



Avaliação da eficiência energética e proposta de soluções sustentáveis para o bloco E do Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus

Evaluation of energy efficiency and proposal of sustainable solutions for block E of the Fluminense Federal Institute Campus Campos Guarus

Evaluación de la eficiencia energética y propuesta de soluciones sostenibles para el bloque E del Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus

Gabriela Romano de Moraes Araújo

Graduação em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense *Campus* Campos Guarus - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: gabalela@gmail.com.

Guilherme Barcellos Marini

Graduação em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense *Campus* Campos Guarus - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: guilherme.marini18@gmail.com.

Luiz Fernando Rosa Mendes

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Candido Mendes (UCAM-Campos). Pesquisador do Núcleo de Pesquisa em Gestão Ambiental (NPGA). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Campos Guarus - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: lfmendes@iff.edu.br.

Alan Monteiro Ramalho

Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Campos Guarus - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: aramalho@iff.edu.br.

Resumo

O modelo de desenvolvimento utilizado pela sociedade vem amplificando o uso de recursos naturais e, em consequência desse uso desproporcional, há impacto ambiental. Em vista disso, uma das soluções para amenizar os efeitos desse processo é a utilização eficiente desses recursos. Logo, a busca pela sustentabilidade alcançou o ramo da construção civil, por consequência estabelecendo metas para a eficiência energética. Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência energética de uma edificação no Instituto Federal Fluminense *Campus* Campos Guarus. São abordados dois pontos principais: climatização e iluminação, já que se trata dos maiores consumidores de energia elétrica em uma construção. Esse documento utiliza metodologias previstas em Norma Técnica para cálculo da carga térmica e estudo luminotécnico. Dessa forma, são apresentadas soluções para melhorar a eficiência energética e as alternativas para otimização do consumo. Por fim, as propostas para melhoria no consumo são avaliadas pela viabilidade técnica e financeira. Assim, pode-se constatar a eficiência das lâmpadas LED (Diodo Emissor de Luz) em comparação às lâmpadas tubulares fluorescentes, e o superdimensionamento da carga térmica no bloco E.

Palavras-chave: Climatização. Iluminação. Energia Elétrica. Energia Fotovoltaica.

Abstract

The development model used by society has amplified the use of natural resources, and as consequence of this disproportionate use, there is environmental impact. Therefore, one of the solutions to soften that process effects, is the efficient use of that resources. So, the search for sustainability reached the branch of civil construction, consequently setting goals for energy-efficiency. This work has as objective to evaluate the energy-efficiency of an edification at Fluminense Federal Institute *Campus* Campos Guarus. Two main points are addressed: air conditioning and lighting, since they're the biggest consumers on electric energy in a construction. This document uses methodologies provided in technical standard to calculate thermal load and technical lighting study. This way, solutions to improve energy-efficiency are listed, along with alternatives for optimization of consumption. Finally, these proposals are evaluated by the technical and financial viability. It's noticed the efficiency of LED (Light Emitting Diode) lamps compared to fluorescent tube lamps and oversizing of the thermal load in the building E.

Keywords: Air conditioning. Lighting. Electricity. Photovoltaic energy.

Resumen

El modelo de desarrollo utilizado por la sociedad viene amplificando el uso de recursos naturales, y como consecuencia de este uso desproporcionado, hay impacto ambiental. En vista de ello, una de las soluciones para amenizar los efectos de este proceso es el uso eficiente de estos recursos. Por lo tanto, la búsqueda de la sostenibilidad alcanzó la rama de la construcción civil, por consiguiente, estableciendo metas para eficiencia energética. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la eficiencia energética de una edificación en el Instituto Federal Fluminense *Campus* Campos Guarus. Se abordan dos puntos principales: climatización e iluminación, ya que se trata de los mayores consumidores de energía eléctrica en una construcción. Este documento utiliza metodologías previstas en Norma Técnica para cálculo de la carga térmica y estudio luminotécnico. De esta forma, se presentan soluciones para mejorar la eficiencia energética y las alternativas para optimización del consumo. Por último, las propuestas de mejora del consumo se evalúan mediante la viabilidad técnica y financiera. Así, se puede constatar la eficiencia de las lámparas LED (Diodo Emisor de Luz) en comparación con las lámparas tubulares fluorescentes, y el sobredimensionamiento de la carga térmica en el bloque E.

Palabras clave: Climatización. Iluminación. Energía eléctrica. Energía Fotovoltaica.

1 Introdução

As modificações no meio ambiente e a forma como se obtém energia são itens associados ao desenvolvimento humano. O modelo de desenvolvimento utilizado com o crescimento da sociedade vem sendo fundamentado nos combustíveis fósseis. Tal modelo consiste em um aumento na utilização de recursos naturais, e, em decorrência desse uso indiscriminado, há considerável impacto ambiental. A quantidade disponível desses recursos é finita, revelando uma situação insustentável (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014; STHEL; TOSTES; TAVARES, 2013). Portanto, o empenho na melhoria da qualidade de vida e o meio em que se vive estão diretamente ligados às alternativas que utilizem com maior eficiência os recursos naturais disponíveis e que minimizem os danos ambientais (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Observando o consumo de energia elétrica de seis segmentos no Brasil (industrial, residencial, comercial, público, agropecuário e transporte), em percentual, verifica-se a seguinte distribuição: 39,8% industrial; 27,1% residencial; 18,2% comercial; 8,8% prédios públicos (incluindo instituições públicas de ensino); 5,7% agropecuário e 0,4% transporte. Sendo assim, o somatório dos segmentos comercial e público corresponde a mais de 1/3 de todo o consumo de eletricidade do país (EPE, 2017a).

O perfil do consumo de eletricidade das edificações públicas brasileiras apresenta cerca de 48% para atender à climatização dos ambientes, 23% para iluminação, 15% para equipamentos de escritório e 14% para bombas e elevadores (ELETROBRÁS, 2017). Observa-se então que a climatização e a iluminação são responsáveis por 71% do consumo nesse tipo de edificação, e buscar soluções para otimizar o uso de eletricidade nesses pontos torna-se imprescindível para o alcance de maior sustentabilidade no setor público brasileiro.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência energética do prédio E do Instituto Federal Fluminense (IFF) *Campus* Campos Guarus no que tange ao uso de eletricidade e climatização e, a partir disso, propor alternativas viáveis do ponto de vista técnico, econômico e ambiental.

2 Referencial teórico

2.1 Eficiência energética

O conceito de eficiência ficou em evidência a partir da década de 70 nos países desenvolvidos, na Crise do Petróleo, quando se compreendeu que a utilização dos recursos fósseis teria um crescente custo tanto no enfoque econômico quanto no ambiental (EPE, 2017b).

A eficiência energética pode ser conceituada a partir da relação existente entre a energia utilizada por equipamentos ou instalações e a energia necessária para supri-los (LEITE, 2013).

Para Lamberts, Dutra e Pereira (2013), a eficiência energética é um conceito importante na edificação, já que possui potencialidade para proporcionar aos ocupantes conforto térmico, visual e acústico com baixo consumo de energia. Dessa forma, pode-se associar a esse significado a quantidade de energia que foi utilizada, e não o mínimo teórico de energia para uso.

A eficiência na energia elétrica para os consumidores tanto em prédio residencial quanto em público se resume em melhoramento dos sistemas instalados e em redução dos gastos associados à imagem da preservação do meio ambiente (NATURESA, 2016).

