



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

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

OTIMIZAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE FECHAMENTOS VERTICais DURANTE O PROCESSO DE PROJETO DE UMA HABITAÇÃO DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO¹

SILVA, Marcela (1); PEDRINI, Aldomar (2); GOULART, Solange (3)

(1) UFRN, e-mail: marcelamgermano@gmail.com; (2) UFRN, e-mail: apedrini@ufnnet.br; (3) UFRN, e-mail: aasolange@hotmail.com

RESUMO

O desempenho térmico da envoltória de habitações sustentáveis naturalmente ventiladas determina e influencia a abrangência do seu impacto ambiental. Este artigo aborda a integração do processo de concepção projetual à otimização do desempenho térmico, a partir do dimensionamento das áreas correspondentes aos ganhos térmicos por radiação solar e às perdas de calor por renovação de ar. Tem como objetivo quantificar as áreas transparentes e as áreas permeáveis da envoltória visando o conforto térmico durante todo ano de uma habitação localizada na cidade do Natal. O método é composto por três abordagens principais: determinação das estratégias bioclimáticas na etapa de concepção projetual; simulações do desempenho térmico da habitação; tratamento e análise dos resultados a partir do número de ocorrências das horas em conforto térmico. As simulações dão respaldo à evolução do partido arquitetônico ao quantificar a influência dos aspectos da envoltória no conforto térmico. Esta avaliação contribuirá para a futura elaboração de recomendações projetuais, viabilidade das alternativas e potenciais aplicações.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Habitação. Conforto Térmico.

ABSTRACT

The thermal performance of naturally ventilated sustainable dwelling envelope determines and influences the scope of its environmental impact. This article discusses the integration of design process in order to optimize the thermal performance, from the design of the corresponding areas to the thermal benefits obtained from the solar radiation and heat loss form the air renewal. It aims to quantify the transparent areas and permeable areas of the surface area having as a goal thermal comfort all year long of a housing located in the city of Natal. The method consists of three main approaches: determining the bioclimatic design strategies; simulations of the thermal performance; processing and analysis of results of the aspects of thermal comfort. The simulations support the development of the architectural side in order to quantify the environmental impact of housing. This will contribute to the future development of projective recommendations, feasibility of alternatives and potential applications.

¹ SILVA, Marcela; PEDRINI, Aldomar; GOULART, Solange. Otimização do desempenho térmico de fechamentos verticais durante o processo de projeto de uma habitação de baixo impacto ambiental em clima quente e úmido. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: Thermal Performance. Dwellings. Thermal Comfort.

1 INTRODUÇÃO

Esse artigo aborda a otimização do desempenho térmico da envoltória de uma habitação que tem como premissa o baixo impacto ambiental, da concepção do projeto ao detalhamento da envoltória (áreas transparentes e/ou permeáveis, cores externas e formas de uso).

A habitação de baixo impacto ambiental abordada é um projeto piloto no contexto das pesquisas realizadas pelo Labcon-UFRN, com rebatimento no ensino e na extensão, que visa difundir práticas apropriadas para o clima quente e úmido (GERMANO et al., 2014). O projeto foi denominado HABT0 em referência às mudanças de hábitos dos ocupantes necessárias para que realmente tenha um impacto ambiental diferenciado do usual, a começar pelo programa de necessidades enxuto.

Os principais aspectos programáticos correspondem à necessidade do casal de proprietários, metas de desempenho e conforto ambiental, compatibilização com as pesquisas desenvolvidas pelo LabCon-UFRN, recursos financeiros disponíveis, condicionantes ambientais bioclimáticas, análise e integração com o entorno, competências profissionais acessíveis, promoção de saúde aos proprietários, processo projetual e construtivo integrado, estratégias de gestão da água, resíduos e energia.

Um dos aspectos a ser explorado no desenvolvimento da Habit0 é a otimização do desempenho térmico dos fechamentos verticais, tendo em vista que arquitetura deve ser tratada como uma envoltória reguladora, permeável e controlada entre os ambientes externo e interno (CEF, 2010).

