

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DA MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC) COMO ALTERNATIVA BIOCLIMÁTICA EM COBERTURA RESIDENCIAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020345-362>



Leticia Dias Gomes¹
Julia Dias Gomes²
Ana Mirthes Hackenberg³

RESUMO

O objetivo do ensaio é a realização de testes com o programa computacional Autodesk Revit®, baseado na tecnologia BIM, com a utilização da ferramenta Insight e Green Building Studio Autodesk®, para através de um modelo real, com as propriedades térmicas dos materiais, gerar a simulação termoenergética de uma edificação que usa a Madeira Laminada Colada (MLC) de *Pinus elliottii* como elemento estrutural de vigas e da cobertura, visto o material como um produto de alto potencial para elementos construtivos além da sustentabilidade ao aplicá-lo. As análises de eficiência energética e comportamento do material foram realizadas de modo que se constatou que os resultados obtidos em conjunto com os materiais utilizados em construção, em especial a MLC, são adequados para os parâmetros de conforto estabelecidos pelas normativas e tornando-a aliada aos preceitos de construção e arquitetura bioclimática.

Palavras-chave: Madeira Laminada Colada. Eficiência energética. BIM. Arquitetura bioclimática.

¹ Arquiteta e urbanista (UDESC) com graduação sanduíche pela Budapest University of Technology and Economics (BME) – Hungria, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina, leticiadiasgomes@outlook.com

² Arquiteta e urbanista (UDESC) com graduação sanduíche pela Budapest University of Technology and Economics (BME) – Hungria, mestranda em Desenvolvimento Regional e Urbano (PPDRU/UNIFACS), juliadiasgomes@outlook.com

³ Arquiteta e Urbanista (UFPR), mestrado em Arquitetura EESC pela USP, e doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas. Pós-Doutorado pela Politecnico e Università di Torino - Osservatorio città Sostenibile, OCS. Professora do Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina, ana.hackenberg@udesc.br

EVALUATION OF THERMAL ENERGY PERFORMANCE OF GLUE LAMINATED TIMBER WOOD (GLT) AS A BIOCLIMATIC ALTERNATIVE IN RESIDENTIAL COVERAGE

ABSTRACT

The objective of the test is to perform tests with the Autodesk Revit ® software, based on BIM technology, using the Insight tool and Green Building Studio Autodesk®, for a real model with the thermal properties of the materials, generate the thermoenergetic simulation of a building that uses *Pinus elliottii* laminated wood as a structural element of beams and roofing, considering the material as a product of high potential for constructive elements besides sustainability when applying it. The analyzes of energy efficiency and behavior of the material were performed in such a way that it was found that the results obtained in conjunction with the materials used in construction, especially the glue laminated timber (GLC), are adequate for the comfort parameters established by the regulations and making it allied to the precepts construction and bioclimatic architecture.

Key words: Glue Laminated Timber. Thermal Behavior. BIM. Bioclimatic architecture

1 INTRODUÇÃO

Um dos requisitos mais importantes na construção civil atualmente é elencar materiais que garantam os melhores desempenhos, como resistência, custo benefício e conforto térmico, visto que vivemos um período em que a eficiência energética está cada vez mais em evidência. Neste contexto, a escolha de materiais alternativos para atingir melhores índices de conforto e com cunho sustentável ganha espaço significativo, como o caso da madeira laminada. Segundo Wahrhaftig (2007), seguida do aço, a madeira possui maior consumo na construção, sendo um material adequado para todas as obras de engenharia, além de possuir fácil manuseio e mão de obra disponível em todo país. De acordo com Magalhães e Santos (2009), a introdução da Madeira Laminada Colada (MLC) teve início por volta do século XIX, porém seu potencial só foi atingido durante a segunda guerra mundial, onde introduziu-se adesivos mais duráveis para produção das vigas.

No que diz respeito à caracterização da MLC, trata-se de um produto estrutural composto por uma série de camadas de madeiras coladas paralelamente às fibras, que quando comparadas com a madeira maciça, não

possuem limitações de tamanho e têm alta resistência. Atualmente, a maior parte da produção de MLC na indústria utiliza o material provido de áreas de reflorestamento, garantindo cumprimento às normas de proteção ao meio ambiente.

A matéria prima da madeira laminada utilizada para produção das vigas no objeto de estudo foi do gênero *Pinus elliottii*, originário de florestas plantadas, sendo o tipo mais utilizado para industrialização de compensados e laminados na região Sul do país (BONDUELLE *et al.*, 2004).

Ademais, para que qualquer edificação atinja níveis satisfatórios de conforto térmico, de modo que os ambientes possuam habitabilidade, destaque-se a análise da temperatura interna e umidade relativa, que quando atingem valores significativos produzem sensação térmica agradável, caracterizando uma zona de conforto. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) discorrem que o projeto eficiente, sob o ponto de vista energético, deve garantir uma perfeita interação entre o homem e o meio em todas as escalas da cidade: global, regional e local.

