

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS

Tamires Biasuz Nery Santos¹

tamiresbiasuz@id.uff.br

Tamires Morcelli Monforte¹

tamiresmonforte@id.uff.br

Cristiano Saad Travassos do Carmo¹

cristianotravassos@id.uff.br

Renata G. Faisca¹

renatafaisca@id.uff.br

ÁREA: SUSTENTABILIDADE NAS EDIFICAÇÕES REVITALIZADAS

Resumo

Diante de tantos obstáculos, principalmente econômicos e ambientais, o Brasil vem se adaptando e buscando novas metodologias construtivas e tecnologias, a fim de reduzir o consumo energético das edificações. O presente artigo tem o objetivo de demonstrar que é possível projetar um empreendimento com eficiência, através de estudos prévios de análise energética. O estudo apresenta uma edificação universitária com 5 salas de aula de aproximadamente 83 m² cada. No modelo computacional, foram considerados os parâmetros térmicos de cada elemento construtivo, o tipo de ocupação, as características climáticas e a trajetória solar da localização do edifício situado no município do Rio de Janeiro. A partir da análise dos resultados, verificou-se o comportamento térmico da edificação para diferentes elementos construtivos, comprovando a importância da escolha desses elementos para a melhoria do conforto térmico nas salas de aula e, como consequência, a redução do consumo energético para a climatização do ambiente.

Palavras-chave: Eficiência Energética
Construção Sustentável
Edificação Universitária

¹ Universidade Federal Fluminense
PATORREB 2018

ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LAS EDIFICACIONES UNIVERSITARIAS

Tamires Biasuz Nery Santos²
tamiresbiasuz@id.uff.br

Tamires Morcelli Monforte¹
tamiresmonforte@id.uff.br

Cristiano Saad Travassos do Carmo¹
cristianotravassos@id.uff.br

Renata G. Faisca¹
renatafaisca@id.uff.br

AREA: SOSTENIBILIDAD EN LAS EDIFICACIONES REVITALIZADAS

Resumen

Frente a tantos obstáculos, principalmente económicos y ambientales, Brasil se viene adaptando y buscando nuevas metodologías constructivas y tecnologías, a fin de reducir el consumo energético de las edificaciones. El presente artículo tiene el objetivo de demostrar que es posible proyectar un emprendimiento con eficiencia, a través de estudios previos de análisis energética. El estudio presenta una Edificación Universitaria con 5 salas de clase de aproximadamente 83 m² cada una. En el modelo computacional, fueron considerados los parámetros térmicos de cada elemento constructivo, el tipo de ocupación, las características climáticas y la trayectoria solar de la ubicación del edificio situado en el municipio de Río de Janeiro. A partir del análisis de los resultados, se verificó el comportamiento térmico de la edificación para diferentes elementos constructivos, comprobando la importancia de la elección de esos elementos para la mejora del confort térmico en las aulas y, como consecuencia, la reducción del consumo energético para la climatización del ambiente.

Palabras clave: Eficiencia Energetica
Construcción Sostenible
Edificación universitaria

² Universidade Federal Fluminense

Introdução

Atualmente, a redução do consumo de energia e de combustíveis, e a mitigação das mudanças climáticas são os principais desafios do setor de construção, conforme afirma Santamouris (1), onde os edifícios consomem entre 30% e 40% da energia total do mundo de acordo com o UNEP (2). O consumo de energia elétrica em edificações no Brasil equivale a aproximadamente 50% do consumo total do país, de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2015 (3), onde os principais sistemas consumidores de energia são a climatização e a iluminação.

A busca pela eficiência energética está crescendo, a necessidade da redução de custos e do impacto ambiental vem se tornando o foco quando se pensa em construir um novo empreendimento. O Brasil, assim como muitos países em desenvolvimento, ainda possui diversas maneiras de aprimorar os sistemas e projetos para buscar um melhor aproveitamento e economia de energia.