No Brasil, a eficiência energética começou a ser discutida e divulgada amplamente a partir de 1985, quando foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) com o intuito de propagar a redução do desperdício, do consumo e da demanda de energia elétrica. Assim, o programa é de importância e grande incentivador na eficiência energética e na conservação de energia (PROCEL, 2017b).

Com a crise energética brasileira em 2001, o país fez a eficiência tornar-se uma meta a ser alcançada pelos governos, sendo para isso estabelecidas leis e diretrizes. Um dos objetivos traçados foi a redução do consumo de energia das edificações. Naquele ano foi sancionada a Lei nº 10.295 (Lei da eficiência energética), que dispunha sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que estabeleceu os níveis mínimos para eficiência energética ou máximos de consumo de energia em máquinas ou aparelhos comercializados e fabricados pelo Brasil, de acordo com estudos técnicos e indicadores (BRASIL, 2001).

Em 2008, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) lançou o Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição (PEE), sendo suas diretrizes estabelecidas para Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. O programa instituiu obrigações junto às empresas concessionárias do serviço público de distribuição de eletricidade para aplicar anualmente, no mínimo, 0,5% da receita operacional líquida em iniciativas que tivessem o objetivo de combater o desperdício de energia elétrica. Com isso, o PEE buscou demonstrar à população a importância e a viabilidade econômica de mudanças em costumes para diminuição do consumo de energia elétrica, melhoria na eficiência em equipamentos, processos ou qualquer utilização de energia e aproveitamento das fontes renováveis ou alternativas (ANEEL, 2016).

2.2 Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf)

O cumprimento do PNEf foi estabelecido dentro do Plano Nacional de Energia 2030 (PNE2030). Esse planejamento tem como proposta a redução do uso da energia utilizada para servir à sociedade por meio de luz, calor/frio e uso em processos, referindo-se ao menor consumo de energia primária, e consequente diminuição de impacto no meio ambiente. O Plano já tem projeção de 5% em eficiência no setor elétrico por “progresso autônomo” (ocorre por meio de iniciativa do próprio mercado e sem políticas públicas) e estabeleceu também uma meta de 5% a mais por “progresso induzido” (ocorre através de políticas públicas) até 2030, totalizando um ganho de 10% (BRASIL, 2017).

A proposta detalha a eficiência energética para vários setores, como educação, edificações, prédios públicos, iluminação pública e aquecimento solar de água. Além disso, o plano tem como meta a redução de consumo por setor da economia em 2030: residencial de 38.185 GWh, comercial de 16.706 GWh e industrial de 39.847 GWh. Para os setores público e agropecuário, estabeleceram-se metas de redução de 7.160 GWh e 551 GWh, respectivamente, no mesmo período (BRASIL, 2017).

2.3 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) - Edifica

O PBE é coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e objetiva aumentar a eficiência energética em edifícios, avaliando, assim, de maneira parcial ou geral, seus três pontos principais (INMETRO, 2016):

- Envoltória (considera o cálculo da carga térmica, a área de janelas nas fachadas, o tipo de material utilizado nas janelas, a existência de proteção solar e a cor dos acabamentos na área externa);
- Iluminação;
- Condicionamento de ar.

A etiquetagem analisa os pontos acima, pois são os indicadores de maior consumo em um prédio público. Com base no PBE, o PROCEL, em parceria com a Eletrobrás, criou em 1997 o subprograma de Eficiência Energética nos Prédios Públicos (EPP), com a finalidade de promover o desempenho nessas edificações em âmbito federal, estadual e municipal (PROCEL, 2017b).

2.4 Sustentabilidade em edificações

O conceito de sustentabilidade atrelado ao desenvolvimento está relacionado com a boa qualidade ambiental, inovações tecnológicas, crescimento e conservação desses fatores para as próximas gerações. Nesse contexto, a construção civil, por exemplo, busca um desenvolvimento mais sustentável, já que o setor é responsável por 40% do consumo de recursos naturais e 40% de energia. Assim, a percepção da importância ambiental acerca da utilização dos recursos naturais e a necessidade de se pensar em um modelo mais sustentável vêm crescendo (MOTTA; AGUILAR, 2009).

O crescimento na busca por um modelo de edificação autossuficiente fez surgir o conceito de construção sustentável. Essa é a ideia central para novas edificações e para reforma das antigas, como comércio, residências e mesmo escolas.

Assim, tanto no presente como no futuro, a eficiência energética surge como um fator essencial às construções sustentáveis (GRÜNBERG, MEDEIROS; TAVARES, 2014).

Na década de 90, surgiu um sistema de certificação chamado *Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)*, o qual visa avaliar o desempenho ambiental de um empreendimento imobiliário (BREEAM, 2017). Em 1999, o *United States Green Building Council (USBCG)* criou o selo de certificação *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)* — programa de certificação ambiental dos EUA (USBCG, 2017). Em 2002, a França lançou seu programa de certificação de construções ambientais, o *Haute Qualité Environnementale (HQE)* (CERWAY, 2017).

Em 2007, foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) com a intenção de implementar conceitos e práticas sustentáveis na construção civil, excluindo a certificação de edificações. Por fim, em 2008, foi criado o selo brasileiro de certificação ambiental Alta Qualidade Ambiental (AQUA), baseado na certificação francesa HQE. Os programas de certificação recomendam, para construções já existentes, adequações que atendam aos padrões de qualidade e sustentabilidade do meio ambiente; e, no caso de uma nova edificação, as ações ambientalmente adequadas devem constar no projeto (CBCS, 2017; MOTTA; AGUILAR, 2009).

No Brasil, um crescimento no número de certificações no setor da construção civil tem sido observado. Dessa forma, a necessidade de aplicação de métodos de gestão sustentável foi percebida pelas grandes construtoras, as quais concluíram que, para garantir lucros futuros, é necessário avaliar o desempenho ambiental nas edificações. A ferramenta de certificação, além de atestar melhor desempenho ambiental, possui a vantagem de impulsionar as práticas mais sustentáveis na construção civil (COSTA; MORAES, 2013).

2.5 Soluções empregadas em edificações sustentáveis

2.5.1 Arquitetura bioclimática

Entre as diversas soluções sustentáveis para edificações encontra-se a arquitetura bioclimática, que consiste em aliar os interesses do projeto aos aspectos ambientais no local onde a construção está inserida e, dessa forma, buscar a melhoria do conforto térmico e de iluminação nos ambientes construídos. Tais ações concorrem positivamente para a redução do consumo de energia e do impacto ambiental (FONSECA; ALMEIDA; LOMARDO; MELLO, 2010).

Desse modo, o conceito possui três pilares: 1) Os ocupantes devem utilizar um ambiente saudável. 2) A eficiência energética e o ciclo de vida de componentes utilizados na construção devem ser levados em consideração. 3) Devem-se utilizar fontes renováveis de energia e diminuir os desperdícios. Essa arquitetura diferenciada surgiu, portanto, como uma opção para o conforto térmico adequado ao clima local e ao consumo de energia elétrica (LANHAM; GAMA; BRAZ, 2016).

O Museu do Amanhã (Figura 1), situado na zona portuária da cidade do Rio de Janeiro/RJ e possuidor do selo LEED, é um exemplo de arquitetura bioclimática, pois dialoga com os visitantes o conceito de harmonização entre construção e meio ambiente de forma a utilizar com máxima eficiência os recursos naturais disponíveis — a luz solar e o vento (MUSEU DO AMANHÃ, 2017; COLÉGIO DE ARQUITETOS, 2017).