Considerando-se o desempenho térmico da edificação por meio de soluções adotadas em projeto visando propiciar maior conforto térmico, a definição de alguns fatores é determinante. Itens como: orientação solar para minimização de ganhos solares indesejáveis, disposição das aberturas em relação aos ventos dominantes, dimensionamento de abertura de ventilação e iluminação natural e dos materiais de construção levando o clima local contribuirão para melhorar o conforto ambiental e, consequentemente, para a racionalização no uso de equipamentos para climatização destes ambientes e na redução do consumo energético.

Entre as características solicitadas pelos proprietários tem-se uma construção modular leve, em madeira, pré-fabricada, com envoltória flexível que possibilite uma melhor integração com o entorno.

Nesse artigo são descritas as características que levaram à concepção do projeto e os procedimentos de determinação das características principais dos fechamentos verticais para obtenção do conforto térmico de modo passivo.

2 OBJETIVO

O objetivo é quantificar as áreas transparentes e as áreas permeáveis da

envoltória para que a habitação possa proporcionar conforto térmico durante todo ano. As áreas transparentes correspondem aos ganhos térmicos por radiação solar e as áreas permeáveis correspondem as perdas de calor por renovação de ar. A quantificação das áreas está integrada ao desenvolvimento do projeto arquitetônico: ocorre após a concepção da implantação e volumetria baseadas em diretrizes. Nessa abordagem, a edificação ainda tem caráter de esboço quanto às soluções estéticas da envoltória.

3 MÉTODO

O método consiste de três abordagens principais: concepção de projeto por meio de estratégias bioclimáticas; simulações do desempenho térmico da habitação; e tratamento dos resultados com a análise das ocorrências de conforto térmico.

3.1 Concepção do projeto

O projeto é concebido a partir das estratégias bioclimáticas e recomendações de condicionamento passivo (OLGYAY e OLYGAY, 1957; OLYGAY, 1963; SZOKOLAY, 2004; ABNT, 2005; 2008; PACHECO, 2016) para o sítio (Figura 1). O clima de Natal é predominantemente confortável, sendo que o desconforto ao frio não é suficiente para incentivar estratégias de aquecimento passivo, e o desconforto ao calor pode ser resolvido com o movimento de ar. O princípio para obter conforto térmico é evitar a entrada da radiação solar ou geração de carga térmica interior que exija resfriamento (ativo). Além disso, gerar potencial de ventilação para mover o ar internamente e remover o calor interno por renovação, na tentativa de proporcionar condições internas similares ao do exterior, porém sem radiação térmica. Em síntese, as recomendações são sombrear e ventilar.

Figura 1. Localização do terreno



Fonte: Adaptado de (Google, 2016)

O rebatimento em soluções arquitetônicas implica em volume largo e pouco profundo com implantação das maiores fachadas para o Norte e Sul. Para a solução das recomendações bioclimáticas, consideram-se os benefícios da incidência solar mais tangencial do que a de topo (como no caso Leste e Oeste) para inserir elementos de sombreamento que não comprometam a integração e contato visual entre o interior e o exterior, e que possibilitem

uma fração de céu visível suficiente para o uso de luz natural. Também há o favorecimento do potencial de ventilação por diferença de pressão, uma vez que a incidência de vento varia entre o Leste e o Sul. Os elementos de sombreamento são pré-dimensionados por meio do programa Sun Tool (MARSH, 2001). O programa permite verificar se o tipo e forma dos protetores são adequados e otimizados para o sombreamento desejado.

3.2 Simulações térmicas

A segunda abordagem consiste na simulação do caso base e suas variações para a análise paramétrica dos fatores relacionados aos ganhos de calor por radiação solar e a remoção do calor por meio da ventilação natural. As simulações são realizadas no programa DesignBuilder 3.4.0.041 (DesignBuilder Software, 2006) com o arquivo climático de 2009 (RORIZ ENGENHARIA BIOCLIMÁTICA, 2014). O programa permite simular as condições de temperatura interna a partir dos materiais e sistemas construtivos, assim como condições de uso da edificação.

