

BARREIRAS PARA A INTRODUÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL À PRÁTICA DE PROJETO ARQUITETÔNICO: O caso de um edifício institucional em Curitiba-PR

Marina von Meusel (1); Fernando Westphal (2)

(1) Ma., Arquiteta e Urbanista, mvonmeusel@yahoo.com.br, tel.: (54) 99163-3929.

(2) Dr., Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, fernando.sw@labcon.ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Conforto Ambiental, Florianópolis-SC, 88040-970, tel.: (48) 3721-9550.

RESUMO

Atualmente, o ambiente construído é umas das principais fontes de consumo energético. A integração do projeto de arquitetura às questões ambientais torna-se essencial para minimizar o dispêndio de energia dos edifícios e reduzir as emissões de CO₂. Ferramentas de simulação permitem prever o consumo de energia e obter dados de conforto dos edifícios. Quando aplicados ainda às etapas iniciais, esses programas, possibilitam o refinamento gradual do projeto e auxiliam o projetista na tomada racional de decisão. Entretanto, a inclusão de simulação nas primeiras fases projetuais ainda não compõe as atuais metodologias de processo de projeto. O objetivo deste estudo é verificar as atuais barreiras para a introdução de simulação de desempenho energético ao projeto de arquitetura. Um estudo de caso, ainda em fase projetual, foi selecionado para aplicação de análises energéticas por meio do programa EnergyPlus. O resultado de simulação do caso aponta o potencial da utilização de ferramentas de desempenho como auxílio à tomada de decisão dos arquitetos na seleção de estratégias de projeto. Verificou-se a dificuldade dos arquitetos na compreensão dos indicadores de energia extraídos, demonstrando que os conceitos de física aplicada, como transferência de calor, não fazem parte do cotidiano de projeto. A diferença de tempo existente entre modificar estratégias de projeto em programas de desenho e verificar o desempenho energético de componentes de arquitetura também caracterizou-se como uma dificuldade para a aplicação de simulação. Foi constatada a complexidade de utilizar programas de desempenho durante as diferentes fases projetuais.

Palavras-chave: simulação computacional de desempenho, projeto de arquitetura, barreiras.

ABSTRACT

Currently, the built environment is a major source of energy consumption. The integration of architectural design with environmental issues becomes essential to minimize the energy expenditure of buildings and reduce CO₂ emissions. Simulation tools allow you to predict energy consumption and get building comfort data. While still applied to the initial stages, these programs enable the gradual refinement of the proposal and help the designer in rational decision making. However, despite the benefits of this practice are consolidated, the inclusion of simulation to conceptual stages yet composes the current design process methodologies. The objective of this study is to verify the current barriers to the introduction of simulation of energy performance to the architecture project. A case study, still in the design phase, was selected for the application of energy analyses through EnergyPlus software. The simulation results of cases show the potential of performance tools in the selection of design strategies. The difficulty of architects to understand the extracted energy indicators show that physical concepts applied, such as heat transfer, are not part of the project daily. The time difference between modifying design strategies in design programs and verifying the energy performance of architectural components was also characterized as a difficulty for the simulation application. The complexity of using performance programs during the different design phases was verified.

Keywords: computer simulation performance, architectural design, barriers.

1. INTRODUÇÃO

Desde os anos de 1990 a discussão sobre o impacto ambiental de edifícios tem alcançado dimensões globais. Segundo Levine et al. (2007) o setor de edificações é identificado como líder mundial em emissões de CO₂. Em contraponto, o grande potencial de redução de gases de efeito estufa nos edifícios é apontado no quarto relatório produzido pelo Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), destacando que as decisões e oportunidades de projeto e o comportamento do usuário contribuem diretamente para o consumo energético final.

A arquitetura voltada ao clima pode reduzir significativamente o consumo de energia das edificações, requerendo do projetista análises e estudos que contemplem as condições ambientais locais, tais como: temperatura do ar; umidade; radiação solar; ventos; ruído e, ainda, qualidade do ar (GONÇALVES e DUARTE, 2006). A seleção de componentes de poupança de energia em edifícios depende da inclusão de ferramentas de simulação computacional em todas as fases do projeto, permitindo que os profissionais envolvidos compreendam os fenômenos físicos e demais fatores que interferem na arquitetura.