Figura 1. Museu do Amanhã

Fonte: Colégio de Arquitetos (2017)

2.5.2 Energia solar fotovoltaica (ESFV) conectada à rede elétrica

Uma alternativa para a redução do consumo de eletricidade em construções sustentáveis é o uso de fontes de energia de origem renovável. De acordo com Rütther (2004), a geração de energia elétrica fotovoltaica é uma das mais prósperas fontes renováveis em razão de ser proveniente de uma fonte inesgotável e local, e causadora de menor impacto ao ambiente.

A ESFV é a conversão direta da radiação solar em energia elétrica a partir de um painel composto por associação de células fotovoltaicas e auxiliado por alguns equipamentos de condicionamento de energia (SANTOS, 2013).

Os sistemas de ESFV com conexão à rede são conectados à rede pública da concessionária de energia local. No período diurno, envia a essa rede a energia elétrica gerada, fornecendo simultaneamente essa mesma energia para a residência. Caso, nesse processo, seja gerada mais energia que a residência demande, o excedente será contabilizado como crédito. No período noturno, em que os painéis fotovoltaicos (FV) não funcionam, a residência é alimentada eletricamente somente pela rede da concessionária. Nesse momento, caso haja crédito de energia, este poderá ser utilizado. Sendo assim, a fatura mensal de energia elétrica será a subtração do total gerado pelo sistema de ESFV e o total consumido pela residência (BORGES NETO; CARVALHO, 2012; RÜTHER, 2004; VILLALVA, 2015).

No Brasil, esses sistemas distribuídos têm modelo tarifário de compensação de energia (*net metering tariff*) regido pelas resoluções nº 482/ 2012 e nº 687/ 2015 da ANEEL. Tais resoluções fizeram com que houvesse a expansão da ESFV no país. Atualmente o Brasil tem cerca de 12.242 instalações por geração distribuída utilizando ESFV, totalizando uma potência instalada de 98,07 MW, e 50 usinas FV com potência total instalada de 144,23 MW (ANEEL, 2017).

Realizando um recorte local a partir da Figura 2, que mostra o mapa do potencial técnico de geração FV em telhados residenciais por município, pode-se constatar que o município de Campos dos Goytacazes/RJ (local da pesquisa) está entre os melhores municípios para aplicação de ESFV residencial, pois, como o mapa sugere, tem capacidade de gerar entre 5.001 a 40.000 MWh/dia em função das áreas dos telhados residenciais.

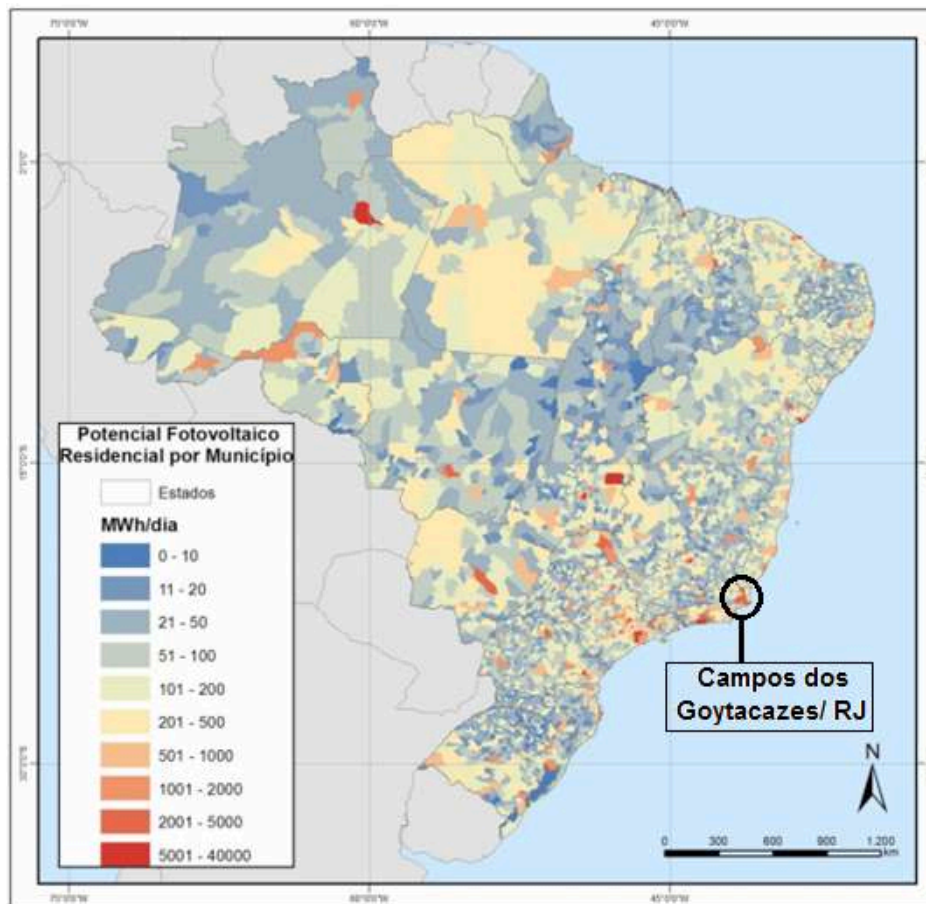


Figura 2. Mapa do potencial técnico de geração FV em telhados residenciais por município

Fonte: EPE (2014)

Por consequência, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica constituem uma alternativa tecnológica e economicamente importante para suprir a demanda de uma edificação por eletricidade (ANDRADE JÚNIOR; MENDES, 2016).

3 Material e métodos

3.1 Objeto de estudo

O Instituto Federal Fluminense *Campus* Campos Guarus está situado na cidade de Campos dos Goytacazes, região norte do estado do Rio de Janeiro (21°44'S e 41°19'O). A área total do *campus* é de 20.000 m² (em forma triangular), com 6.841 m² em área construída, sendo dividida em blocos A, B, C, D, E, F, ginásio de esporte e refeitório, com respectivamente 1.590 m², 165 m², 631 m², 487 m², 294 m², 1.766 m², 1512 m² e 396 m² (Figura 3).



Figura 3. Área do IFF *Campus* Campos Guarus e indicação dos blocos que compõem a área construída com destaque para o bloco E (demarcado com um retângulo vermelho), material de estudo deste trabalho

Fonte: Google Earth® (2016)

O cerne deste trabalho é a avaliação da eficiência energética do bloco E (Figura 3) no que se refere à climatização e iluminação; conseqüentemente, à energia elétrica consumida pelo prédio. Esse bloco foi inaugurado no ano de 2013, possui uma área de aproximadamente 294 m² e contém: seis salas de aula convencionais, dois corredores, dois banheiros (feminino e masculino) e uma sala que abriga o centro acadêmico. A Figura 4 mostra a planta baixa do edifício em questão.



Figura 4. Planta baixa do bloco E com medidas dadas em metros

Fonte: Autoria própria

Para este estudo, o bloco E foi escolhido devido a dois fatores:

1. Abriga as aulas teóricas do curso de graduação em Engenharia Ambiental do *campus*, sendo, portanto, interessante que o prédio seja um modelo prático na busca de uma sustentabilidade energética;
2. Contém a menor área construída entre os demais prédios do *campus*, tornando-se, desse modo, importante para a implementação de um projeto piloto que poderá ser estendido para os outros prédios do *campus*.

Estruturalmente, o bloco E foi construído com parede em alvenaria, teto com laje pré-fabricada e coberta com telha galvanizada. Sua pintura externa e interna é na cor verde claro.

O quadro de distribuição geral de eletricidade em baixa tensão do bloco é suprido por um sistema trifásico a quatro fios (três condutores fases e um condutor neutro) com tensões elétricas de 127-220V vindo da subestação de energia do *campus*.