O presente artigo apresenta um estudo de caso sobre uma edificação universitária, com base nos parâmetros térmicos e nas variáveis climáticas, no qual foi realizada uma análise energética com o auxílio das ferramentas computacionais *Revit* e *Green Building Studio*, disponibilizadas em versão estudantil pela *Autodesk*.

A escolha do estudo de caso foi baseada nos desafios encontrados diariamente em ambientes universitários, contemplando desde o consumo de energia e gastos para a operação do ambiente até o conforto oferecido aos estudantes e professores, como os efeitos negativos nas condições de saúde e de produtividade de indivíduos, de acordo com Figueroa *et al.* (4), resultantes de atividades realizadas em condições térmicas inadequadas.

Para o estudo energético de uma edificação, devem-se considerar diversos conceitos e parâmetros que influenciam na temperatura interna de um ambiente e, conseqüentemente, na necessidade de climatização e diminuição do consumo de energia. Nas análises realizadas, foram utilizadas as propriedades térmicas dos elementos construtivos, a posição e geometria do edifício, as cargas de resfriamento e aquecimento dos elementos internos e as variáveis climáticas de acordo com o zoneamento bioclimático do Rio de Janeiro.

As propriedades térmicas de materiais utilizados na construção do edifício, tais como a absorvidade (α), refletividade (ρ), transmissividade (τ), emissividade (ε), condutividade térmica (λ), resistência térmica (R), transmitância térmica (U) e capacidade térmica (C), foram obtidas na NBR 15220 (5) e são apresentadas na Tabela 1. As cargas de aquecimento dos elementos internos, tais como equipamentos e iluminação obtidos na NBR 16401 (6), e ocupantes, determinados pela quantidade, tipo de vestimenta e tipo de atividade exercida no ambiente estudado conforme a ISO 7730 (7), são apresentadas na Tabela 2. As variáveis climáticas do local, tais como a radiação solar, temperatura, umidade e ventos, foram obtidas na NBR 15220 (5). E por fim, a posição e geometria do edifício, considerando também a trajetória solar simulada no *Revit* e as dimensões das aberturas/janelas.

Método

O estudo de caso consistiu em uma edificação universitária situada no Rio de Janeiro. O edifício possui dimensões aproximadas de 83m de comprimento, 11m de largura e 19m de altura. A unidade é composta pelo térreo e 4 pavimentos-tipo, que são constituídos por 5 salas de aula de aproximadamente 83m² de área e uma sala maior de aproximadamente 105m² de área. Para a simplificação da análise energética, foi considerado 1 pavimento-tipo.

Cada sala de aula do edifício possui um sistema de refrigeração composto por 2 aparelhos de ar condicionado (HVAC). A iluminação é feita através de 12 calhas fluorescentes convencionais com potência de 2X32W.

A edificação tem seu funcionamento de segunda à sexta-feira, com aulas realizadas entre 7h e 22h. Os períodos usuais de aulas ao longo do ano ocorrem do mês de fevereiro a agosto e de setembro a dezembro. Cada sala de aula comporta aproximadamente 50 alunos, podendo ter até 250 alunos no total por pavimento-tipo durante seu período de funcionamento.

De acordo com as especificações técnicas, a alvenaria utilizada é de blocos cerâmicos de 10x20x20cm. As divisões das salas de aula são feitas por meio de divisórias de 35 mm de espessura, em painéis de chapas isotérmicas com tratamento acústico e fogo retardante. A cobertura é feita por telhas de fibrocimento.

A Figura 1 ilustra o modelo da edificação feito com o auxílio do programa *Revit*, da *Autodesk*. A partir do modelo gerado, a análise do estudo de caso foi realizada com o auxílio do programa *Revit* e *Green Building Studio*, com base nos valores das Tabelas 1 e 2.



Figura 1: Modelo da edificação em estudo. Fonte: Autoria própria. Gerado pelo *Revit*.

Tabela 1: Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ), calor específico (c), transmitância térmica (U) e capacidade térmica (C_T). Fonte: adaptado da NBR 15220 (5).