No caso de uso para projetos, a ferramenta de simulação pode fornecer dados para uma correta seleção dos sistemas a serem utilizados e auxiliar na seleção de estratégias arquitetônicas para redução do consumo de energia (GONÇALVES e BODE, 2015). Entretanto, Mendes et al. (2005) concluíram que no Brasil os escritórios de engenharia e arquitetura ainda não empregam análises computacionais de desempenho térmico e energético de edificações. Os pesquisadores Wilde e Voorden (2004) apontam que a maioria das estratégias de economia energética são selecionadas baseadas em analogias e aproximadamente 80% de todos os componentes de poupança são selecionados sem considerar diferentes alternativas de projeto, demonstrando que a seleção das estratégias é totalmente intuitiva, após realizarem um questionário sobre como são selecionados os componentes de eficiência energética durante o processo de projeto para arquitetos e consultores envolvidos na concepção de edifícios eficientes nos Países Baixos.

A baixa introdução de parâmetros de desempenho energético em edificações está relacionada com a falta de uso de ferramentas de simulação como suporte de decisão de projeto. Morbitzer et al. (2001) ressaltam que os programas de simulação são complexos e estranhos à prática de projeto. Segundo Bambardekar e Poershke (2009) os arquitetos não compreendem de que maneira transferir as diversas questões de projeto para a simulação. Dessa forma, as soluções projetuais têm ocorrido de forma intuitiva e com base no conhecimento adquirido por experiência dos profissionais.

As ferramentas de simulação de desempenho tornam-se incompatíveis à prática de projeto devido aos dados de saída não relatarem conceitos considerados significativos para os arquitetos. Isto faz com que os profissionais contem com sua própria experiência (aprendendo fazendo) para a realização de análises ambientais, sendo esta a forma de resolução de problemas de projeto (TUCKER e SOUZA, 2013).

Diante dessa problemática, a presente pesquisa aborda um estudo de caso real onde a simulação de desempenho é aplicada a um projeto arquitetônico, ainda em fase de desenvolvimento. Para as análises energéticas utilizou-se a ferramenta EnergyPlus. Foram levantadas e observadas as atuais barreiras existentes para a integração da simulação computacional à prática projetual.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é verificar quais as barreiras existentes à aplicação de simulação computacional em um caso real, abordando a fase inicial de projeto de um edifício institucional localizado em Curitiba-PR.

3. MÉTODO

O método deste trabalho compreendeu duas diferentes etapas, a caracterização do estudo de caso e a análise de desempenho energético do projeto arquitetônico. A partir da conclusão destas duas fases foram levantadas as barreiras à aplicação de simulação de desempenho energético durante a fase inicial do projeto de arquitetura.

3.1 Caracterização do estudo de caso

A definição da metodologia desta pesquisa compreendeu a abordagem de um estudo de caso real que corresponde a um projeto arquitetônico o qual encontrava-se em fase inicial, partido arquitetônico, e apresentava potencial para aplicação do processo de simulação computacional. O estudo foi desenvolvido por um escritório de arquitetura localizado em Florianópolis-SC que demonstrou interesse em participar desta pesquisa.

Inicialmente, foram levantados dados gerais sobre o projeto condizentes a informações sobre a proposta arquitetônica, tais como: tipologia de projeto; programa de necessidades; localização do projeto e área projetada.

O estudo de caso consiste no projeto de uma sede administrativa de uso institucional, localizada em Curitiba-PR, com área total aproximada de 4340m². O programa de necessidades conta com os seguintes espaços: estacionamento coberto; estacionamento aberto; circulação; auditório; lanchonete; espaço para rádio/tv; gabinete do secretário; gabinete da diretoria; hall de acesso; restaurante; área de apoio e serviços. O pavimento térreo apresenta uma ligação com a antiga sede administrativa da empresa, a qual será mantida na nova proposta. O projeto desenvolvido pelo escritório de arquitetura está representado na Figura 1 e na Figura 2.