A carga instalada no prédio consta basicamente de: iluminação, televisores de LED e sistema de condicionamento de ar.

O sistema de iluminação na edificação é composto por luminárias fluorescentes contendo duas lâmpadas tubulares com potência de 40W cada, e a climatização é realizada por meio de condicionadores de ar tipo *Split* instalados individualmente em cada sala.

3.2 Métodos

Para a avaliação da eficiência energética do bloco E, o trabalho se constitui de uma pesquisa de campo *in loco* com o intuito de conseguir informações técnicas da edificação (MARCONI; LAKATOS, 2010), sendo dividida em dois grupos: climatização e eletricidade.

Logo em seguida, foi realizada uma análise dos dados obtidos na pesquisa de campo e, a partir daí, verificada a necessidade de soluções para o bloco E, tendo em vista sua maior eficiência energética e sustentabilidade. Por fim, avaliou-se a eficiência energética das soluções frente à situação atual e o custo de cada proposta.

3.2.1 Climatização

3.2.1.1 Carga térmica real

Para levantamento da carga térmica real realizou-se, inicialmente, a medição das áreas de janelas, portas e paredes, conforme a Norma NBR 16401 (ABNT, 2008). Posteriormente, verificou-se o posicionamento do sol para dia e mês mais quente do ano a partir do *software* Revit®. Observou-se também a quantidade de pessoas e equipamentos dentro de cada ambiente. Após a análise, os dados foram inseridos no programa MathCAD® da PTC, utilizado para obter o valor da carga térmica real.

3.2.1.2 Carga térmica aparente

Após a determinação da carga térmica real, foram estudadas alternativas para diminuir seu valor. A simulação para a diminuição desse valor foi feita de duas formas:

1. Considerando a parede externa, exposta ao sol, como sombreada.
2. Eliminando a mesma parede juntamente com o teto.

Dessa forma, foi obtido o máximo teórico possível na redução da carga térmica real.

3.2.2 Eletricidade

3.2.2.1 Consumo de energia elétrica

Foi realizada a medição de energia elétrica do prédio nos meses de abril, maio, junho e julho do ano de 2016, totalizando 86 dias. A escolha desses meses deu-se em virtude da possibilidade de medição do consumo do prédio em plena ocupação nesse período. Para isso, foi instalado o analisador de qualidade de energia trifásico modelo ET 5061C da marca Minipa no quadro de distribuição geral de eletricidade do prédio e, logo em seguida, os dados registrados pelo equipamento foram analisados no *software* Topview® do mesmo fabricante. Assim, obteve-se o consumo de energia elétrica do bloco E no período indicado.

3.2.2.2 Iluminação

Realizou-se levantamento da atual situação da iluminação do prédio (salas de aula, banheiros e corredores) do ponto de vista luminotécnico a partir da Norma NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), de acordo com as seguintes etapas:

Verificou-se, *in loco*, a iluminância (E) existente, em lux, de cada ambiente do prédio com a utilização de luxímetro digital modelo MLM-1011 da marca Minipa.

A medição de iluminância dos banheiros e corredores foi realizada de acordo com o item cinco da NBR ISO/CIE 8995-1, em que a iluminância média (E_m) para corredores é de 100 lux e 200 lux para banheiros.

Para a medição de iluminância das salas de aula, estas foram consideradas com um arranjo desconhecido do local de trabalho, conforme o item A.3.3 da NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT, pois o posicionamento das cadeiras tipo universitárias pode variar de acordo com a atividade desenvolvida em sala pelos docentes e seus discentes. Além disso, esses ambientes podem ser utilizados em vários períodos do dia e com alunos predominantemente adultos. Assim, a E_m das salas deve ser de 500 lux, pois, segundo a mesma Norma Técnica, esse valor é referente para aulas noturnas e educação de adultos.

Para verificação de iluminância das salas de aula, foram realizadas medições na altura da área de trabalho (sobre mesa de estudo) em cinco pontos distintos e distribuídos uniformemente na área de cada sala (Figura 5) em três períodos ao longo do dia, tendo sido as medições realizadas entre 11h e 12h, 15h e 16h e 19h e 20h.

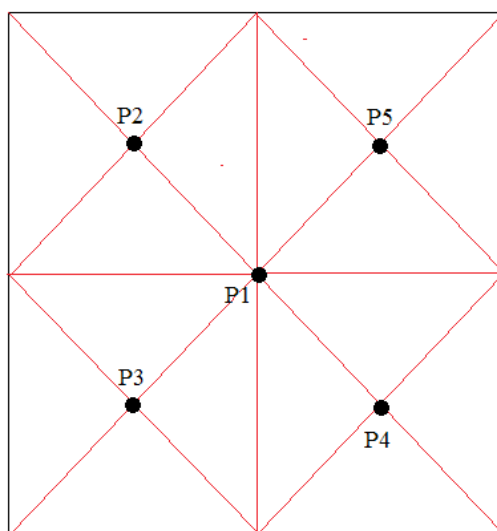


Figura 5. Distribuição dos pontos (P) para medição de fluxo luminoso, em lúmens, em cada sala de aula

Fonte: Autoria própria

Em cada período de medição de E em uma determinada sala de aula (contendo os cinco pontos), foi realizada uma média de E, em lux, conforme a Equação 1.

$$E_m = \frac{\sum E_p}{n} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde,

E_m = iluminância média da sala de aula, em lux;

E_p = iluminância em cada ponto medido em sala de aula, em lux; e

n = número de pontos de medição de iluminância.

Além disso, foi realizado o levantamento do atual tipo de lâmpada utilizada, da calha refletora e da potência elétrica de cada ponto de luz nas salas de aula, corredores e banheiros, e também o total da iluminação do prédio, possibilitando a realização de um diagnóstico geral da iluminação do prédio.

4 Resultados e discussão

4.1 Climatização

Foram coletados dados do bloco E de acordo com o especificado pela norma NBR ABNT 16401/2008 no dia 22/02/2016 (previsto como o dia mais quente do ano) às 16h. Essas informações foram inseridas no programa MathCAD®, por meio do qual se determinaram os valores da carga térmica de acordo com cada parâmetro, conforme o Gráfico 1.

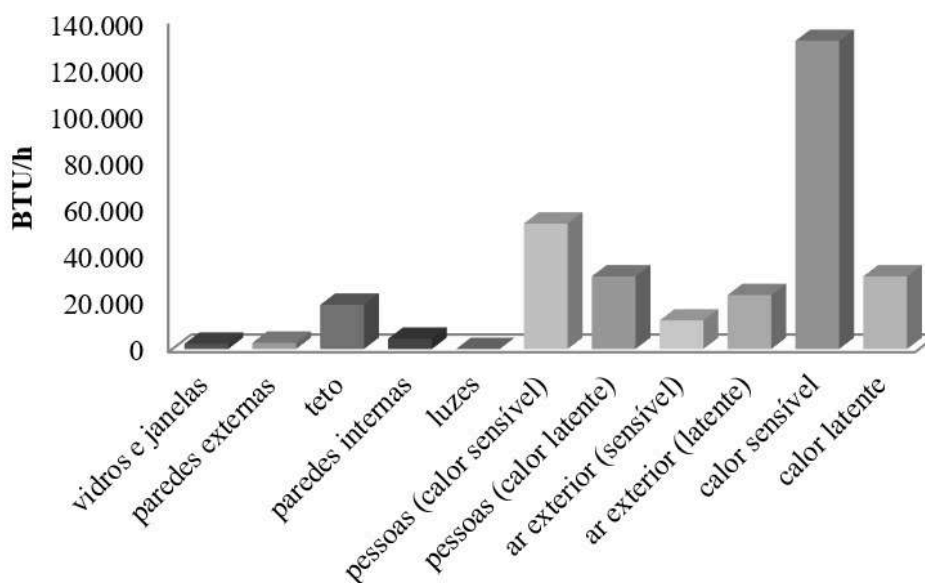


Gráfico 1. Carga térmica do bloco E

Fonte: Dados da pesquisa

Foram encontrados os seguintes valores em BTU/h: 2.229 vidros e janelas, 2.631 paredes externas, 18.879 teto, 4.389 paredes internas, 1,36 luzes, 53.580 pessoas (calor sensível), 31.020 pessoas (calor latente), 12.182 ar exterior (sensível), 23.011 ar exterior (latente), 131.606 calor sensível e 31.020 calor latente, de acordo com o Gráfico 1.