Material	ρ	λ	c	U	C_T
	(kg/m ³)	(W/(m.K))	(kJ/(kg.K))	(W/(m ² K))	(kJ/(m ² K))
Cerâmica	1600	0.90	0.92	-	-
Argamassa	2000	1.15	1.00	-	-
Fibrocimento	1600	0.65	0.84	2.06	233
Concreto	2200	1.75	1	-	-

Tabela 2: Cargas de aquecimento. Fonte: adaptado da ISO 7730 (7) e NBR 16401 (6).

Cargas de aquecimento	Energia
-----------------------	---------

	(W/m ²)
Ocupação (atividade sedentária)	70
Lâmpadas Fluorescentes	16
Computadores	55

Apresentação e Análise dos Resultados

A partir das simulações utilizando o programa *Green Building Studio (GBS)*, da *Autodesk*, foi possível obter as características climáticas conforme a localização da edificação, as quais são ilustradas nas Figuras 2 a 4.

O gráfico da Figura 2 apresenta a temperatura média diurna da região, com os dados variando por mês, temperatura de bulbo seco e molhado (°C), e energia, indicando a taxa solar direta e difusa (W/m²). É possível notar altas temperaturas durante os meses de dezembro a março, durante o verão. A Figura 3 demonstra a variação da umidade média local, indicando uma umidade média da manhã de 65% e vespertina de 55% ao longo do ano. A umidade do ar influencia na amplitude térmica do local e no conforto térmico: quanto mais úmida é a região, menor é a variação de temperatura ao longo do dia e menor é a sensação de conforto térmico, visto que a capacidade de evaporação do suor pela pele é reduzida, de acordo com Lamberts *et al.* (8).

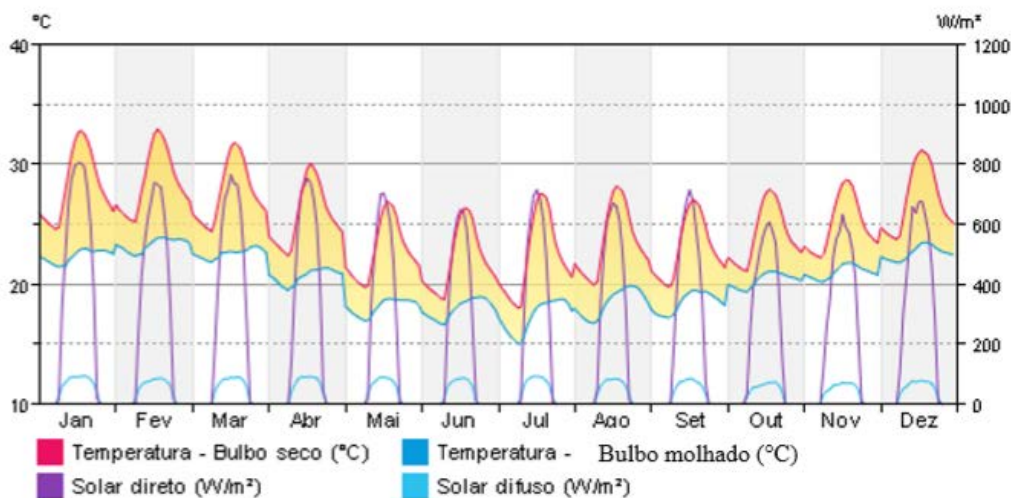


Figura 2: Média Diurna de Temperatura. Fonte: Autoria própria. Gerado pelo *GBS*.

