** Florianópolis, Santa Catarina, 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/trabalhos/potencialidades-do-uso-da-madeira-em-construcoes-para-a-obtencao-do-conforto-ter>>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GIGLIO, T. G. F.; BARBOSA, M. J. Aplicação de métodos de avaliação do desempenho térmico para analisar painéis de vedação em madeira. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 3, p. 91–103, 2006.

GONG, X. et al. Life cycle energy consumption and carbon dioxide emission of residential building designs in Beijing: A comparative study. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n. 4, p. 576–587, 2012.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Transition to sustainable buildings: Strategies and opportunities to 2050. France, 290 p., 2013.

LUAMKANCHANAPHAN, T.; CHOTIKAPRAKHAN, S.; JARUSOMBATI, S. A Study of Physical, Mechanical and Thermal Properties for Thermal Insulation from Narrow-leaved Cattail Fibers. **APCBEE Procedia**, v. 1, p. 46-52, 2012.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Informações sobre madeiras**. Consultas Online. São Paulo: IPT 2021. Disponível em: <https://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca>. Acesso em: 20 mai. 2021.

KUZMAN, M. K. et al. Comparison of passive house construction types using analytic hierarchy process. **Energy and Buildings**, v. 64, p. 258–263, 2013.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. 4.ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. 2012.

PAIVA FILHO, J. C. DE et al. Diagnóstico do uso da madeira como material de construção no município de Mossoró-RN/Brasil. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 23, n. 3, 2018.

ROCHA A.C., BARROS M.M.S.B., LEITE B.C.C., PETRECHE J.R.D., Avaliação do desempenho térmico de fachada com painéis leves em edificações de múltiplos pavimentos. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC. **Anais ...** São Paulo, Brasil, 2016. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_3.pdf. Acesso em: 15 fev. 2023.

SATHRE, R.; O'CONNOR, J. Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product substitution. **Environmental Science and Policy**, v. 13, n. 2, p. 104–114, 2010.

UNEP. United Nations Environment Programme. **2020 Global Status Report for Buildings and Construction**. Nairobi, Kenya: UN Environment Programme, 2020.



WWF. World Wide Fund for Nature Brasil. **Construções em Madeira e Mudanças Climáticas**. Fev., 2017a. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?56062/Artigo---Construcoes-em-Madeira-e-Mudancas-Climaticas>>. Acesso em: 18 fev. 2023.

_____. World Wide Fund for Nature Brasil. **Uso sustentável da madeira passa pela informação**. Jun., 2017b. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/amazonia/amazonia_acoes/governancaflorestal/?59122/Artigo---Uso-sustentavel-da-madeira-passa-pela-informacao#>>. Acesso em: 18 fev. 2023.

_____. **Programa Madeira é legal**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/amazonia/amazonia_acoes/governancaflorestal/>. Acesso em: 18 fev. 2023.

ZARA R.B. **Influência de parâmetros termo físicos no desempenho termoenergético de habitações em sistemas leves**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RAUBER, R. **Caracterização de Painéis Aglomerados com Madeira de Eucalipto e Sólidos Granulares de Poliuretano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ZHOU, X. et al. An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers. **Energy and Buildings**, v.42, p. 1070-1074, 2010.

Agradecimentos

À CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado e doutorado, a UNIPAMPA e a UFSM pelos ensaios desenvolvidos.

ACÇÕES DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL PARA PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO EM MATERIAIS E PROCESSOS

Educational Development Actions for Research, Teaching and Extension in Materials and Processes

Lisiane Ilha Librelotto, Dr. UFSC - Virtuhab

lisiane.librelotto@gmail.com

Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. UFSC - Virtuhab

pcferroli@gmail.com

Yasmin Curvelo Doeh – UFSC - Virtuhab

ycdoehl@gmail.com

Julia Cipriani Prada – UFSC - Virtuhab

juliaciprianiprada@gmail.com

Pablo Henrique Laguna Dias – UFSC - Virtuhab

pablaguna@outlook.com

Resumo

Este artigo mostra alguns projetos desenvolvidos no âmbito do laboratório Virtuhab da Universidade Federal de Santa Catarina. As ações aqui relatadas tem por objetivo a intensificação da inclusão da sustentabilidade (econômica, social e ambiental) nas atividades de projeto que envolvam a seleção de materiais e processos de fabricação. As ações integram atividades de graduação e pós-graduação, em ensino, pesquisa e extensão.

Palavras-chave: Materiais; Sustentabilidade; Pesquisa; Ensino; Extensão.

Abstract

This article shows some projects developed within the laboratory Virtuhab of the UFSC.. The actions reported here aim to intensify the inclusion of sustainability (economic, social and environmental) in project activities involving the selection of materials and manufacturing processes. The actions integrate undergraduate and graduate activities in teaching, research and extension.

Keywords: Materials; Sustainability; Research; Teaching; Extension