O projeto arquitetônico desenvolvido e estudado neste trabalho teve como premissa a produção de espaços diferenciados, que utilizem meios de construção sustentáveis, sendo o principal material a MLC, presente nas vigas e cobertura da edificação. Esta, por sua vez, foi modelada a partir de um software que utiliza a tecnologia Building Information Modeling (BIM), e possibilitou, além do detalhamento construtivo e quantitativos, a análise termoenergética da edificação. Segundo Lamberts *et al.* (2010) e Spannerberg (2006), a análise virtual é uma ferramenta importante para verificar os parâmetros de eficiência energética, de modo que, através da técnica construtiva utilizada, a edificação possa ser reproduzida como um diferencial na construção civil atual, além de atingir níveis satisfatórios de conforto térmico.

Segundo Queiróz (2015), para resultados satisfatórios necessita-se que o modelo projetado possua dados reais referentes às características construtivas, propriedades térmicas dos materiais e condições climáticas configuradas corretamente. Tradicionalmente, a maioria das simulações e análises energéticas são feitas apenas em fases finais de projeto, de modo que o foco recai sobre os sistemas de refrigeração ou de iluminação que suportarão as

condições da volumetria, excluindo alternativas de design mais eficientes nas fases iniciais de projeto. Um dos principais fatores para isto é a dificuldade e complexidade da modelagem da edificação e de seus sistemas para realização de análises energéticas (STUMPF; KIM; JENICEK, 2009, tradução nossa). Devido a isso, destaca-se a importância da realização da análise energética na edificação proposta, visto a complexidade do sistema construtivo com a MLC e a utilização do BIM nos processos de projeto, especialmente na realização da simulação termoenergética e seus respectivos ganhos nos aspectos de produtividade e qualidade de projeto.

Com isto, o objetivo deste estudo é, além da apresentação de uma técnica construtiva da cobertura com MLC em uma edificação, a análise de seu desempenho térmico, através da ferramenta Insight e Green Building Studio Autodesk® simulada em conjunto com o software Autodesk Revit®. Os objetivos específicos são:

a) Apresentar os detalhamentos arquitetônicos do projeto da cobertura em madeira laminada do objeto de estudo, de forma que se compreenda o funcionamento e execução de projeto;

b) analisar o desempenho térmico da edificação com os materiais empregados através de ferramenta de simulação computacional Insight e Green Building Studio Autodesk®, dentro do software de modelamento Autodesk Revit® 2019;

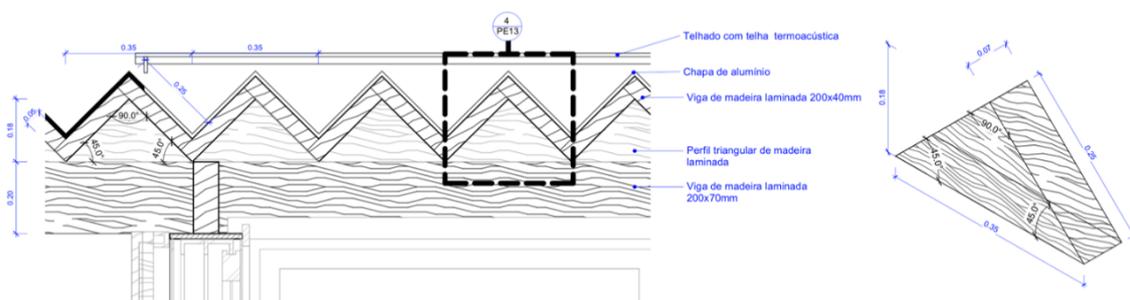
c) comparar os resultados obtidos com os parâmetros de conforto estabelecidos por normativas vigentes e em bibliografias estudadas.

2 MÉTODO

Para realização da pesquisa, elencou-se ferramentas dentro do software de modelamento Autodesk Revit® que possibilitou a simulação de eficiência energética do modelo. O projeto escolhido foi uma residência localizada no Balneário Rincão, Santa Catarina, Brasil (Latitude $-28,8314^{\circ}$ e longitude $-49,2352^{\circ}$).