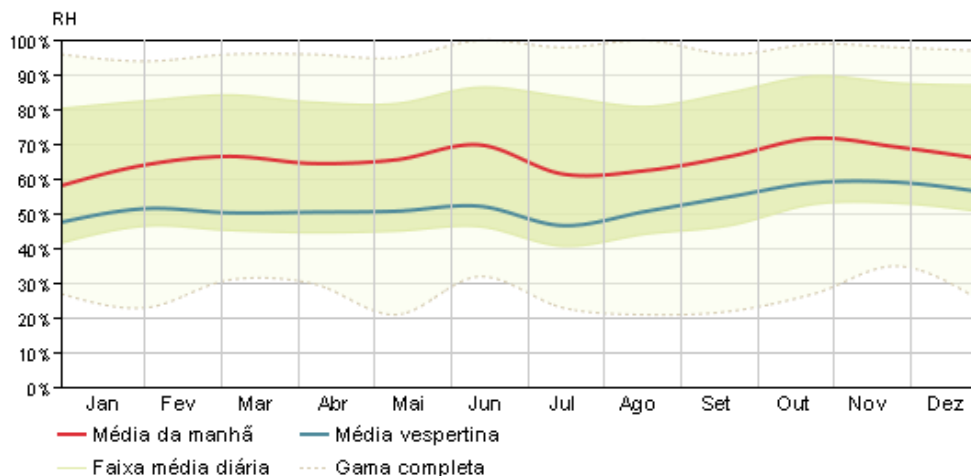


Figura 3: Umidade média da manhã e vespertina local. Fonte: Autoria própria. Gerado pelo GBS.

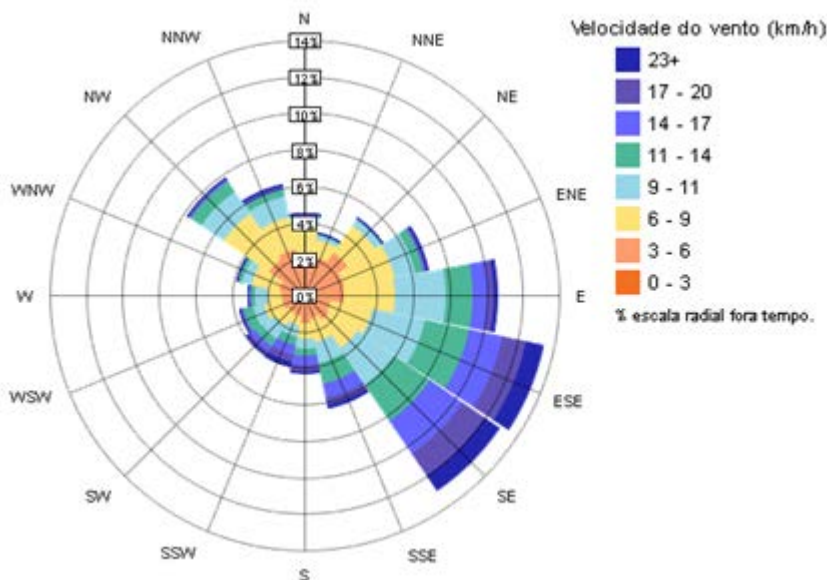


Figura 4: Rosa dos ventos - Distribuição de velocidade do vento (km/h). Fonte: Autoria própria. Gerado pelo GBS.

A Figura 4 apresenta o gráfico de frequência e velocidade do vento que sopra em cada direção. De acordo com Lamberts *et al.* (8), este gráfico é essencial para a elaboração do sistema de ventilação do edifício visando aproveitá-lo no verão e evitá-lo no inverno. Quanto mais afastado do centro radial, maior é a frequência do vento.

Vistos os gráficos relacionados aos aspectos climáticos do projeto em estudo, são apresentados a seguir, dados relacionados às cargas mensais de resfriamento da edificação. Com a apresentação das cargas térmicas mensais do projeto, é possível visualizar os elementos mais críticos, facilitando na identificação, na comparação e nas possíveis modificações necessárias na solução do projeto.

A Figura 5 apresenta o resultado das cargas mensais acumuladas de refrigeração da edificação universitária em estudo, referentes aos componentes como paredes, telhados, luminárias, ocupação, equipamentos, entre outros. As cargas térmicas foram obtidas a partir do programa *Revit* e pelo *GBS* através de parâmetros referentes às especificações do Manual de Conceitos Básicos da ASHRAE (9). A partir do gráfico da Figura 5, observa-se que a maior

carga acumulada de resfriamento ocorre em janeiro e as componentes com maiores cargas térmicas neste mês são as paredes, indicando provável necessidade de aprimoramento em isolamento; os ocupantes da edificação, indicando provável necessidade de redução da capacidade de usuários por ambiente; equipamentos diversos e luminárias.