3.2.1 Caso base

O caso base é modelado e simulado de acordo com as características da Tabela 1, com rotinas de ocupação estipuladas pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (COMITÊ GESTOR DE INDICADORES E NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA et al., 2011).

Tabela 1. Características do caso base

Item	Descrição	
Ambientes	Sala, cozinha, quarto e banheiro.	
Ocupação	Número de ocupantes	2 pessoas
	Densidade	Densidade – 0,01 pessoas/m ²
	Taxa metabólica	108W - sentado ou assistindo TV (COMITÊ GESTOR DE INDICADORES E NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, GRUPO TÉCNICO EDIFICAÇÕES DO MME et al., 2011)
	Carga interna equipamentos	1,5W/m ² (Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, Grupo Técnico Edificações do MME et al., 2011) – rotina de uso: 24h
	Carga interna iluminação natural	Densidade de Potência Instalada – 5W/m ² (Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, Grupo Técnico Edificações do MME et al., 2011)
Sistemas construtivos	Fechamento vertical	Fechamento em painel modulado de madeira de 1,5cm de espessura, com transmitância térmica de 2,985 W/m ² .K (ABNT NBR 15220, 2005) e absorção de 0,7 (SCHAEFER, 2014)
	Cobertura	Cobertura em telha branca termo acústica com transmitância térmica de 0,787 W/m ² .K (ABNT NBR 15220, 2005) e absorção de 0,1 (SCHAEFER, 2014)

	Piso	Piso elevado em madeira de 2,0cm de espessura com transmitância térmica de 1,95 W/m ² .K (ABNT NBR 15220, 2005) e absorção de 0,30 (SCHAEFER, 2014)
Aberturas	Fachada Norte	<p>Pav. Térreo com aberturas sombreadas a protetor solar horizontal de 1,20m de profundidade com baixa refletividade:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 1,478m² de veneziana (vent) – rotina de uso: sempre aberta; (2) esquadria em madeira e vidro simples 3mm com 3,796 m² e área efetiva de ventilação de 100%; (3) Abertura superior em bandeira de luz com 1,716 m², e área efetiva de ventilação de 50%; <p>Pav. Superior com abertura sombreada o beiral de 1,20m de profundidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> (4) 1,478m² e 2,598m² de veneziana (vent) – rotina de uso: sempre aberta.
	Fachada Sul	<p>Pav. Térreo com aberturas sombreadas a protetor solar horizontal de 1,20m de profundidade com baixa refletividade:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 2,502m² de veneziana (vent) – rotina de uso: sempre aberta; (2) esquadria em madeira e vidro simples 3mm com 4,136 m² e área efetiva de ventilação de 100% – rotina de uso: 50% do tempo aberta; (3) Abertura superior em bandeira de luz com 1,632 m², e área efetiva de ventilação de 50%; <p>Pav. Superior com abertura sombreada o beiral de 1,20m de profundidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> (4) 2,523m² de veneziana (vent) – rotina de uso: sempre aberta.
	Fachada Leste	Sem abertura
	Fachada Oeste	<p>Pav. Térreo com aberturas sombreadas a protetor solar horizontal de 2,40m de profundidade com baixa refletividade:</p> <p>Esquadria de madeira e vidro simples 3mm com 4,611 m² e área efetiva de ventilação de 100% – rotina de uso: sempre aberta.</p>

Fonte: Os autores

Desconsidera-se o sombreamento que pode ser obtido por meio do paisagismo no futuro, e a correção da velocidade e direção do vento porque a edificação não está na esteira de vento de outra edificação. Não

houve necessidade de corrigir a temperatura do solo porque a edificação está elevada 80 cm. Para tanto, o modelo foi deslocado em 80cm acima do zero no eixo Z do programa.

3.2.2 Alternativas

Os procedimentos de análise do impacto das alternativas se iniciam com a **análise de impacto da cor externa**. Trata-se de uma característica e definição em aberto que impacta na absorção pelos fechamentos opacos de radiação solar. Foram analisadas absorções de 0,3 (caso A1), 0,5 (caso A2) e 0,7 (caso A3), sem aberturas e com infiltração de 5 trocas por hora, para destacar o impacto da absorção.