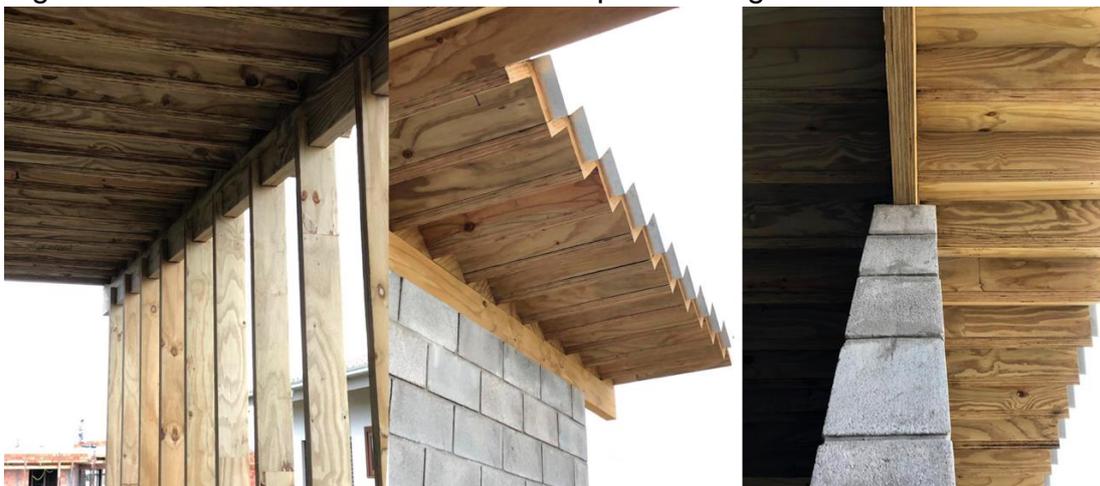
A edificação se constitui de materiais de fácil manuseio e montagem, como blocos de concreto e MLC. A cobertura funciona através de módulos triangulares de madeira laminada colada, onde foram encaixados perpendicularmente as vigas de mesmo material, porém espessuras diferentes (Figura 1). Toda a cobertura foi feita com a madeira laminada, o que proporcionou uma análise do comportamento térmico quando utilizada nesta configuração (Figura 2). A partir destas informações, primeiramente definiu-se os principais parâmetros para avaliação da eficiência energética, através do software, e em seguida a simulação e resultados.

Figura 1 – Detalhamentos gerais da cobertura com madeira laminada.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2019

Figura 2 – Funcionamento da cobertura após montagem em obra.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2019

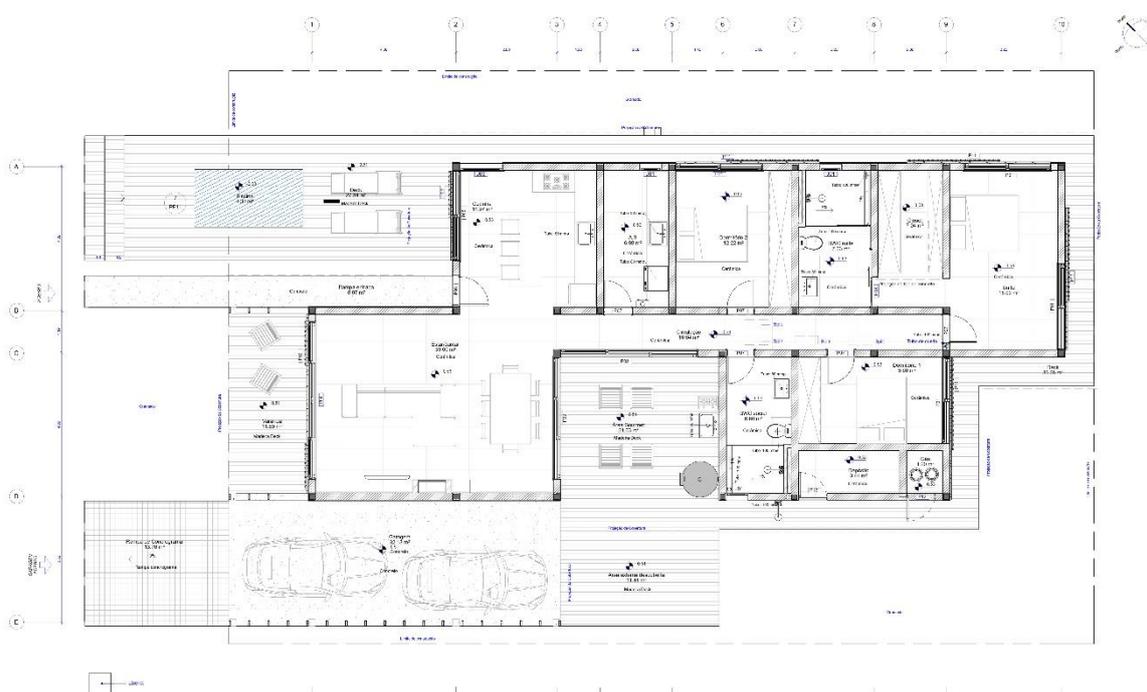
2.1. MODELAGEM COMPUTACIONAL

Obedecendo a todos os quesitos de detalhamento do projeto arquitetônico, a residência foi projetada e modelada a partir do software Autodesk Revit®, baseado na capacidade de tecnologia BIM, onde gerou-se as informações para os quantitativos e análises, dando maior precisão na construção.