Dessa forma, para a primeira simulação da carga térmica, a parede externa que é exposta ao sol das 16 horas foi desconsiderada; assim sendo, essa parede foi tomada como parte da parede interna. A segunda simulação foi feita com a mesma parede que é exposta ao sol juntamente com o teto, seguindo o mesmo processo da primeira simulação, ou seja, desconsiderando as duas paredes (a parede externa e o teto) para cálculo da carga térmica do prédio (Gráfico 2).

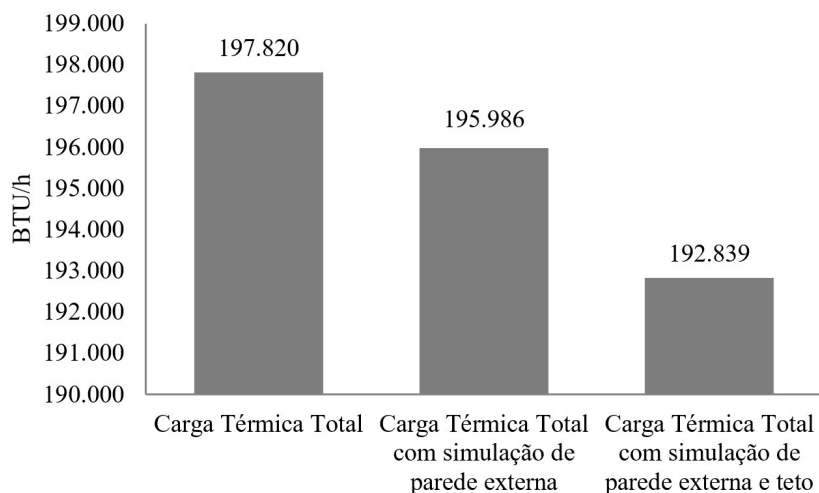


Gráfico 2. Simulação da carga térmica

Fonte: Dados da pesquisa

Pode-se notar que a variação percentual entre a carga térmica total e com simulação de parede externa foi de apenas 0,93%, enquanto que a variação percentual entre a carga térmica total e a carga térmica total com simulação de parede externa e teto foi de 2,52%. Essa variação foi convertida de btu/h para kWh, tendo como base os valores, em reais, de energia elétrica.

Quando transformada em economia no consumo de energia em cinco anos, essa variação diminui cerca de R\$ 440,00 e R\$ 1.195,00, respectivamente, nas duas simulações. Isso significa que, se fosse projetado um telhado verde para o teto ou fosse devidamente colocado qualquer tipo de sombreamento na parede externa, exposta ao sol, o tempo de retorno do investimento inicial seria maior que 5 anos.

Uma terceira simulação considerando a quantidade de pessoas (calor latente e calor sensível) ocupando as salas: frequência de 15 pessoas e de 30 pessoas (lotação máxima) foi feita.

Essa simulação apresentou uma carga térmica de 140.000 Btu/h para 15 pessoas e 197.820,00 Btu/h para 30 pessoas. Dessa maneira, a variação da carga térmica foi de 29% para as duas situações, o que representa uma diferença considerável de Btu, já que há troca constante de temperatura do ar. Entretanto, não é possível controlar o volume de pessoas que ocupam as salas de aula.

Foi constatado, também, que o bloco está superdimensionado em termos de carga térmica total, pois a soma de todos os equipamentos totaliza 296.000 Btu (13 condicionadores de ar); e, além disso, que a carga térmica total do bloco foi de 197.820 Btu, isto é, apresentou uma diferença de aproximadamente 33% de carga térmica.

4.2 Consumo de energia elétrica e iluminação

Simultaneamente a este estudo, o consumo de energia do bloco E foi medido durante 86 dias, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Consumo de energia elétrica do bloco durante 86 dias

| PERÍODO | CONSUMO (kWh) |
|----------------------------|---------------|
| 14/04/16 a 14/05/2016 | 715,35 |
| 14/05/2016 a 14/06/2016 | 615,25 |
| 14/06/2016 a 10/07/2016 | 989,62 |
| Total | 2.320,22 |
| Média | 773,41 |
| Desvio padrão (σ) | 193,82 |

Fonte: Dados da pesquisa

O valor máximo (989,62 kWh) de consumo de energia elétrica encontrado servirá de referência para a proposta de implementação do sistema de ESFV conectado à rede elétrica no bloco.

No que se refere à iluminação, através da Equação 1 foram encontrados valores médios de iluminância, em lux, de cada ambiente do bloco, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Média de iluminância das salas no horário de 11 às 12h

| Salas | Iluminância (horário de 11-12h) | |
|-------|---------------------------------|-------------------|
| | Iluminação desligada | Iluminação ligada |
| 1 | 1.398 | 1.937 |
| 2 | 1.104 | 1.385 |
| 3 | 132 | 674 |
| 4 | 99 | 557 |
| 5 | 698 | 1.125 |
| 6 | 1.336 | 1.780 |

Fonte: Dados da pesquisa

A média da iluminância no horário entre 11h e 12h ultrapassou o valor mínimo estabelecido para sala de aula (500 lux) na NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT mesmo com a iluminação desligada em função da luz natural, não havendo a necessidade de acionamento da iluminação no período matutino.

A exceção são as salas 3 e 4, que necessitam de iluminação artificial para atender à Norma (Figura 6). Isto se deve por dois motivos: o posicionamento destas salas, pois o bloco possui um prédio vizinho (bloco D) que fica exatamente na direção das janelas e a quantidade destas janelas por sala (apenas uma janela por sala).



Figura 6. Sombreamento do bloco D simulado no *software* Revit® nas salas 3 e 4 do Bloco E no período entre 11h e 12h

Fonte: A autoria própria

A iluminância média de todas as salas, quando atendidas com iluminação natural no período de 15 às 16h, foi inferior ao encontrado no horário matutino e ficou abaixo do valor indicado de 500 lux estabelecido pela Norma NBR ISO/CIE 8995-1 (Tabela 3).

Tabela 3. Média de iluminância por sala no horário de 15 às 16h

| Salas | Iluminância (horário de 15-16h) | |
|-------|---------------------------------|-------------------|
| | Iluminação desligada | Iluminação ligada |
| 1 | 246 | 709 |
| 2 | 243 | 663 |
| 3 | 24 | 562 |
| 4 | 26 | 478 |
| 5 | 169 | 567 |
| 6 | 309 | 738 |

Fonte: Dados da pesquisa

No horário entre 15 e 16h, pôde-se notar que, em função do sombreamento, além das salas 3 e 4, que normalmente sofrem com a falta de iluminação durante o dia, as demais também necessitaram da iluminação acionada para que os valores de iluminância média ultrapassassem 500 lux, com exceção da sala 4, cuja iluminância ficou com 478 lux, mesmo com a iluminação ligada.