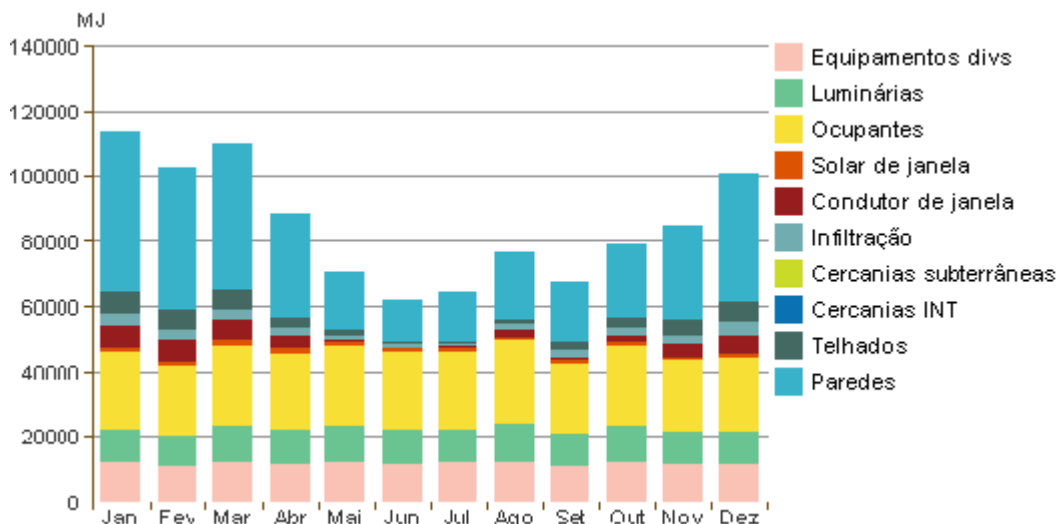


Figura 5: Carga mensal de refrigeração da edificação em MJ. Fonte: Autoria própria. Gerado pelo GBS.

As cargas de resfriamento apresentadas no item anterior demandam consumo de eletricidade para serem compensadas. A demanda no pico de eletricidade é apresentada na Figura 6 e ocorre entre os meses de janeiro a março com o valor de aproximadamente 45KW. Entretanto, para a edificação em estudo, percebe-se uma tendência de aumento a partir do mês de outubro.

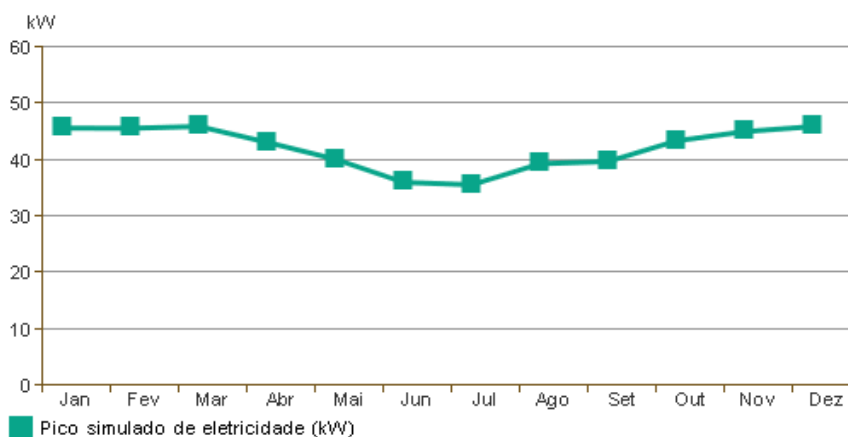


Figura 6: Demanda mensal no pico simulado de eletricidade em kWh. Fonte: Autoria própria. Gerado pelo GBS.