2.2. Características da edificação

O objeto de estudo a ser analisado trata-se de uma edificação residencial com 260,44m², contando com ambientes internos como: área de estar e jantar integradas com a cozinha, área de serviço e banheiro social, um corredor que delimita acesso a dois dormitórios e uma suíte com closet e banheiro interligados. Ainda, na parte exterior possui espaço gourmet, garagem, deck e varanda, como observa-se na planta baixa apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Planta baixa da edificação.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2019

Os principais materiais da envoltória foram elencados, sendo eles: blocos de concreto, alumínio, vidro, e madeiras do tipo laminada colada, Itaúba e Angelim. Além disso, dados como orientação solar, dimensões em volume e em cortes para representação das zonas térmicas da edificação foram gerados no

software, a fim de criar o modelo digital para análise. Elementos internos tais como mobiliários, foram excluídos, pois não apresentam as características térmicas necessárias. A edificação possui pé-direito de 3,12 metros. Elaborou-se uma tabela com os principais dados de cada cômodo para posterior análise na Tabela 1.

Tabela 1 – Cômodos da edificação e dados gerais.

CÔMODO	ÁREA (m²)	PÉ-DIREITO (m)	ABERTURAS (Largura x Altura) (m)
Gourmet	21,63m ²	3,12m	3,40m x 2,80m 3,80m x 2,80m
Garagem	32,18m ²	3,12m	-
Deck	27,54m ²	3,12m	-
Cozinha	14,97m ²	3,12m	1,20m x 2,80m 2,50m x 2,80m
Estar/Jantar	33,05m ²	3,12m	4,40m x 2,80m
BWC Social	6,60m ²	3,12m	0,60m x 1,00m
Dormitório 1	9,66m ²	3,12m	2,40m x 2,80m
Dormitório 2	12,22m ²	3,12m	3,30m x 2,80m
Suíte	15,02m ²	3,12m	2,40m x 2,80m 2,40m x 2,80m
BWC Suíte	7,33m ²	3,12m	0,60m x 1,00m
Área de serviço	6,88m ²	3,12m	0,60m x 1,00m

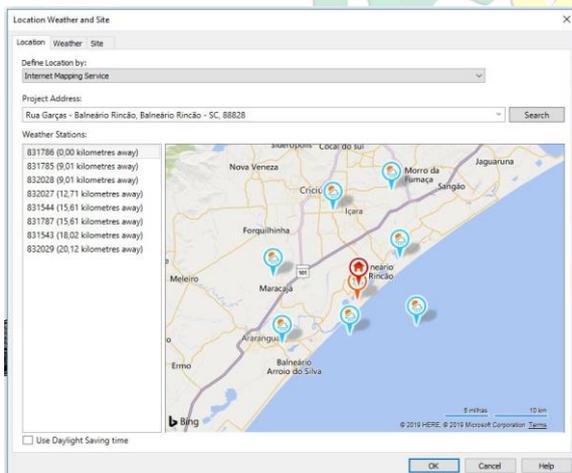
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2019

No que diz respeito aos dados indicados na Tabela 1, e na análise posterior de eficiência energética, um dos fatores determinantes para sensação de conforto em uma edificação, segundo Ribeiro (2008), é o movimento de ar que facilita as trocas de calor entre o indivíduo e o meio, e ainda fatores como a radiação dos elementos das vedações e umidade relativa, possibilitados principalmente pela dimensão e localização das aberturas. Quanto maior forem as aberturas de uma edificação, maior será a ventilação cruzada, que ocorre pela ação dos ventos e da pressão que estes exercem na edificação.

2.2.1. Localização e zona térmica da edificação

Para resultados da análise de eficiência energética do objeto de estudo escolhido, inseriu-se a localização geográfica no programa de modelamento, como observa-se na Figura 4, na cidade de Balneário Rincão, com as estações climáticas selecionadas. Elencou-se, ainda, a Zona Bioclimática de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que estabelece ainda algumas estratégias de projeto para o clima local. Na Zona Bioclimática 2, onde insere-se a residência, recomenda-se que as vedações externas sejam leves para paredes e coberturas, que, quando comparadas com o projeto, atendam a estas especificações, pois as paredes são constituídas de blocos de concreto e a cobertura em madeira laminada colada.

Figura 4 – Localização da edificação no programa de modelamento em vermelho, a estação climática adotada em laranja e em azul as estações climáticas disponíveis próximas.



