



Estudo do Consumo Energético de um edifício de Ensino Superior em Alagoas - Brasil.

Study of the Energy Consumption of a Higher Education Building in Alagoas – Brazil

Recebido em 03.07.2017. Aprovado em 01.12.2017



Leone de Mendonça Leite
Centro Universitário de Alagoas

Alvaro Antonio Ochoa Villa * José Ângelo Peixoto da Costa
Instituto Federal de Pernambuco |* ochoaalvaro@recife.ifpe.edu.br

147

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o levantamento energético de um edifício de ensino superior localizado na cidade de Maceió, Alagoas, Brasil que tem 11 andares, e tem um período de funcionamento de três turnos 08h:00'-22h:00'. A idéia do estudo é realizar o levantamento energético em função do consumo elétrico utilizado na edificação para ativar o sistema de climatização, iluminação, laboratórios e outros equipamentos elétricos com o intuito de discriminar os perfis destes consumos e poder propor uma proposta que permita uma otimização dos recursos energéticos e, portanto, redução dos gastos na fatura de energia elétrica. Os parâmetros medidos na auditoria energética foram as tensões e correntes por fase e média, as máximas e mínimas, corrente de neutro, potências máximas e mínimas, consumo ativo e reativo trifásico, demanda ativa e reativa trifásica, e energia direta e reversa. Estas medições foram coletadas a cada 10 minutos segundo a recomendação da ANEEL, por meio de um analisador de energia do tipo PowerNet p-600 durante 7 dias no mês de verão de fevereiro, considerando os dias úteis e não úteis da edificação. Em função dos resultados preliminares obtidos a partir das medições pretende-se encontrar alternativas viáveis e factíveis em termo de eficiência energética mais adequada para a instituição.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo energético, Potências ativas e reativas, perfil de consumos e demandas elétricas

ABSTRACT

This work aims at the energy survey of a building of higher education located in the city of Maceió, Alagoas, Brazil, which has 11 floors, and has a working period of three shifts from 08:00 am to 10:00 pm. The idea of the study is to perform the energy survey in function of the electric consumption used in the building to activate the system of air conditioning, lighting, laboratories and other electrical equipment with the intention to discriminate the profiles of these consumptions and to be able to propose a methodology that allows an optimization of the energy resources and, therefore, reduction of the expenses in the invoicing of electric energy. The parameters measured in the energy audit were voltages and currents per phase and average, maximum and minimum, neutral current, maximum and minimum powers, active and three-phase reactive consumption, active and reactive three-phase demand, and direct and reverse energy. These measurements were collected every 10 minutes as recommended by ANEEL, using a PowerNet p-600 type energy analyzer for 7 days during the summer months of February, considering the useful and non-useful days of the building. Based on the preliminary results obtained from the measurements, we intend to find feasible and feasible alternatives in terms of energy efficiency more suitable for the institution.

KEYWORDS: Energetic consumption, Active and reactive powers, consumption profile and electrical loads.

INTRODUÇÃO

Os edifícios são responsáveis pelo consumo de 40% da energia utilizada na maioria dos países desenvolvidos. Demonstrando ao longo dos anos um crescimento, onde se pode ressaltar o rápido desenvolvimento de construção em países como a China e a Índia, onde a economia está em franco crescimento. É primordial agir agora, pois os edifícios podem dar uma grande contribuição para a regressão das alterações climáticas e utilização energética. Logo a eficiência energética é um conceito importante nos dias atuais, associado à sustentabilidade energética e ao fato de haver uma necessidade de mudar o comportamento face às questões sociais, econômicas e ambientais que estão relacionadas com este tema.

Dossiê I JIPEEIS - Primeira Jornada Internacional de Pesquisa, Ensino, Extensão, Inovação e Sustentabilidade

Estudo do Consumo Energético de um edifício de Ensino Superior em Alagoas - Brasil.