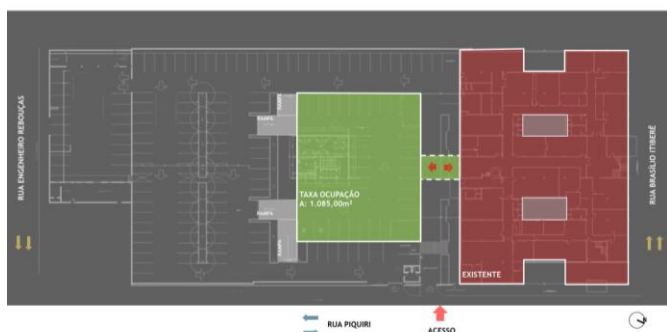


Figura 1- Zoneamento da edificação proposta, em verde.

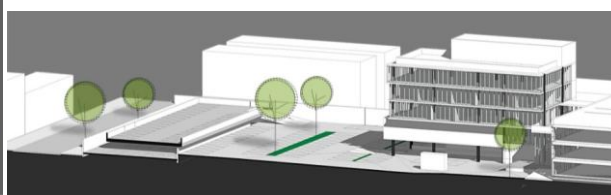


Figura 2- Volumetria de projeto.

3.2 Análise de desempenho energético

Nesta etapa foi proposta a realização de análise de desempenho energético ao estudo de caso apresentado. Para a execução de simulação de desempenho foi selecionada a ferramenta EnergyPlus.

Elaborou-se uma metodologia de análise de desempenho energético a qual foi desenvolvida em diferentes etapas e descritas em ordem consecutiva. As etapas correspondem à: definição dos dados de entrada; definição de parâmetros de projeto e indicadores de energia investigados; execução do processo de simulação de desempenho; tratamento e apresentação do dados de saída e tomada de decisão.

A execução do processo foi possível devido a colaboração entre os autores do projeto e a pesquisadora. A aplicação do método objetivou a avaliação de desempenho da volumetria de projeto desenvolvido pela equipe de arquitetura, auxiliando os projetistas na definição da forma arquitetônica por meio da obtenção de indicadores de energia.

3.2.1 Definição de dados de entrada

Levantaram-se os dados de entrada necessários para a execução da simulação de desempenho. Foram reconhecidos os registros referentes ao projeto arquitetônico e a informações que influenciam no comportamento energético das propostas. Os dados que foram definidos pelos arquitetos correspondem a: geometria de projeto; orientação solar de projeto e materiais construtivos empregados. Outros registros como: propriedades físicas dos materiais construtivos; padrão de uso e ocupação; potência dos sistemas utilizados (iluminação, equipamentos e condicionamento de ar) foram especificados conforme Anexo Geral V da Portaria n° 50 do INMETRO (INMETRO, 2013). e NBR 16401 (ABNT, 2008). Selecionou-se o arquivo climático da cidade de Curitiba-PR, em formato TRY, disponibilizado pelo DOE (<http://www.energy.gov/>). Os registros especificados estão dispostos no Quadro 1.

| Dados definidos pelo arquiteto |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Azimute da fachada principal: 243°. |
| Materiais construtivos empregados: Alvenaria de blocos cerâmicos; Piso cerâmico; Vidro incolor 6mm. |
| Sistema construtivo: Laje de concreto armado; Pilares e vigas de concreto armado. |
| Sistema de condicionamento de ar: tipo Split. |

| Dados definidos pela pesquisadora | |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Padrão de uso: | dias de semana (de segunda-feira à sexta-feira), das 9h às 19h. |
| Carga instalada de equipamentos: | 15W/m ² . |
| Carga instalada de iluminação: | 10W/m ² . |
| Taxa de ocupação: | 15m ² /pes. |
| COP do sistema de ar condicionado: | 3,0. |

Quadro 1- Dados de entrada.

3.2.2 Definição de parâmetros de projeto e indicadores de energia investigados

Nesta fase foram definidas as alternativas de projeto que correspondem a variáveis arquitetônicas a serem investigadas ao longo do processo de simulação. A investigação de elementos arquitetônicos compreendeu a elaboração de duas diferentes geometrias de projeto para o mesmo caso. As propostas de volume foram realizadas pela equipe de arquitetura e possuem a mesma área edificada.