Fonte: Autodesk Revit® 2019. Elaborado pelas autoras

2.3. Definição das propriedades térmicas dos materiais da envoltória

Através do modelamento da residência no programa, foram configuradas as principais propriedades térmicas dos materiais da envoltória, obtidas através da norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Segundo Queiróz (2015), esta prática está relacionada com as propriedades paramétricas disponibilizadas pela

tecnologia BIM, possibilitando a mudança de valores de materiais de modo que se obtenha resultados mais realistas.

Dentre os valores citados, destacam-se as propriedades térmicas dos materiais, compostas pela espessura, calor específico, densidade, condutividade e transmitância térmica, estas últimas apresentadas na Tabela 2. Ressalta-se que os valores de transmitância térmica, ou valor U, foi calculado através do programa, e que deve ser comparado com os valores especificados de acordo com a Zona Bioclimática 2.

Tabela 2 – Característica térmica dos materiais empregados na edificação.

MATERIAL	CONDUTIVIDADE TÉRMICA W/(m.K)	DENSIDADE Kg/m ³	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA W/(m ² .K)
Bloco de concreto	1,75	2400	2,35
Madeira tipo Angelim	0,17	800	0,31
Madeira tipo Itaúba	0,17	960	0,25
Madeira Laminada Colada	0,17	700	0,22
Alumínio	204	2800	2,39
Vidro	0,8	2500	3,16

Fonte: NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Elaborado pelas autoras, 2019

2.4. Simulação térmica

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a simulação térmica é uma ferramenta de apoio as decisões do projetista, sendo que quanto mais prematuramente for realizada, mais impactantes serão as mudanças e melhores resultados serão obtidos.

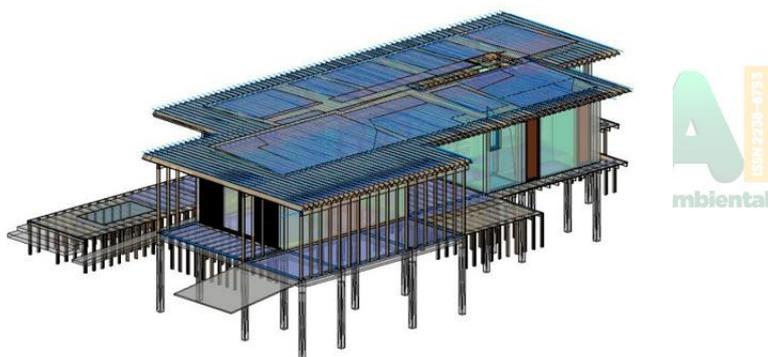
No caso do estudo proposto, foram utilizados dentro do programa Autodesk Revit ® algumas ferramentas integradas para análise da eficiência energética do modelo, como o Insight 360 e o Green Building Studio, ambos da Autodesk®. Os programas executaram a simulação através de um arquivo enviado à nuvem (ferramenta do programa para realização de tarefas), e os resultados foram obtidos através de um link para o acesso. Ainda, além das bases de análise,

definiu-se as configurações básicas de energia, como a localização da edificação, nível do terreno no projeto e tipo de construção.

2.4.1. Modelo analítico de energia

Ao serem inseridas todas as informações necessárias para simulação computacional de eficiência energética, o programa gerou automaticamente um modelo de energia, como observado na Figura 5. Queiróz (2015) conceitua a composição desta geometria detectada por uma casca fechada com piso, parede, cobertura e localização geográfica definida.

Figura 5 – Modelo de energia da edificação gerado pelo programa para análise de eficiência energética.



Fonte: Green Building Studio Autodesk, 2019. Elaborado pelas autoras

3. DADOS E DISCUSSÃO DA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO MODELO

Através da Tabela 2, obteve-se, com auxílio da plataforma, dados referentes a média da umidade relativa de cada ambiente da edificação estudada. Os valores apresentados são diretamente ligados com a temperatura de resfriamento da edificação, que é de 20°C e com a temperatura de aquecimento, sendo 25,5°C. De acordo com a porcentagem de distribuição da umidade relativa por ano na residência obtida, indica que os resultados vão de encontro com o valor médio de umidade relativa, segundo a Organização R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. esp , p. 345-362, fev. 2020

Mundial de Saúde (PAHO, 2005), que varia entre 40% e 70% para serem considerados ideais para o organismo humano.

Tabela 2 – Cômodos da edificação, área, volume e umidade relativa.