A questão das **aberturas permeáveis** à ventilação no projeto também está aberta no partido e por isso foram realizadas simulações exploratórias prévias. Estas demonstraram que poucas variações de aberturas são suficientes para identificar seu impacto. As aberturas permeáveis ao vento são consideradas opacas, à exemplo das venezianas regionais conhecidas como o tabicão (Figura 2). As trocas de ar são calculadas a cada hora por meio do EnergyPlus Airflow Network (GU, 2007), que considera o período e a fração permeável da abertura, o setpoint de abertura, dimensões, coeficiente de descarga e coeficiente de pressão de acordo com o ângulo de incidência do vento.

A quantidade de tabicões varia quanto à:

- Localização na fachada: inferior na fachada Sul e superior na fachada Norte (caso B1)
- Orientação: em todas as fachadas (caso B2)
- Quantidade: com todas as áreas de tabicão dobradas (caso B3).

Foram considerados os modelos sem carga interna e sem áreas transparentes para destacar o impacto da ventilação.

Figura 2 – Exemplo de esquadria com Tabicão



Fonte: <http://www.madeireiramaponga.com.br/janelas.html>

O partido também não apresenta uma definição estética quanto às áreas transparentes, desde que proporcionem luz natural e interação com o exterior. Nas simulações foram considerados:

- Modelagem de aberturas que abrem: foi considerada a limitação do programa que, ao abrir uma porta ou janela, não considera o ganho térmico de radiação térmica porque o programa considera a abertura opaca² (mesmo aberta) à radiação e transparente somente à ventilação. Portas ou janelas que abrem devem ser transparentes para garantir que haverá ganho de radiação solar, sendo que é importante considerar uma rotina para prever sombreamento na abertura quando aberta, a exemplo da porta voltada para Oeste.
- Impacto das aberturas envidraçadas: quando as áreas envidraçadas abrem, há grande aumento da ventilação, fazendo com que as temperaturas internas e externas tendem a se igualar, sendo que o desconforto por calor é decorrente da temperatura radiante média.
- Adição de áreas transparentes:
 1. A partir de modelos sem áreas transparentes e com ventilação proporcionada por tabicões no Sul e no Norte com área de ventilação efetiva de 100% (caso B4) e com área de ventilação efetiva de 50% (caso B5);
 2. Colocação de três módulos transparentes (mantendo o guarda corpo opaco) para o Sul e três para o Norte somente no pavimento térreo, e dois totalmente abertos para o mezanino, sem acionamento do sombreamento (caso B6);
 3. Modelagem de um protetor externo vertical tipo retrátil nas aberturas envidraçadas: quando a radiação solar supera 120 W/m² (caso B7).

O impacto do **sombreamento** é analisado como procedimento final para justificar a preservação dos protetores pensados durante o partido, em condições de ventilação (caso C1) e sem ventilação natural (caso C2).

3.3 Critérios de análise

Os resultados são analisados quanto ao percentual de horas em conforto térmico no ambiente integrado sala/cozinha/quarto. Foi utilizado o método adaptativo (SPAGNOLO E DE DEAR, 2003) integrado à ventilação natural (NEGREIROS, 2010)³, e atualizado com as proposições para a norma de conforto térmico brasileira (LAMBERTS *et al.*, 2013), que considera velocidade do ar interna⁴ de 1,2 m/s (obtida naturalmente ou por ventilador de teto). São quantificadas as ocorrências de desconforto ao frio, conforto, conforto obtido por movimento de ar, e desconforto ao calor a cada hora, conforme

² Testado no modelo.

³ Para a determinação das condições de conforto considerou-se um incremento de $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$ para a definição dos limites superior e inferior da zona de conforto – equivalente a 80% dos usuários em conforto – e uma velocidade do ar de 1,2 m/s, que estabelece o limite superior da zona de conforto com movimentação de ar em $2,2^{\circ}\text{C}$ acima do limite da zona de conforto.

⁴ De acordo com Lamberts (2013), se a temperatura operativa é maior que 25°C , então permite-se um incremento de até $2,2^{\circ}\text{C}$ para velocidade de 1,2m/s.

apresentado nos gráficos 1, 2, 3 e 4.