O objetivo da aplicação do processo de simulação do caso foi determinar a volumetria de projeto mais eficiente, ou seja, que resultasse no menor consumo de energia. As duas propostas possuem iguais: programa de necessidades; cidade de implantação; azimute da fachada principal; materiais construtivos; padrão de uso e ocupação e cargas instaladas. O parâmetro alterado corresponde a geometria de projeto, possibilitando a análise da influência da volumetria no desempenho energético da proposta.

Devido a demanda do escritório, o arquiteto desejava que a simulação ocorresse rapidamente, durante o período de uma semana, possibilitando também a rápida evolução da proposta e a apresentação do projeto para o cliente ao final deste período. Os dados que os arquitetos gostariam de extrair por meio da incorporação do processo de simulação ao projeto correspondem à: incidência de radiação solar nas superfícies externas e ao consumo de energia das duas propostas de volumetria elaboradas.

A primeira volumetria apresenta dois pavimentos e o térreo, representada na Figura 3. A segunda proposta foi dividida em quatro pavimentos mais o térreo e corresponde a Figura 4.

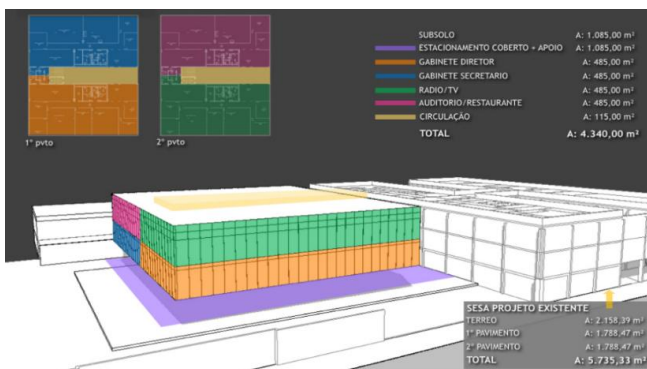


Figura 3- Geometria 1.



Figura 4- Geometria 2.

3.2.3 Execução do processo de simulação de desempenho

Para a execução da simulação computacional utilizou-se a ferramenta Energyplus. O processo foi realizado por meio de diferentes fases: modelagem geométrica; inserção dos dados de entrada; execução da simulação e extração dos dados de saída.

Devido à falta de interoperabilidade entre o programa de projeto (Revit) e o de simulação (Energyplus), utilizou-se o esquema gbXML para exportar a geometria de projeto das duas propostas de volumetria. Para efetuar o processo de conversão do formato dos arquivos foi necessária a intervenção da ferramenta Ecotect. Os arquivos em formato RVT (Revit Architecture) foram transformados em gbXML (Ecotect Analysis) e posteriormente em IDF (EnergyPlus).

Verificaram-se os modelos exportados por meio do esquema gbXML e foram identificados erros de geometria dos projetos, sendo necessária a remodelagem manual dos volumes no EnergyPlus. Utilizou-se o plug-in OpenStudio para a modelagem no SketchUp. As duas propostas volumétricas do caso foram modeladas conforme o projeto arquitetônico e correspondem a Figura 5 e Figura 6.

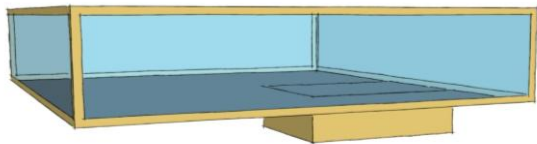


Figura 5- Modelagem da geometria 1.

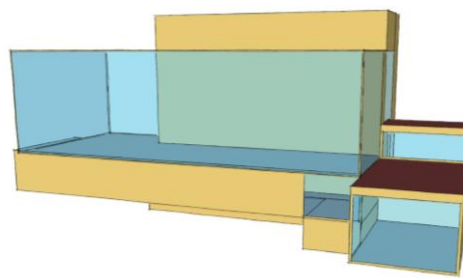


Figura 6- Modelagem da geometria 2.

A primeira proposta foi dividida em duas zonas térmicas e a segunda em seis zonas devido as diferenças volumétricas existentes entre os estudos. Com o zoneamento das propostas concluído, os demais dados de entrada foram inseridos na ferramenta de simulação. Foram introduzidos os dados dos materiais construtivos, especificação das propriedades físicas dos materiais, registros de uso e ocupação, cargas dos sistemas de iluminação, equipamentos e condicionamento de ar, conforme especificados na etapa de determinação dos dados de entrada. Obtiveram-se os indicadores de energia de forma analítica, que correspondem a dados de consumo de energia e de incidência de radiação solar nas superfícies da envoltória.