CÔMODO	UMIDADE RELATIVA (%)
Área gourmet	48,91
Garagem	48,56
Deck	49,66
Cozinha	49,80
Estar/jantar	51,22
Bwc social	50,31
Dormitório 1	51,82
Dormitório 2	49,48
Suíte	49,54
Bwc suíte	50,01
Área de serviço	52,45

Fonte: Green Building Studio Autodesk, 2019. Elaborado pelas autoras

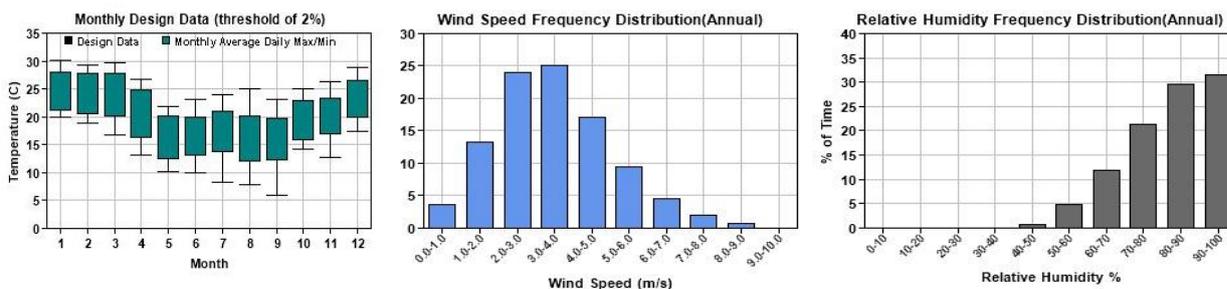
Quando os valores de umidade relativa atingem médias mais baixas que a estabelecida, há probabilidade significativa dos usuários desencadearem problemas de saúde, afetando diretamente na qualidade de vida e consequentemente nos parâmetros de conforto térmico da edificação. Além disso, quando estes valores não são adequados, há necessidade da instalação de sistemas climatizadores, gerando aumento do consumo de energia, considerando que os mesmos podem ter variações significativas ao longo do dia, sendo a umidade mais alta no período da manhã.

No que diz respeito as médias mensais de temperatura, de acordo com os gráficos apresentados na Figura 6, primeiramente tem-se o gráfico da média mensal do bulbo seco⁴. Observa-se que a temperatura da edificação permanece com a máxima de 27°C nos meses de verão, enquanto nos meses restantes varia de 25°C a 12,5°C, gerando uma mediana, ao longo do ano, próxima aos

⁴Temperatura do Bulbo Seco (TBS): é a temperatura do ar "à sombra", medida na escala Celsius (°C) e através de termômetro protegido contra radiações térmicas. (RORIZ, 2008, p.33)

19°C. Ainda, alguns fatores climáticos auxiliam nesta variação de temperatura, como a distribuição dos ventos, sendo mais intensa durante o inverno e a umidade relativa maior nos meses de verão. Comparando os dados obtidos, com os estabelecidos pela Agência de Vigilância Sanitária (2003), onde temperatura ideal em ambientes fechados é entre 23°C e 26°C, os valores são inferiores aos indicados. Entretanto, quando comparado com a classificação climática de Köppen e Geiger (1928, tradução nossa), que define a temperatura média para o Balneário Rincão de 19,5°C, pode-se afirmar que a edificação encontra-se com temperaturas dentro de sua zona climática, e indica-se que, ao longo do ano, promova condições satisfatórias de conforto térmico, implicando em um baixo consumo de aparelhos climatizadores.

Figura 6 –Dados climáticos da edificação quanto a média mensal do bulbo seco, distribuição dos ventos e umidade relativas.



Fonte: Green Building Studio Autodesk, 2019. Elaborado pelas autoras

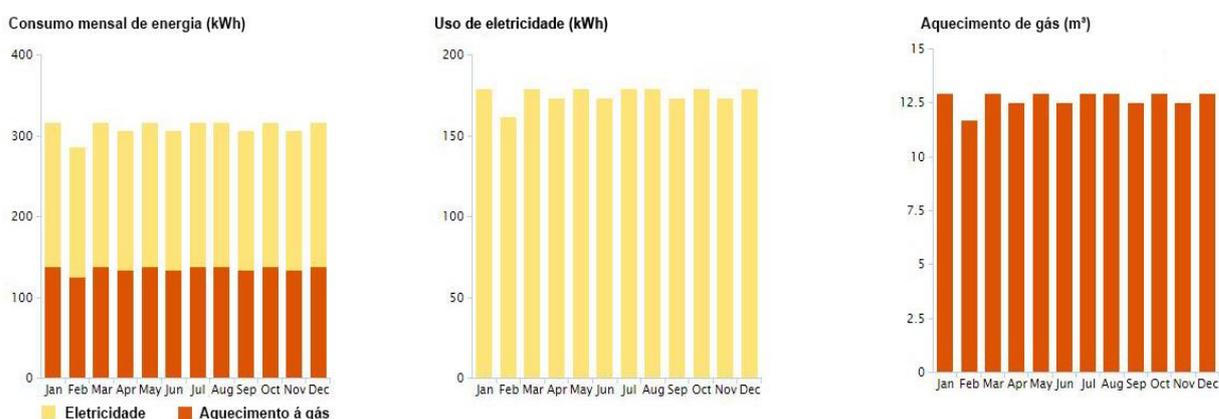
Ainda, a frequência de distribuição dos ventos está diretamente ligada as ações de projeto que são indicadas para a Zona Bioclimática 2, de acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005) cujo indica a estratégia de ventilação cruzada, favorecendo com que a temperatura interna da edificação fique confortável aos usuários.