Os resultados são apresentados em termos de ocorrência de conforto térmico, conforto térmico com movimento de ar, desconforto ao frio e ao calor, comparados ao do clima externo.

Foram realizadas análises complementares que empregam gráficos horários do DesignBuilder para análises combinadas específicas. Renovação de ar para avaliar o impacto das aberturas na ventilação natural. Temperatura de bulbo seco do ar para avaliar as mudanças de temperaturas, mais influenciadas pela renovação de ar. Temperatura radiante média para avaliar o impacto das aberturas transparentes e da absorção térmica do exterior, que impactam mais no aquecimento das superfícies.

4 RESULTADOS

4.1 Descrição do partido arquitetônico

O partido consiste de um bloco com maiores fachadas para Norte e Sul, coberta com uma única águia com longos beirais (Figura 3). É composto por ambientes integrados entre sala, cozinha e quarto (no mezanino), e um banheiro no térreo, além das áreas de serviço e varanda (Figura 4 e Figura 5). Sua área construtiva total é de 43,50m².

Figura 3. Esboço do partido (testada maior do terreno voltado para o Oeste)



Fonte: Germano et al., 2014

Figura 4. Planta baixa térreo



Fonte: Germano et al., 2014

Figura 5. Planta pavimento superior

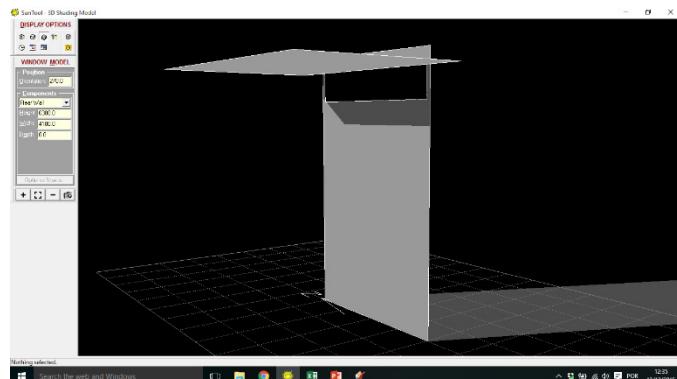


Fonte: Germano et al., 2014

A cobertura apresenta grandes beirais, formado por telha sanduíche metálica termo acústica na cor branca. O sistema construtivo da coberta é leve, e necessita de reduzido sistema estrutural. Integrado a este, os protetores solares laterais são empregados nas fachadas Norte e Sul, ao longo de toda sua extensão. Os elementos de sombreamento, beirais (Figura 6 e Figura 7) e protetores solares, modelados por meio do programa Sun Tool

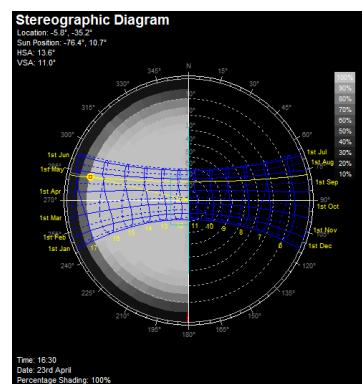
(MARSH, 2001), demonstra seu desempenho e influência no conforto térmico. Nessa fachada, há 100% de sombreamento ao longo de todo o ano até as 16h30, podendo chegar até as 17h nos meses de verão.

Figura 6. Sombreamento do beiral da fachada Oeste (23 de abril, 16h30)



Fonte: Os autores

Figura 7. Diagrama solar da fachada Oeste (23 de abril, 16h30)