A Figura 7 indica o consumo mensal de eletricidade. Observa-se que o maior consumo ocorre no verão, como esperado, entre os meses dezembro a março, com média de aproximadamente 17500 kWh, resultado consequente do uso de refrigeração do ar nos períodos mais quentes do ano. Esse é um resultado muito importante, já que a maioria das Universidades têm aulas até a época das festas de fim de ano e retornam com as atividades no mês de fevereiro.

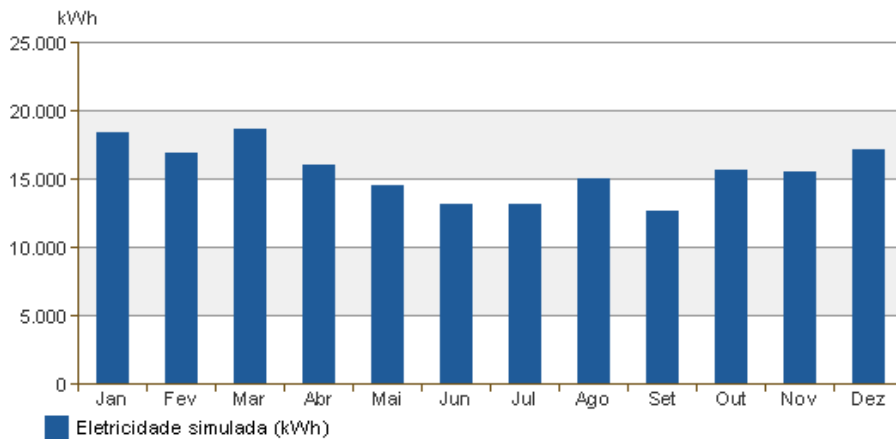


Figura 7: Consumo mensal de eletricidade simulada em kWh. Fonte: Autoria própria. Gerado pelo GBS.

Na Figura 8, é apresentado um gráfico com a relação da utilização de eletricidade. É possível verificar que 55% do consumo de energia se devem ao uso do sistema de refrigeração (AVAC), 22% à iluminação e 23% devido a equipamentos diversos, como, por exemplo, computadores e projetores multimídia.

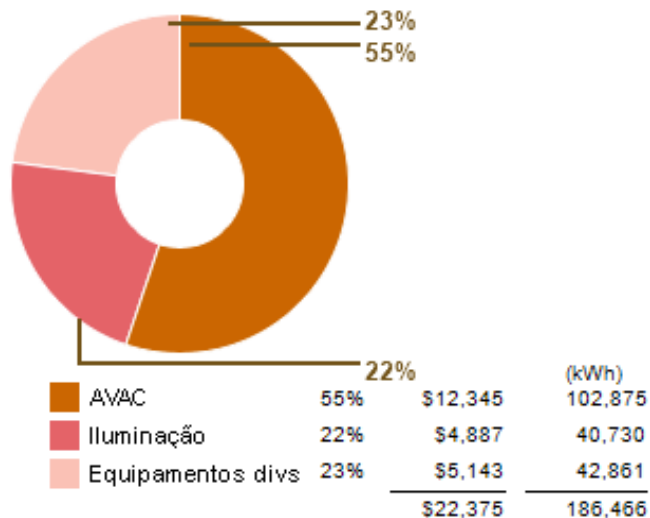


Figura 8: Utilização de energia pela eletricidade: AVAC, iluminação e equipamentos diversos. Fonte: Autoria própria. Gerado pelo GBS.

A incidência de radiação solar em aberturas de um edifício pode comprometer a temperatura interna de ambientes e o conforto térmico dos ocupantes da edificação. Por isso, é essencial também a realização do estudo da trajetória solar no local do projeto, conforme indicado na Figura 9.