Visando ressaltar a importância destas intervenções desataca-se que estas edificações representam cerca de 30% do consumo total de energia do planeta e fazem parte dos setores com maior participação na matriz energética mundial. No Brasil esperasse que logo atingisse 30% do consumo total de energia na medida em que se aceleram os processos de urbanização, com o crescimento da classe média e modernização das edificações. Logo, os setores comerciais, de serviços e público, bem como o residencial, são essenciais para o sucesso de qualquer política de eficiência energética. O consumo de energia elétrica em edifícios residenciais, comerciais e públicos é um dos mais representativos no Brasil. Estima-se que cerca de 50% de toda energia produzida é consumida pela operação e pela manutenção de edificações e seus sistemas artificiais, como iluminação, climatização e aquecimento de água. A utilização de tecnologias energeticamente eficientes, no entanto, ajuda a otimizar o gasto de energia em edificações e, em muitos casos, é possível verificar uma economia de mais de 50% do consumo.

Nos últimos anos, a eficiência energética e o conforto térmico em edifícios privados e públicos tornaram-se temas de grande interesse visando uma melhor distribuição do consumo e demanda elétrica, em termos de otimização dos recursos e respeitando as condições de conforto para os seres humanos. A necessidade de reduzir os requisitos de energia dos sistemas de iluminação deve trazer entre os engenheiros uma visão mais madura e consciente ao planejar e isso significa que seus principais objetivos devem ser o conforto visual e uma diminuição nos custos de energia e manutenção.

Haddad (2003) realizou uma análise descritiva sobre o marco regulatório da Lei n. 10295 de 2001, relacionado com o estabelecimento dos níveis máximos de consumo específicos de energia e mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de eletricidade fabricados e comercializados no Brasil. O trabalho visou o estudo das medidas e institucionais e operacionais, além de ressaltar resultados sobre o aprimoramento de instrumentos legais relacionados com a temática de eficiência energética. Entre os benefícios mais ressaltantes encontrados na implementação e consolidação desta Lei tem-se que; retirar do mercado os equipamentos menos eficientes energeticamente, obter economia de energia ao longo do tempo, promover o desenvolvimento tecnológico, através da fabricação de equipamentos energeticamente mais eficientes, reduzirem os gastos dos consumidores e contribuir para a redução dos impactos socioambientais através do uso de equipamentos que consomem menos energia. No mesmo contexto, porém aplicado à região europeia, Zorita et al. (2016) propuseram uma metodologia que proporciona uma ferramenta de apoio nas decisões de monitoramento do consumo de eletricidade. O modelo desenvolvido de consumo de energia leva em consideração as variáveis que influenciam o consumo de elétrico no edifício, tais como; características construtivas, atividades desenvolvidas, condições climáticas da região, entre outras, utilizando as técnicas estatísticas multivariadas apropriadas para a análise que permitem obter e definir um índice de eficiência que pode ser utilizado pelo gestor do edifício, como referência no acompanhamento na evolução das instalações e os desvios de detecção ou de falhas. Este modelo estatístico proporciona ou diminui a subjetividade na hora de toma de decisões de melhoria em função do consumo elétrico. Por outro lado estudando a morfologia urbana da cidade, Martins et al. (2013) levaram a cabo um estudo sobre o mapeamento morfológico do

tecido urbano que permitisse auxiliar na escolha e interpretação da climatologia e seu impacto na forma urbana na demanda energética em edificações utilizando o método simplificado de análise considerando diferentes parâmetros tais como; geometria urbana, condições climatológicas, com o intuito de realizar uma cartografia de áreas morfologicamente homogêneas em função da influência da demanda energética das edificações. Em função do estudo foi possível identificar a significância dos parâmetros no contexto urbano de Maceió, AL e segundo a análise de agrupamento (ClusteringAnalysis) foi possível agregar e classificar as diferentes configurações tipológicas e assim, poder simular computacionalmente para ter uma estimativa da demanda energética em edificações.