Fonte: Os autores

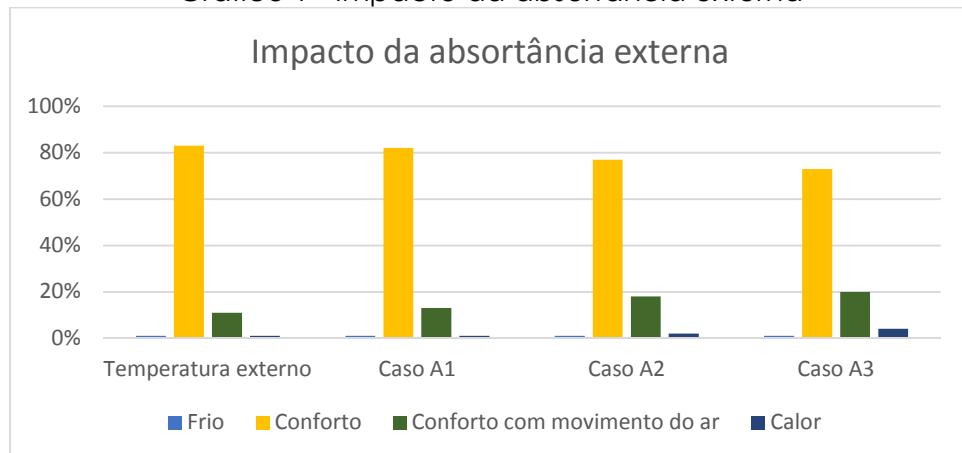
A elevação da habitação com relação ao solo aumenta a exposição do volume à ventilação natural, permite o acesso à manutenção de instalações, diminui o impacto ao terreno local, preserva a madeira e protege o sistema construtivo escolhido da umidade natural do solo.

4.2 Análise de impacto da cor externa

As análises começam pela absorção, seguida de áreas permeáveis, transparentes e sombreamento.

A absorção de 30% é suficiente para aproximar os valores de temperatura interna com os de temperatura externa (clima externo), enquanto que o aumento da absorção impacta na maior necessidade de movimento do ar para remoção do calor a fim de proporcionar o conforto, conforme Gráfico 1.

Gráfico 1 - Impacto da absorção externa

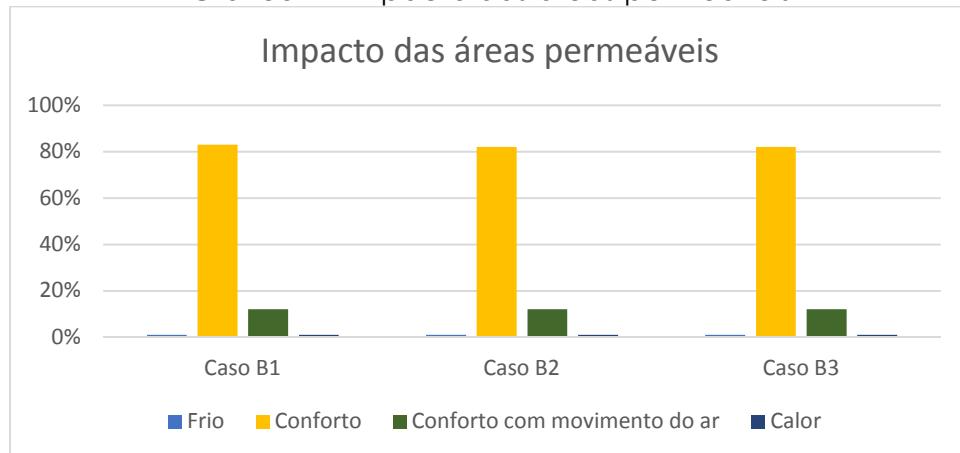


Fonte: Os autores

4.2.1 Análise das aberturas permeáveis

A área permeável pensada inicialmente, com tabicões na parte de baixo da fachada Sul para entrada de ar, e tabicões ao alto da fachada Norte para a saída de ar, são suficientes para aproximar as condições de ar interna da externa (Gráfico 2⁵). O motivo é o alto potencial de ventilação, que facilmente atinge 100 renovações/h, com exceção dos períodos de calmaria, como no início da manhã. O aumento de áreas permeáveis pode se justificar se houver maior carga interna de calor do que o previsto. Na prática, basta abrir as janelas.