Com a execução do processo de simulação parte-se para o tratamento e apresentação dos dados de saída para a equipe de arquitetura.

3.2.4 Tratamento e apresentação de dados de saída

Esta etapa consiste em representar graficamente ou analiticamente os indicadores de energia obtidos por meio da execução da simulação de desempenho. A apresentação destes dados representa o retorno das informações aos projetistas, que posteriormente foram aplicadas ao projeto de arquitetura. Os dados de saída, obtidos de forma analítica, foram tratados pela autora desta pesquisa com o auxílio do Microsoft Excel. Os registros foram apresentados em reuniões com a equipe de projeto onde explicaram-se os conceitos e as causas dos dados obtidos, objetivando alcançar a tomada de decisão da equipe por meio da seleção de uma das volumetrias investigadas.

Os dados obtidos foram comparados devido as propostas possuírem iguais padrão de uso e ocupação, cargas instaladas, materiais construtivos, cidade de implantação e orientação solar, permitindo a análise da influência do volume de projeto no consumo de energia das propostas. A análise energética aponta que a geometria 1 apresenta maior consumo energético por m^2 do que a proposta 2, pois a mesma é marcada por grandes superfícies externas em relação a geometria 2, como apontado na Figura 7. A geometria 2 distribui a área do programa de necessidades em maior número de pavimentos, enquanto a geometria 1 concentra os ambientes em menos pavimentos. Isto gera na geometria 1 superfícies mais horizontais, com grande área de exposição da cobertura, a qual recebe quantidade significativa de radiação solar direta. Sendo assim, a radiação solar incidente nas superfícies também é maior no caso da geometria 1, conforme Figura 8. As figuras foram dispostas no texto conforme apresentadas à equipe do escritório de arquitetura.



Figura 7- Consumo energético por m^2 da geometria 1 e 2.

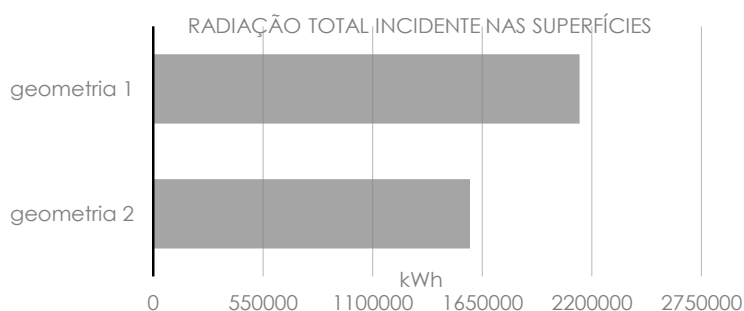


Figura 8- Radiação solar total incidente nas superfícies da envoltória da proposta 1 e 2.

3.2.5 Tomada de decisão

Correspondeu à última etapas do processo de análise de desempenho. A tomada de decisão consistiu na seleção de estratégias de eficiência energética para o projeto analisado e ocorreu a partir da apresentação dos indicadores de energia levantados e tratados pela autora desta pesquisa para a equipe de arquitetura e corresponde ao final do processo de simulação de desempenho.

Apresentaram-se os dados extraídos por meio dos gráficos que indicaram o consumo energético por m² e a radiação solar incidente nas superfícies. Os arquitetos optaram pela geometria 2, devido ao potencial de redução de consumo de energia da mesma. Com a tomada de decisão efetuada, foram analisados e descritos os obstáculos para a aplicação da simulação computacional ao processo de projeto.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Constatou-se que o uso de simulação de desempenho pode ser determinante à prática projetual por permitir o refinamento gradual da proposta, a partir da tomada de decisão dos arquitetos. Entretanto, a existência de barreiras para a introdução de ferramentas de simulação ao processo de projeto ainda impede que o potencial destes instrumentos sejam explorados.