Tal condição se deve ao sombreamento solar realizado nas salas de aula no período vespertino e mostrado na Figura 7.

**Figura 7. Sombreamento do bloco D simulado no software Revit® no período de 15 às 16h**

Fonte: Autoria própria

A mesma ineficiência na iluminância ocorre com as salas 1, 2, 4, 5 e 6 no horário de 19 às 20h. Somente a sala 3 apresentou iluminância média acima do mínimo permitido (500 lux) (Tabela 4).

Tabela 4. Média de iluminância das salas no horário de 19 às 20h

| Salas | ILUMINÂNCIA iluminação ligada (19h – 20h) |
|-------|--|
| 1 | 439 |
| 2 | 461 |
| 3 | 538 |
| 4 | 496 |
| 5 | 427 |
| 6 | 484 |

Fonte: Dados da pesquisa

As iluminâncias médias encontradas nos banheiros masculino e feminino e no corredor, respectivamente 404 lux, 641 lux e 493 lux, estão de acordo com a Norma Técnica, que padroniza 200 lux para banheiros e 100 lux para corredores, Tabela 5.

Tabela 5. Média da iluminância no restante do bloco E

| Local | ILUMINÂNCIA Iluminação ligada |
|--------------------------|----------------------------------|
| Sala do Centro Acadêmico | 620 |
| Banheiro Masculino | 404 |
| Banheiro Feminino | 641 |
| Corredor | 493 |

Fonte: Dados da pesquisa

Nota-se que houve uma perda na eficácia do sistema de iluminação em alguns pontos do bloco e, para aumentar a eficiência na iluminação, é necessária a troca das lâmpadas atuais por lâmpadas com maior vida útil, iluminância e potência menor.

4.3 Soluções Sustentáveis para o Bloco E

Análise realizada na climatização do Bloco E mostrou que o sistema está superdimensionado; nesse sentido o impacto foi somente financeiro no ato da aquisição dos equipamentos. Do ponto de vista técnico, não há impacto, em função do desligamento automático dos aparelhos de acordo com a temperatura ajustada.

No que tange à iluminação, há potencial para mitigar o consumo de energia elétrica com lâmpadas mais eficientes. Dessa forma, foi feita uma simulação da troca das lâmpadas atuais por lâmpadas de LED (Tabelas 6, 7 e 8).

A atual lâmpada utilizada no bloco E é tipo fluorescente tubular bivolt, pino tipo T10, potência de 40 W, temperatura de cor de 6.500K e comprimento de 120 cm. Para as lâmpadas de LED, baseou-se no fluxo luminoso correspondente à existente, chegando ao modelo tubular, pino tipo T8L, potência de 18 W, temperatura de cor de 6.500K e comprimento de 120 cm.

A Tabela 6 apresenta a quantidade de lâmpadas fluorescentes existentes no bloco E, em comparação com as lâmpadas LED do projeto ideal.

Tabela 6. Lâmpada Fluorescente x LED – potência elétrica (W) e consumo de energia elétrica (kWh)

| Dados | Projeto existente fluorescente | Ideal LED |
|--|-----------------------------------|---------------|
| Nº de lâmpadas | 118 | 118 |
| Nº de luminárias | 59 (2x40W) | 59 (2x18W) |
| Potência por lâmpada (kW) | 0,040 | 0,018 |
| Horas diárias | 8 | 8 |
| Potência Total Diária (kW) | 4,72 | 2,12 |
| Consumo de Energia Diário (kWh/dia) | 37,76 | 17 |
| Dias de utilização mensal | 22 | 22 |
| Dias de utilização anualmente | 264 | 264 |
| Consumo mensal (kWh) | 830,72 | 374 |
| Consumo mensal Horário Fora de Ponta (kWh) | 726,88 | 327,10 |
| Consumo mensal Horário de Ponta (kWh) | 103,84 | 46,73 |
| Consumo anual (kWh) | 9.968,64 | 4.488,00 |

Fonte: Dados da pesquisa

Nota-se pela Tabela 6 que, no consumo anual, quando comparada à lâmpada fluorescente, o consumo da LED em kWh é cerca de 55% menor, como também visto por Santos et al. (2015).

A Tabela 7 também apresenta um comparativo entre as duas lâmpadas estudadas, o qual se baseou no consumo mostrado na Tabela 6. Observou-se um custo de energia diferenciado em horário de pico ponta (das 18h às 21h) e fora de pico ponta (das 21h até as 18h do dia seguinte) uma vez que o *campus* é tarifado como consumidor atendido em média tensão (13,8 kV) e com tarifação horossazonal verde. Dessa forma, determinou-se o custo final de energia elétrica por lâmpada.

Tabela 7. Lâmpada Fluorescente x LED – custo de energia elétrica

| Dados | Fluorescente | LED |
|--|--------------|----------|
| Horas de funcionamento – horário fora de ponta (dia) | 4 | 4 |
| Horas de funcionamento – horário fora de ponta (mês) | 88 | 88 |
| Horas de funcionamento – horário de ponta (dia) | 2 | 2 |
| Horas de funcionamento – horário de ponta (mês) | 44 | 44 |
| Custo da energia – horário fora de ponta (R\$/kWh) | 0,55 | 0,55 |
| Custo diário da energia – horário de ponta (R\$/kWh) | 2,57 | 2,57 |
| Custo mensal de energia elétrica – horário fora de ponta (R\$) | 399,78 | 179,90 |
| Custo mensal de energia elétrica – horário de ponta (R\$) | 266,87 | 120,10 |
| Custo anual de energia elétrica – horário fora de ponta (R\$) | 4.797,36 | 2.158,80 |
| Custo anual de energia elétrica – horário de ponta (R\$) | 3.202,44 | 1.441,20 |
| Custo final anual de energia elétrica (R\$) | 7.999,80 | 3.600,00 |

Fonte: Dados da pesquisa

Pôde-se, de acordo com a Tabela 7, verificar que a iluminação de LED tem um custo 55% menor, se comparado com a iluminação fluorescente.

A Tabela 8 mostra a comparação entre o custo de manutenção entre as lâmpadas.

Tabela 8. Lâmpada fluorescente x LED – custo de manutenção

| Dados | Fluorescente | LED |
|---|---------------------|----------------------------|
| Custo unitário da lâmpada (R\$) | 5,90 | 21,90 |
| Custo unitário do reator (R\$) | 55,48 | 0,00 |
| Custo do Homem-hora (H-H) - Eletricista (R\$) | 50,00 | 50,00 |
| Tempo de H-H Eletricista - troca do reator (horas) | 0,50 | 0,00 |
| Tempo de H-H Eletricista - troca das lâmpadas (horas) | 0,25 | 0,25 |
| Custo do Homem-hora - Eletricista - troca do reator (R\$) | 25,0 | 0,00 |
| Custo do Homem-hora - Eletricista - troca das lâmpadas (R\$) | 12,5 | 12,5 |
| Vida útil da Lâmpada | 13.000 horas | 40.000 horas (4,5 anos) |
| Vida útil do reator (horas) | 30.000 | 0,00 |
| Custo de manutenção em 40.000h (R\$) – única luminária | 1.829,50 (2x40W) | 1.642,50 (2x18W) |
| Custo total de manutenção em 40.000h (R\$) | 107.940,50 | 96.907,50 |

Fonte: Dados da pesquisa

Considerando-se que a LED possui vida útil de aproximadamente 40.000 horas e a fluorescente de 13.000 horas, que a lâmpada LED não necessita de reator, o custo da hora de trabalho do electricista e o custo total de manutenção, a diferença ficou em torno de R\$ 11.000,00, ou seja, a fluorescente torna-se mais custosa no que se refere à manutenção.