Gráfico 2 - Impacto das áreas permeáveis



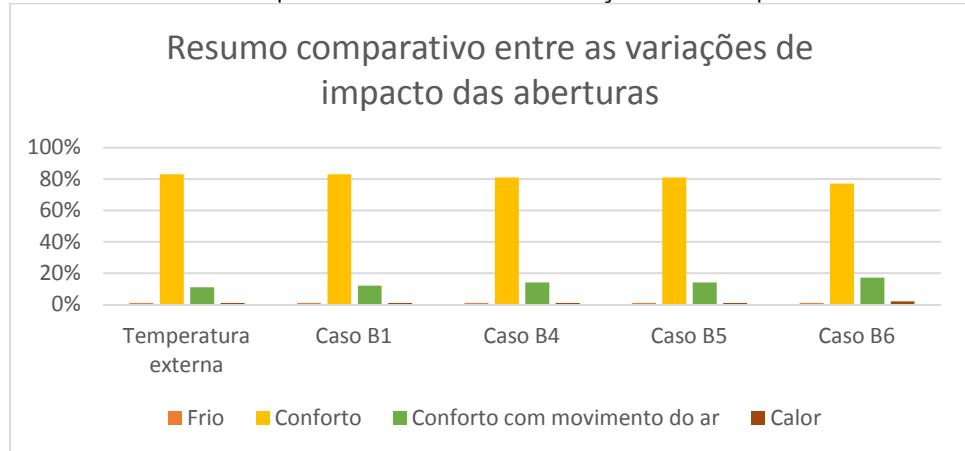
Fonte: Os autores

Conforme Gráfico 3⁶, as bandeiras de luz pouco impactam no conforto térmico, justificando seu uso. Ao aumentar as áreas envidraçadas, há um aumento de 4% de horas de conforto com movimento de ar, e aumento de 1% para 2% de ocorrência de desconforto por calor. A presença de um protetor externo quando a radiação solar supera 120 W/m² diminui a carga térmica e aumenta a ocorrência de conforto de 77% para 79%, e o desconforto por calor cai de 2 para 1%, demonstrando sua eficácia.

⁵ O caso B1 representa o caso base corrigido com porta para Oeste sem isolamento, sem carga interna

⁶ O caso B1 representa o caso base corrigido com porta que não abre

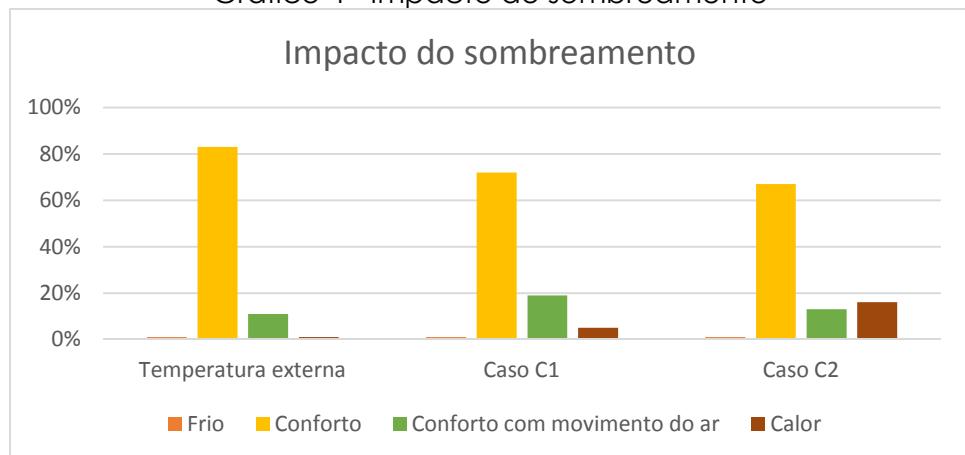
Gráfico 3 - Resumo comparativo entre as variações de impacto das aberturas



Fonte: Os autores

A influência do sombreamento na temperatura do ar é pequena quando há muita ventilação natural. Na ausência de sombreamento, o desconforto por calor aumenta para 5% enquanto houver ventilação. Entretanto, ao eliminar a ventilação, o desconforto por calor aumenta para 16% (Gráfico).