Para o sucesso da incorporação das ferramentas de desempenho ao projeto de arquitetura foi necessário o trabalho conjunto e de forma colaborativa da pesquisadora e dos projetistas. As duas partes permaneceram altamente envolvidas durante todo o processo. A falta de boa interoperabilidade entre as ferramentas de projeto e do instrumento de simulação fez com que a equipe de arquitetos estivesse sempre à frente da equipe de simulação. Por exemplo, enquanto os arquitetos modificavam rapidamente a configuração do volume de projeto, a pesquisadora, necessitava realizar a modelagem energética, inserir os dados de entrada e tratar os dados de saída para obter dados referentes à volumetria, consumindo maior quantidade de tempo.

Verificou-se que para a simulação auxiliar nas decisões de projeto, as análises de desempenho devem ocorrer de forma rápida, devido ao ritmo de trabalho dos projetistas. Para isso necessitou-se da simplificação de dados de entrada na ferramenta de simulação, como também, da representação de dados de saída visualmente agradáveis aos arquitetos, consistindo na utilização de imagens gráficas. Isso tornava o processo de tomada de decisão mais fácil e veloz e possibilitava que as análises de desempenho se tornassem determinantes à prática projetual. Constatou-se que devido as variáveis e métricas que os arquitetos usam na prática de projeto serem representadas visualmente, quando os fenômenos físicos são matematicamente representados isso torna-se um problema.

A complexidade e a quantidade de dados de entrada requeridos pela ferramenta de desempenho tornou-se um problema para a realização de simulação nas etapas iniciais do projeto de arquitetura. Os arquitetos desconheciam alguns dos registros necessários, pois ainda não encontravam-se especificados e definidos devido ao caráter inicial do projeto, como a densidade de carga de equipamentos e a definição de padrões de uso e ocupação dos projetos, por não fazem parte do cotidiano de arquitetura. Isso fez com que alguns registros necessitassem serem especificados por meio de normativas, possibilitando a execução do processo de simulação. Dessa forma, esses registros foram estimados a fim de possibilitar a execução da simulação de desempenho, gerando incertezas nos resultados extraídos.

Constatou-se que dados de padrão de uso e ocupação e COP do sistema de condicionamento de ar não são dados familiares aos arquitetos e por isso eles não souberam especificar. Ressalta-se que os materiais construtivos foram determinados pelos projetistas de forma estimada, conforme os padrões das construções realizadas pelo escritório. A falta de conhecimento sobre todos os dados de entrada necessários para a realização do processo de simulação, fez com que os projetistas não conseguissem realizar sozinhos esta etapa, necessitando do auxílio da pesquisadora. É importante salientar que a definição de forma estimada de registros de entrada pode comprometer os resultados extraídos das ferramentas.

Levantou-se a dificuldade dos projetistas em especificar e compreender os indicadores de desempenho energético obtidos na simulação. Os arquitetos demonstraram dificuldade para expressar os dados de saída requeridos no caso simulado. Os profissionais sabiam o que queriam obter a partir da aplicação do processo de simulação, porém não apresentavam conhecimento para especificar o indicador de energia referente ao dado desejado. Verificou-se a existência de falta de conhecimento prévio das unidades de energia simuladas, sendo preciso explicar os conteúdos para que os arquitetos conseguissem transpor os dados de saída das simulações nos projetos. Quando os dados de saída foram expostos por meio de diagramas gráficos a equipe demonstrou maior facilidade na compreensão dos registros extraídos. Ainda assim, os projetistas não se

sentiam aptos e seguros para explicar ao cliente os dados obtidos no processo de simulação, necessitando sempre da presença da pesquisadora.

Para alcançar a seleção de estratégias de eficiência energética foi necessária a intervenção da pesquisadora para a interpretação dos dados simulados, explicando as causas dos resultados obtidos e possibilitando alcançar a tomada de decisão. Explicou-se que os dados referentes à quantidade de radiação solar incidente na envoltória, não possibilitava a tomada de decisão de estratégias de eficiência energética ao projeto. Estes registros não representam qualidade dos ambientes internos da proposta. Porém, mesmo assim o projetista demonstrou interesse no reconhecimento da quantidade de radiação incidente em cada face da envoltória do projeto.