Além disso, é importante destacar que os resultados são produtos dos materiais empregados na construção, em especial o papel da Madeira Laminada Colada como cobertura, elemento que na edificação recebe a influência direta dos raios solares. Os valores relativos de umidade da MLC variam em torno de 12% (WAHRHAFTIG, BRASIL e VENTURA, 2007), o que corresponde a uma umidade de equilíbrio de 20°C e 65% de umidade relativa, proporcionando que seu comportamento de contração e inchamento se reduza ao mínimo. Esses

valores resultam em uma estabilidade dimensional e uma variação insignificante do teor de umidade do material, representando, ainda, que o emprego da mesma na edificação atende a parâmetros mecânicos quando comparadas com a madeira maciça (MAGALHÃES e SANTOS, 2009).

São apresentados na Figura 7, o consumo mensal de energia, eletricidade e de aquecimento de gás conforme análises obtidas. Podemos notar que o consumo de eletricidade aumenta no período de verão por conta do resfriamento exigido pela edificação, enquanto o consumo de gás aumenta no inverno para suprir a demanda de aquecimento. Deste modo o consumo mensal de energia tende a ser equilibrado durante o ano.

Figura 7 – Gráficos de consumo mensal de energia, uso de eletricidade e aquecimento de gás na edificação.



Fonte: Green Building Studio Autodesk, 2019. Elaborado pelas autoras

Estima-se, com os dados obtidos, que a edificação consuma em torno de 2106 kWh por ano de eletricidade, fazendo com que a média mensal fique em torno de 175,5 kWh. Segundo Fedrigo, Gonçalves e Lucas (2009), a região Sul apresenta o maior consumo residencial entre as regiões geográficas do Brasil, com valores de 273,1kWh/mês no período do verão, e 261,3kWh/mês no inverno. Uma das justificativas para o consumo elevado na região Sul é também pelas maiores rendas familiares. Ainda, de acordo com os autores, o consumo médio de energia elétrica por residência nas Zonas Bioclimáticas brasileiras, no verão e no inverno, em especial na Zona Bioclimática 2 é de 178,22kWh/mês no verão e 187,52 kWh/mês no inverno.

Para Lamberts (1989) um dos fatores que mais contribui para reduzir a transmitância térmica da radiação solar transmitida para o interior da edificação é através da cobertura. O desempenho da cobertura depende do clima e material utilizado, além disso, o fluxo de calor é determinado pela espessura do material e a condutividade térmica. Portanto, as médias do consumo de energia com o uso da MLC na cobertura da edificação apresentam consumo de energia dentro da média da Zona Bioclimática 2, e abaixo da média da região Sul do país.

Assim, observa-se a importância de materiais de construção específicos (MLC) no conjunto da energia embutida e energia total consumida, associada ao menor impacto ambiental quando aplicados nas edificações. Em suma, o comportamento dos gráficos apresentados apresenta normalidade dos dados, visto que o consumo de energia no Brasil cresce nos meses mais quentes devido ao maior uso de aparelhos como ar condicionado e ventiladores para amenizar o calor, bem como o consumo de energia no ciclo de vida das edificações residenciais brasileiras é menor do que em países como Austrália e Suécia, em função do consumo operacional (TAVARES, 2006).

4. CONCLUSÕES



O sistema construtivo de MLC pode ser considerado como um novo conceito para a construção civil, pois possibilita a utilização de diversas maneiras, como elemento de laje ou de parede, além de ser uma alternativa para o desenvolvimento sustentável. Segundo Nogueira (2017), a Madeira Laminada Colada no mercado civil tem experimentado conquistas importantes, devido ao seu caráter versátil e desempenho com elevada resistência mecânica, apesar do seu baixo peso próprio. Entretanto, por se tratar de um produto recente, ainda pouco difundido na construção civil, é primordial a realização de estudos enquanto ao desempenho termoenergético em sua aplicação, a fim de usar de forma adequada esse elemento estrutural. As análises são necessárias para auxiliar no desenvolvimento de abordagens analíticas que consigam discorrer com precisão o comportamento da MLC.