O estudo e verificação do consumo energético, perfis de temperatura e comportamento térmico das edificações em função dos materiais, clima do local e atividade desenvolvida vêm sendo estudada e analisada como forma de encontrar e otimizar os recursos energéticos, ou seja, maior conforto térmico e energético porém com menor custo (Siqueira et al., 2005; Pedrini et al., 2010; Frandoloso et al., 2010). Desta forma, Siqueira et al. (2005) apresentaram uma metodologia que pode estimar os dias típicos de projeto, através tratamento estatístico de dados climáticos. No estudo sugerido a utilização de uma série de dados de no mínimo 10 anos em função das condições dinâmicas do clima, para encontrar o dia típico mais representativo do mês da região em estudo, que possa representar de forma adequada às condições climáticas na construção de edifícios e desta forma, projetar edificações mais eficientes em termo de energia, seja térmica e elétrica. No mesmo contexto, verificando o melhor uso das condições climáticas na construção de edificações e consumo de energia, Didone et al. (2014) avaliaram a possibilidade de transformação de edifícios de escritório brasileiros atuais em edifícios do tipo energia zero (EEZ) considerando diferentes climas no Brasil (Fortaleza, CE, e Florianópolis, SC). O trabalho foi baseado em simulações computacionais, por meio da plataforma EnergyPlus e Daysim, desenvolvendo o modelo em três etapas.

Visando a identificação e configuração dos edifícios em função do consumo energético e parâmetros de conforto térmico, Pedrini et al. (2010) apresentaram uma análise comparativa entre os dois métodos da regra de etiquetagem energética em edifícios levando como indicador comparativo a envoltória de três edifícios com soluções de envoltória diferentes, localizados no clima quente e úmido da cidade de Natal, Nordeste do Brasil. O parâmetro selecionado foi a razão entre o consumo energético anual, obtido pela simulação, e a área das edificações, ou seja, em função do consumo pelos metros quadrados de área, segundo a simulação computacional, representaria uma possível aferição da eficiência energética de edifícios com mesma tipologia, evidenciando o papel exercido pela solução arquitetônica da envoltória no desempenho energético da edificação. O estudo demonstrou que apesar de apenas um desses edifícios terem sido projetados seguindo recomendações bioclimáticas e de eficiência energética, todos eles foram avaliados pelo método prescritivo com a melhor classificação, ou seja, A. No contexto de envoltória dos edifícios e sua classificação, Fossati e Lamberts (2010) apresentaram uma análise crítica sobre os resultados e discussões em função da avaliação da envoltória de dez edifícios de escritórios localizados na cidade de Florianópolis, SC, utilizando como ferramenta de análise o método prescritivo do RTQ-C. (Regulamento Técnico da

Dossiê I JIPEEIS - Primeira Jornada Internacional de Pesquisa, Ensino, Extensão, Inovação e Sustentabilidade

Estudo do Consumo Energético de um edifício de Ensino Superior em Alagoas - Brasil.

Qualidade do Nível de eficiência Energética). A análise foi realizada em função da classificação dos edifícios levando em consideração as variações percentuais de abertura nas fachadas, ângulos de sombreamento e fator solar dos vidros utilizados, onde está análise foi desenvolvida segundo a determinação da zona bioclimática, área de projeção e do fator de forma das edificações, do indicador de consumo da envoltória, do consumo máximo e mínimo da envoltória e o nível de eficiência energética da envoltória. Foi verificado que a variável que apresentou menor influência na eficiência da envoltória foi o fator solar dos vidros. Outro trabalho que também avaliou o desempenho energético foi o apresentado por Frandolso et al. (2010) onde foram analisados vários edifícios universitários na Universidade de Passo Fundo (UPF) – RS, em função da eficiência energética e conforto térmico dos usuários. A caracterização dos edifícios foi realizada a compilação de informações de dados estáticos e dinâmicos, auditorias energéticas, a demanda e o rendimento das instalações e gestão de ocupação dos edifícios. O estudo foi desenvolvido em dois edifícios da FEAR, representativos das tipologias construtivas existentes no Campus I, a partir do inventário dos dados estáticos - referentes às características gerais dos edifícios e dos espaços internos e a caracterização das instalações, e dados dinâmicos para a identificação do padrão de uso e ocupação dos espaços. A partir das observações sobre o estabelecimento de padrões de eficiência energética e térmica foi constatado que as normativas brasileiras são meramente orientativas, sem um caráter de obrigatoriedade de certificação, e, além disto, há uma lacuna da normatização específica de edifícios públicos e educacionais. No mesmo contexto, Marcondes et al. (2010) apresentaram um estudo sobre o desempenho térmico de edifícios localizados no novo centro de pesquisas da Petrobras, CENPES II, no Rio de Janeiro, levando em consideração edifícios naturalmente ventilados e edifícios condicionados artificialmente. Foi verificado que o melhor desempenho dos ambientes naturalmente ventilados foi encontrado no restaurante do Centro de Convenções, que apresentou um 70% das horas de ocupação do ano dentro da zona de conforto, enquanto o percentual mais baixo foi encontrado na cozinha da Empreiteirópolis, com 51%, com PPD de 20%;