Considerando o custo total anual de energia com o projeto existente de R\$ 18.549,18 e de R\$ 8.347,13 para o projeto com LED, em cinco anos, o custo seria de R\$ 92.745,92 e R\$ 47.735,66, respectivamente, correspondendo a uma economia de R\$ 51.010,26. Somando esse valor à diferença no custo de manutenção entre as duas lâmpadas, que é de R\$ 11.033,00, atingiu-se um total de R\$ 62.043,26, em cinco anos de racionalização do bloco E em iluminação.

Outra proposta para o bloco E está na implantação do sistema de ESFV conectado à rede, pois o município de Campos dos Goytacazes/RJ possui potencial para esse tipo de fonte para geração de energia elétrica, conforme visto na Figura 1. Assim, foi realizado um dimensionamento básico de sistema de ESFV conectado à rede para aplicação ao bloco E, considerando o consumo atual a partir do maior consumo registrado na Tabela 1 (aproximadamente 1.000 kWh) no simulador solar no *website* da América do Sol (<http://www.americadosol.org/simulador/>).

A partir dos dados informados de localização do prédio (município), consumo e custo de energia elétrica, o simulador forneceu um sistema com capacidade de 6,9 kWp com as características descritas na Tabela 9.

Tabela 9. Características do sistema de ESFV conectada à rede proposta para o bloco E

| Dados | Valores |
|---|---------|
| Capacidade do Sistema (kWp) | 6,9 |
| Geração anual de energia elétrica (kWh) | 9.340 |
| Consumo anual da rede da concessionária local (kWh) | 2.540 |
| Rendimento anual (kWh/ kWp) | 1.353 |
| Área ocupada pelo sistema (m ²) | 47 a 59 |
| Emissões de CO ₂ evitadas por ano (Ton) | 2,73 |

Fonte: América do Sol (2016)

Conforme a América do Sol (2016), o sistema terá capacidade de gerar anualmente cerca de 9.340 kWh, sendo que o prédio necessitará ainda da rede elétrica convencional a que está conectado para consumir 2.540 kWh por ano. Esse fato acontece em decorrência dos períodos de menor intensidade de radiação solar, que, conseqüentemente, fazem com que o sistema de ESFV seja capaz de gerar energia elétrica em sua plenitude. A Figura 8 mostra um comparativo referente à quantidade de energia elétrica em kWh gerada pelo sistema de ESFV e de energia elétrica em kWh fornecida pela rede convencional ao bloco.

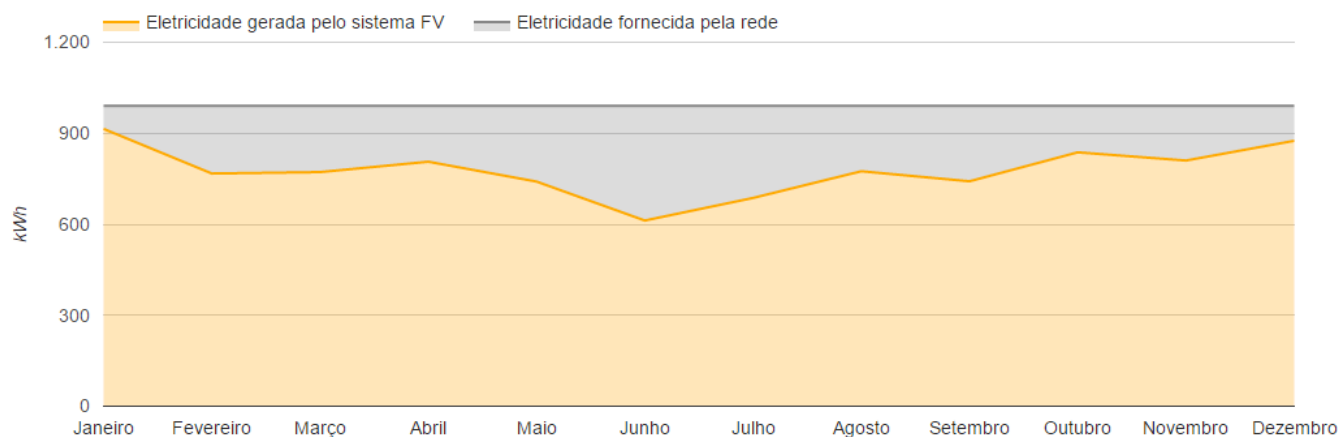


Figura 8. Energia elétrica gerada pelo sistema de ESFV e energia fornecida pela rede elétrica convencional para o bloco

Fonte: América do Sol (2016)

Esse sistema poderá ser composto basicamente dos seguintes equipamentos: 30 painéis fotovoltaicos policristalinos de silício com potência nominal e unitária de 240Wp e um inversor para conexão à rede com potência de 7 kWp. Os painéis fotovoltaicos podem ser instalados no telhado do prédio e, segundo o Simulador Solar, irão ocupar uma área entre 47 e 59 m².

Realizando orçamento em algumas empresas que fornecem o serviço de venda e instalação do sistema, chegou-se a um valor estimado de R\$ 46.000,00 (sistema com capacidade de potência de 7,0 kWp que atende à demanda energética da construção + mão de obra especializada). Esse valor varia de R\$ 45.000,00 a R\$ 50.000,00, dependendo do fornecedor. Assim, considerando o custo anual da energia elétrica, a capacidade de geração do sistema de ESFV (9.340 kWh) e o consumo da rede convencional pelo prédio (2.540 kWh), estima-se que a economia anual para o *Campus* Campos Guarus seja em torno de R\$ 5.457,00, i.e., desconsiderando os reajustes anuais das tarifas de energia elétrica impostos pela concessionária, o sistema terá um *pay back* de aproximadamente nove anos.

Segundo a análise realizada no Simulador Solar da América do Sol, do ponto de vista ambiental, a implantação do sistema de ESFV conectada à rede evitará a emissão de 2,73 TCO₂ anualmente, fazendo com que o prédio alcance uma maior sustentabilidade.

5 Considerações finais

Na elaboração e desenvolvimento deste trabalho, foram estudadas propostas para aumentar a eficiência energética do prédio E do *Campus* Campos Guarus, tendo em vista os aspectos técnicos e econômicos. Em relação à climatização, pode-se concluir que:

- 1 – Não há diferença significativa na simulação de carga térmica tanto de sombreamento da parede externa quanto na cobertura do teto com alguma alternativa sustentável.
- 2 – O valor encontrado da carga térmica total do bloco está abaixo do valor que atualmente é consumido, ou seja, da potência consumida pela edificação. Apesar da discrepância, isso não irá refletir em aumento do consumo de energia, já que os aparelhos com potência maior atingem o conforto térmico de forma mais rápida e eficaz em comparação com os inferiores.
- 3 – Para todos os resultados, foi observado que os valores de simulação de carga térmica, variando o número de pessoas presentes nas salas, apresentam relevância. Entretanto, minimizar o número de pessoas por salas a fim de reduzir a carga térmica total é uma questão que merece estudos mais aprofundados.