No que diz respeito as análises realizadas, para que se garanta a eficiência energética no projeto da edificação desenvolvida na plataforma BIM, depende-

se especialmente da interoperabilidade entre os softwares de modelamento e os simuladores ambientais, conforme cita Martins (2011). Para isso, os programas utilizados destacaram-se como ferramentas de análise de eficiência energética satisfatórias, pois através dos dados fornecidos para a realização, avaliou-se a necessidade de alternativas de projeto, quando necessárias, de modo que se reduza o consumo de energia elétrica na edificação, e atenda aos parâmetros estabelecidos pelas normativas. Além disso, destaca-se também um avanço ao se realizar a simulação na nuvem, contribuindo para maior rapidez da análise.

Destes dados, os resultados apresentados, em relação a MLC na cobertura da edificação e das estratégias de projetos utilizadas, como grandes aberturas e ventilação cruzada, atenderam aos parâmetros de conforto especificados pela NBR 15220 (ABNT, 2005). Concluiu-se com os dados obtidos que a edificação possui todas as estratégias de construção necessárias para um consumo reduzido de energia, de modo que se tenha maior aproveitamento dos recursos naturais, enfatizando, ainda, a questão da sustentabilidade na construção civil.

Ainda que sejam relevantes os dados acerca do consumo de energia em residências, a eletricidade não é o principal insumo energético no ciclo de vida das edificações. Na questão de sustentabilidade, é necessário considerar o uso de energia para fabricação dos materiais de construção, do transporte e das parcelas de desperdícios na obra. Assim, a matéria prima da MLC, provinda das florestas manejadas, funciona sob os princípios sustentáveis, pois o material bruto está sempre disponível e crescendo de forma constante. Por isso, a MLC utilizada para a construção da edificação em estudo, torna-se relevante, sendo a cobertura o principal elemento de transmitância de calor para o interior da edificação.

Por fim, o consumo de energia no setor residencial é relevante não só em termos de eletricidade. Embora tendo um crescimento significativo nos últimos anos a eletricidade não é o principal insumo energético no ciclo de vida das edificações residenciais, nem mesmo na fase operacional. Sob o viés da sustentabilidade, deve-se sempre buscar novas estratégias e tecnologia para um mercado construtivo de qualidade em materiais e conforto térmico.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005b.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução n. 9: Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.** Rio de Janeiro, 2003

BONDUELLE, Ghislaine; IWAKIRI, Setsuo; CHIES, Daniel; MARTINS, Daniel, Fatores que influenciam no rendimento e laminação de Pinus Spp, **Floran**, [S. l.], v. 12, p. 35-41, 2005.

FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, P. F.; **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro.** 2009. 104 f. Relatório de Iniciação Científica (Departamento de Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FREIRE, Márcia Rebouças; AMORIM, Arivaldo Leão. A abordagem BIM como contribuição para eficiência energética no ambiente construído. In: Encontro Nacional de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 5., 2011, Salvador. **Anais [...]** Salvador: UFBA. p. 1-13.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: simulação computacional do desempenho termoenergético.** 4 ed. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

LAMBERTS, R. Desempenho Térmico de Materiais e Componentes de Edificação. In: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, 2., 1989. **Anais [...]** Florianópolis: UFSC, 1989.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3 ed. São Paulo: Prolivros, 2014.

MARTINS, Paola Calliari Ferrari. **A interoperabilidade entre sistemas BIM e Simulação Ambiental Computacional: estudo de caso.** 2011. 229 f.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MAGALHÃES, Luciana; SANTOS, Paulo, **A madeira laminada colada como material estrutural de uma construção sustentável**. Construindo, Belo Horizonte, v. 1, p. 25-27. 2009.

NOGUEIRA, Rodrigo de Sozua. **Proposta de um método de ensaio para o controle de qualidade na produção de elementos estruturais de MLC e LVL**. 2017. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

PAHO – PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION; WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **An Assessment of health effects of ambient air pollution in Latin America and the Caribbean**. Washington, D.C., 2005.

QUEIRÓZ, Gabriel Ramos. **Análise da interoperabilidade entre os programas computacionais Autodesk revit e energypus para a simulação térmica de edificações**. 2016. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

RIBEIRO, Luciana Pagnano. **Conforto Térmico e a Prática do Projeto de Edificações: recomendações para Ribeirão Preto**. 2008. 213 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

RORIZ, Maurício. **Conforto e Desempenho Térmico das Edificações**. Apostila da Disciplina – Universidade Federal de São Carlos, 2008.

SPANNENBERG, M. G. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: estudos de caso em Marau - RS**. 2006. 189 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

STUMPF, A.; KIM, H.; JENICEK, E. Early design energy analysis using BIMs. In: Construction Research Congress. 2009. **Anais [...]** Seattle: University of Washington, 2009.

TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. 2006. 225f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WAHRHAFTIG, Alexandre; BRASIL, Revolando; VENTURA, Alessandro.
Estrutura de madeira laminada colada. **Téchne**, [S. l.], v. 120, p. 1-8, 2007.