Gráfico 4 - Impacto do sombreamento



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

As simulações se mostraram úteis para dar continuidade ao desenvolvimento do partido arquitetônico ao quantificar o impacto das principais características ainda indefinidas. Foram descartadas as cores escuras de madeiras brasileiras, a necessidade de muita área de tabicão (que é caro) e o uso de muita transparência quando fechada, além de confirmar a importância do sombreamento, conforme Figura 8.

Foi demonstrado o desempenho satisfatório das áreas permeáveis originais do projeto arquitetônico, indicando a eficiência da envoltória e o potencial de ventilação da implantação. A inserção de áreas transparentes impacta pouco desde que haja movimento de ar, facilmente garantido pelos tabicões e aberturas das janelas existentes.

Figura 8. Partido após as simulações



Fonte: Germano et al., 2014

AGRADECIMENTOS

Ao CAPES pela Bolsa de Mestrado, ao Laboratório e ao Programa de Pós-Graduação, pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Desempenho térmico de edificações**. RIO DE JANEIRO: ABNT. NBR15220: 66 p. 2005.

_____. **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR15575-1:2008: 58 p. 2008.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, CEF. **Selo Casa Azul**: Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010.

COMITÊ GESTOR DE INDICADORES E NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA; GRUPO TÉCNICO EDIFICAÇÕES DO MME; SECRETARIA DO GRUPO TÉCNICO DE EDIFICAÇÕES – GT EDIFICAÇÕES; INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, N. E. Q. I.; ELETROBRÁS/PROCEL; EQUIPE DO PROCEL EDIFICA; LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEEE – UFSC. **RTQ-R. REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS 2011**.

DESIGNBUILDER SOFTWARE, L., Ed. **DesignBuilder 1.2 User Manual**, p.363ed. 2006.

GERMANO, M. D. M.; RUCK, A.; OVÍDIO, C.; PACHECO, G.; OLIVEIRA, R. **Habit0, projeto de habitação tropical de energia zero**. Natal: LabCon 2014.

GOOGLE. Google Earth. 2016. Acesso em: fevereiro.

Gu, Lixing. **Airflow Network Modeling in EnergyPlus**. 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition on September 3-6, 2007 in Beijing, China

LAMBERTS, R.; CÂNDIDO, C.; DEAR, R. D.; VECCHI, R. D. **Towards a Brazilian Standard on Thermal Comfort. Research Report.** Florianópolis: 123 p. 2013.

LIGGETT, R.; MILNE, M.; GOMEZ, C.; LEEPER, D.; BENSON, A.; BHATTACHARYA, Y. **Climate Consultant 6.** California, Los Angeles: Murray Milne 2016.

MARSH, A. **SUNTOOL v1.10 - Window Shading and Overshadowing.** Perth (Australia) 2001.

NEGREIROS, B. D. A. **Análise de métodos de predição de desempenho térmico de habitação em clima quente-úmido com condicionamento passivo.** 2010.
(Mestrado). Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

OLGYAY, A.; OLYGAY, V. **Solar control & shading devices.** Princeton: Princeton University Press, 1957. 201p.

OLGYAY, V. **Design with climate : bioclimatic approach to architectural regionalism.** Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1963. 190.

OLIVEIRA, B. L. F.; PEDRINI, A.; PINTO, E. M. Análise multicritério de duas edificações de madeira em Natal/RN. XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2016, Curitiba. 09 a 11 de março.

PACHECO, G. H. S. **DETERMINAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES BIOCLIMÁTICAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL DE QUATRO CLIMAS DO RIO GRANDE DO NORTE.** 2016. (mestrado). PPGAU, UFRN, Natal.

RORIZ ENGENHARIA BIOCLIMÁTICA. Base de dados climáticos de 411 municípios brasileiros. São Carlos - SP, 2014. Disponível em: <http://www.roriz.eng.br/epw_9.html>. Acesso em: outubro.

SPAGNOLO, J.; DE DEAR, R. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. **Building and Environment**, v. 38, n. 5, p. 721-738, MAY 2003. Disponível em: <<Go to ISI>://000181570400010>.

SZOKOLAY, S. V. **Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design.** Bullington, Great Britain: Architectural Press, 2004. 328 ISBN 0750658495.