Com referência ao consumo de energia e iluminação, comprovou-se que:

- 1 - Nos horários matutinos e vespertinos, a medição da iluminância, mesmo com a iluminação desligada, ultrapassou o mínimo estabelecido pela Norma. Isso ocorreu, todavia, nas salas que têm mais de uma janela, permitindo, assim, que a luz natural entrasse. Dessa forma, a iluminação artificial pode ser um complemento na utilização da luz solar, como uma opção de substituição quando as necessidades de iluminação do ambiente não forem atendidas, diminuindo, então, o consumo de energia. Isso pode ser concretizado a partir de uma conscientização do uso racional de energia elétrica junto aos usuários das salas.
- 2 – O projeto ideal no sistema de iluminação, que propôs a troca das lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W por lâmpadas de LED tubulares de 18 W, irá reduzir o consumo de eletricidade.
- 3 – Em todos os aspectos analisados da lâmpada fluorescente *versus* lâmpada de LED, desde o consumo, passando pelo custo de energia e chegando ao custo de manutenção, pode-se apontar a vantagem que a LED possui em relação às lâmpadas fluorescentes, mesmo tendo um custo unitário maior no ato da aquisição.

Acerca do sistema de ESFV conectado à rede com potência de 7 kWp, a implantação irá contribuir para a redução do consumo de energia elétrica do *Campus* Campos Guarus. O retorno financeiro anual consegue pagar o custo total do sistema em aproximadamente nove anos e ainda reduzirá as emissões anuais de CO₂ provenientes do uso da energia elétrica convencional.

Assim, após este estudo e levando em consideração os aspectos de eficiência energética econômicos e ambientais, é possível verificar que não há necessidade de modificação do sistema de climatização, que o sistema de iluminação atual deverá ser trocado por iluminação de LED e que deverá ser implantado o sistema de ESFV conectado à rede.

Referências

- ABNT. *Normas Técnicas NBR 16401/2008*: Instalações de ar condicionado. 2008. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM374/NBR_16401-1_2008.pdf>. Acesso em: 24 set. 2016.
- ABNT. *Normas Técnicas NBR ISO/ CIE 8995-1/2013*: Iluminação de ambientes de trabalho: parte 1: interior. 2013. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes...1/...e.../NBRISO_CIE8995-1.../file>. Acesso em: 24 set. 2016.
- AMÉRICA DO SOL. *Simulador Solar*. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/simulador/simulation.php?id=195494&session=dd8126085b59d376ced7b26ea3591d0a>>. Acesso em: 23 set. 2016.
- ANDRADE JÚNIOR, L. M.; MENDES, L. F. R. Microgeração fotovoltaica conectada à rede elétrica: considerações acerca de sua difusão e implantação no Brasil. *Vértices*, v. 18, n. 2, p. 31-51, 2016.
- ANEEL. *Eficiência Energética*. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27&idPerfil=2>>. Acesso em: 03 nov. 2016.
- ANEEL. *Informações Técnicas*. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas>>. Acesso em: 24 jul. 2017.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Eficiência Energética*: premissas e diretrizes básicas. Disponível em: <http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-do-pes/Plano_Nacional_de_Eficiencia_Energetica.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2017.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. *Lei nº 10.295*, de 17 de outubro de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 24 jan. 2017.
- BREEAM. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*. Disponível em: <<http://www.breeam.com/>>. Acesso em: 24 jul. 2017.
- BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. M. *Geração de energia elétrica*: fundamentos. São Paulo: Érica, 2012.
- CERWAY. Qu'est-ce que HQE? Disponível em: <<http://www.behqe.com/fr/presentation-hqe/Qu'est-ce-que-HQE>>. Acesso em: 24 jul. 2017.
- COLÉGIO DE ARQUITETOS. *Arquitetura bioclimática*: conforto ambiental. Disponível em: <<http://www.colegiodearquitetos.com.br/arquitetura-bioclimatica/>>. Acesso em: 24 jul. 2017.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. *Quem somos*. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/institucional/show.asp?ppgCode=09804C7D-A825-42C4-AE3B-D7834C71E1ED>>. Acesso em: 23 jul. 2017.
- COSTA, E. D.; MORAES, C. S. B. Construção Civil e a Certificação Ambiental: Análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v. 10, n. 3, p. 160-169, 2013.
- ELETOBRAS. *Relatório de Avaliação da Eficiência Energética no Brasil*: sumário executivo. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B99EBBA5C-2EA1-4AEC-8AF2-5A751586DAF9%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em: 29 jun. 2017.
- EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. *Matriz Energética Nacional 2017*: Ano Base 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioInicial.aspx?anoColeta=2017&anoFimColeta=2016>>. Acesso em: 24 jul. 2017a.
- EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. *Plano Nacional de Energia 2030*: eficiência energética. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_11.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2017b.
- EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. *Nota Técnica DEA 19/14*: Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil: Condicionantes e Impactos. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADa%20no%20Brasil%20-20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20\(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADa%20no%20Brasil%20-20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20(Revisada).pdf)>. Acesso em: 26 jan. 2017.

FONSECA, I. C. L.; ALMEIDA, C. C. R.; LOMARDO, L. L. B.; MELLO, E. N. Avaliações de conforto ambiental e eficiência energética do projeto do prédio do Centro de Informações do CRESESB, no Rio de Janeiro. *Ambiente Construído*, v. 10, n. 2, p. 41-58, 2010.

GOOGLE. Google Earth®: imagem do IFF Campus Campos Guarus (21°44'S e 41°19'O), 2016.

GRÜNBERG, P. R. M.; MEDEIROS, M. H. F.; TAVARES, S. F. Certificação Ambiental de Habitações: Comparação entre Leed For Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 2, p. 195-214, 2014.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. *Energia e Meio Ambiente*. 5. ed. São Paulo: Cengage, 2014.

INMETRO. *O Programa Brasileiro de Etiquetagem*. Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php>. Acesso em: 5 jun. 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2013.

LANHAM, A.; GAMA, P.; BRAZ, R. *Arquitetura Bioclimática: Perspectivas de inovação e futuro*. Disponível em: <http://www.gsd.inesc-id.pt/~pgama/ab/Relatorio_Arq_Bioclimatica.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

LEITE, A. D. *Eficiência e desperdício no Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de Metodologia Científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e Processos de Projetos de Edificações. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 4, n. 1, p. 84-119, 2009.

MUSEU DO AMANHÃ. Disponível em: <<https://museudoamanha.org.br/>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

NATURESA, J. S. *Eficiência Energética, Política Industrial e Inovação Tecnológica*. Disponível em: <www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?view=000795336>. Acesso em: 10 mar. 2016.

PROCEL. O Programa. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>>. Acesso em: 24 jan. 2017a.

PROCEL. EPP: Eficiência Energética nos Prédios Públicos. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm>>. Acesso em: 24 jul. 2017b.

RÜTHER, R. *Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil*. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004.

SANTOS, D. S. F. et al. Projeto Luminotécnico Automatizando Lâmpadas Tubulares de LED Com Auxílio da Plataforma Arduino®. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE ENSINO, PESQUISA E INOVAÇÃO, 10., 2015, Rio Branco, AC. *Anais...* Rio Branco, AC: [s. n.], 2015. p. 6738-6743. Disponível em: <<http://www.connepi.ifac.edu.br/>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

SANTOS, M. A (Org.). *Fontes de energia nova e renovável*. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

STHEL, M. S.; TOSTES, J. G. R.; TAVARES, J. R. Current energy crisis and its economic and environmental consequences: Intense human cooperation. *Natural Science*, v. 5, n. 2, p. 244-252, 2013.

USBCG. *Leadership in Energy and Environmental Design*. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/leed>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

VILLALVA, M. G. *Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.