Os projetistas apresentaram dificuldade para entender os indicadores de energia apresentados, consumo de energia (kWh) e incidência de radiação na envoltória (kWh). Os arquitetos não compreendiam que dados de incidência de radiação solar não auxiliariam à seleção de estratégias de arquitetura e insistiram para extração destes registros e não sabiam o significado das unidades de energia, por exemplo, o consumo energético representado em kWh.

Ressalta-se que a compreensão dos dados a partir da forma de representação, gráficos numéricos comparativos, auxiliou na tomada de decisão da equipe, pois a comparação facilitava a visualização de qual proposta era mais eficiente em relação a outra. Quando os projetistas visualizaram que a volumetria da geometria 2 apresentava melhor desempenho energético do que o mesmo parâmetro na geometria 1, ocorreu a rápida tomada de decisão da equipe. Desta forma, a representação dos dados apresentou boa aceitabilidade pela equipe.

5. CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas é possível concluir que os arquitetos reconhecem o potencial das ferramentas de simulação para a tomada de decisão e para quantificar dados de energia, mas mesmo assim apresentam dificuldade para incorporar estes programas na rotina do processo de projeto devido a complexa linguagem das ferramentas, aos dados de entrada requeridos e a interpretação dos registros extraídos. Desta forma, verificou-se que a inserção e a análise de dados de energia não faz parte do cotidiano de projeto de arquitetura.

A indisponibilidade de ferramentas de computação apropriadas para cada fase do projeto, o alto dispêndio de tempo, o alto nível de conhecimento necessário para utilizar as ferramentas de simulação, a necessidade de conhecimentos específicos sobre física aplicada e a baixa interoperabilidade entre os programas de desenho e os de simulação caracterizaram-se como as maiores barreiras para a introdução de simulação computacional à rotina do processo de projeto. O sucesso da atividade de simulação de um edifício ainda em fase de desenvolvimento requer além do entendimento do processo de projeto a compreensão dos fenômenos físicos e a consciência dos componentes arquitetônicos em gerar economia de energia.

Para disseminar o uso da simulação de desempenho nos escritórios de arquitetura é imprescindível a elaboração de interfaces simplificadas, que reduzam o tempo gasto na execução do processo de simulação e na análise de diferentes alternativas ainda na etapa conceitual de projeto, bem como, que os arquitetos busquem compreender a aplicação de conceitos de eficiência energética às edificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1**: Instalações de ar-condicionado: sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro, 2008.
- BAMBARDEKAR, S.; POERSHKE, U. **The Architect as Performer of Energy Simulation in The Early Design Stage**. In: Eleventh International IBPSA Conference. Proceedings. Glasgow, IBPSA, 2009. 07 p.
- GONÇALVES, J., C., S.; DUARTE, D., H., S. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p.51-81, 22 ago. 2006.
- GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 591 p.
- INMETRO. **PORTARIA N.º 50**: Anexo Geral V – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. Brasil, 2013. 28 p.
- IPCC- INTERNATIONAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: mitigation of climate change**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- LEVINE, M.; URGE-VORSATZ, D.; BLOK, K.; GENG, L.; HARVEY, D.; LAND, S.; LEVERMORE, G.; MONGAMELI, M., A.; MIRASGEDIS, S.; NOVIKOVA, A.; RLLING, J.; YOSHINO, H. **Residential and commercial buildings**. In: IPCC- INTERNATIONAL PANEL OF CLIMATE CHANGE- Climate change 2007: mitigation of climate change. Contribution on Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

- MENDES, N; WESTPHAL, F.; LAMBERTS, R.; NETO, J. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p.47-68, out. 2005.
- MORBITZER, C. A. **Towards the Integration of Simulation into the Building Design Process.** 2003. 260 f. Tese (Doutorado) - Energy System Research Unit, Department Of Mechanical Engineering, University Of Strathclyde, Reino Unido, 2003.
- TUCKER, S.; SOUZA, C. B. de. Thermal Simulation Software Outputs: Patterns for decision making. In: Building Simulation Conference. **Proceedings...** Chambery: IBPSA , ago. 2013, p.394-401.
- WILDE, P. de; VOORDEN, M. van Der. **Providing computational support for the selection of energy saving building components.** Energy and Buildings, [s.l.], v. 36, n. 8, p.749-758, ago. 2004. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.enbuild.2004.01.003.