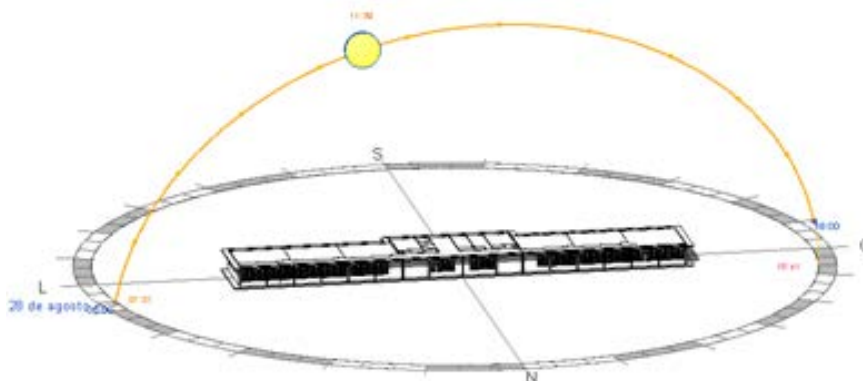


Figura 9: Estudo da trajetória solar. Fonte: Autoria própria. Gerado pelo *Revit*.

Analisando a trajetória solar para este caso de estudo, foi observado que no inverno a fachada norte recebe radiação solar ao longo de todo o dia. No entanto, apesar da fachada norte não estar em contato direto com as salas de aulas, os raios solares atingem os corredores do edifício e as divisórias que delimitam o espaço destas salas, comprometendo a temperatura interna da edificação, demonstrando assim, a necessidade da instalação de brises nas aberturas desta fachada. Caso contrário, os raios incidentes no interior do edifício podem comprometer as atividades dos ocupantes e reduzir o conforto térmico dos mesmos.

Considerações Finais

Neste artigo, foi possível analisar energeticamente um edifício universitário com o auxílio de ferramentas computacionais e verificar as principais variáveis e fatores que inferem diretamente na temperatura de ambientes e no conforto térmico.

Nota-se que para a elaboração de um projeto de um empreendimento mais eficiente energeticamente e que proporcione um conforto térmico aos seus usuários, é imprescindível a realização de estudos sobre as características e especificações adequadas dos materiais utilizados na construção, além das análises referentes à posição da edificação, levando em consideração a posição solar e o conhecimento sobre o microclima da região e suas variáveis.

Analisando os componentes que demandam uma maior carga térmica e realizando as modificações necessárias nas especificações do projeto, é possível diminuir o consumo de energia, de acordo com a redução da necessidade de equipamentos de climatização e proporcionando também uma melhora do conforto térmico do ambiente.

Além disso, com a elaboração do modelo computacional e de seu estudo prévio, consegue-se ainda, analisar a trajetória solar do local, permitindo um estudo de sombreamento e de incidência solar no interior da edificação, que podem interferir na temperatura interna da mesma, indicando a possível necessidade do uso de brises. Somando-se também o estudo dos ventos, levando em consideração a frequência, direção e intensidade, é possível que o projeto seja alocado em uma posição adequada de forma que seja aproveitada tanto a ventilação quanto a iluminação natural.

Bibliografia

- (1) SANTAMOURIS, M. **Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change.** *Solar Energy*, 2016, vol.128, pp. 61–94.
- (2) UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Building Design and Construction: Forging Resource Efficiency and Sustainable Development.** 2012.
- (3) EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional.** Rio de Janeiro, 2015.
- (4) FIGUEROA R., BOBADILLA A., BESSER D., DIAS M., ARRIAGADA R., ESPINOZA R. In: Proceedings of the 29th Conference on Passive-Low Energy Architecture (PLEA): **Sustainable Architecture for a Renewable Future.** Munique, 2013.
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220 - **Desempenho Térmico de Edificações.** Rio de Janeiro, 2005.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16401 - **Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários - Projeto de Instalações.** Rio de Janeiro, 2008.
- (7) INTERNATIONAL STANDARD. ISO 7730 - **Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.** Geneva, 2005
- (8) LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**, 3ª edição. Florianópolis, 2014.
- (9) AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **ASHRAE Guideline: Measurement of Energy and Demand Savings.** Atlanta, 2014.