Em função da classificação dos edifícios a partir de parâmetros de construção, Carvalho et al., (2010), descreveram o método utilizado no processo de classificar energeticamente as edificações levando em consideração as ligações entre os projetistas, empresários e técnicos especializados. O trabalho mostra a forma de avaliação destas edificações em função da envoltória do local, sistema de iluminação artificial e principalmente o sistema de ar condicionado, que permite estabelecer o perfil de consumo energético, e assim poder identificar o nível de eficiência energética da edificação. Neste estudo foi necessária a aplicação de um procedimento de integração multidisciplinar do projeto da edificação, levando em consideração técnicas de simulação computacional e condições climáticas que podem afetar e contribuir à otimização dos recursos energéticos do prédio. Foi constatado que através da aplicação da metodologia sugerida multidisciplinar foi possível verificar quais são as edificações com nível do tipo A através da utilização otimizada dos recursos energéticos. Em Portugal, Ferreira e Domingos (2011) realizaram um estudo sobre a consistência da legislação térmica portuguesa aplicada a edificações em função do desempenho energético e

Dossiê I JIPEEIS - Primeira Jornada Internacional de Pesquisa, Ensino, Extensão, Inovação e Sustentabilidade

Estudo do Consumo Energético de um edifício de Ensino Superior em Alagoas - Brasil.

ambiental. O estudo considerou os valores nominais da energia líquida para o conforto seja pela adição de calor (aquecimento) ou remoção de calor (resfriamento).

No trabalho de Silva e Ghisi (2013), foi realizada uma análise de sensibilidade dos parâmetros termofísicos levando em consideração o método aplicado no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Foram selecionados 15 parâmetros em função da cobertura, paredes externas e internas entre outros. Na variação dos parâmetros foi considerada a amostragem com o Hipercubo Latino e geraram-se 500 simulações aleatórias. Foi verificado que os parâmetros mais influentes diferem para cada variável dependente, levando a solução de uma proposta ótima em termos de desempenho que atendam às condições de verão e inverno simultaneamente. Porém, a absorvância solar e a emissividade da cobertura foram os parâmetros mais influentes no contexto geral. Utilizando a mesma metodologia de RTQ-C, Abreu (2015) apresentou de forma objetiva os critérios mínimos que devem ser contemplados numa edificação para que se enquadre como energeticamente eficiente de acordo com os requisitos técnicos de qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos. Dos três sistemas avaliados pelo Procel Edifica, apenas um deles, a envoltória, possui análise obrigatória, mesmo quando o desejado é a obtenção da etiqueta parcial, portanto, conclui-se que a estratégia a ser adotada para obtenção da etiqueta do Procel Edifica também varia de acordo com as condições do prédio existente. Outro trabalho analisado foi o proposto por Souza et al. (2012) onde através dos resultados baseado numa análise aplicada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, considerando um edifício típico, foram verificados padrões atuais de consumo de eletricidade para iluminação de ambientes de suas instalações. A coleta de informação foi realizada através da inspeção de ambientes e do estudo dos recibos de consumo de eletricidade fornecidas pela empresa de energia elétrica da cidade, durante os anos 2000 e 2006, considerando 22 dias úteis para os meses analisados. As principais conclusões encontradas foram que; as estimativas encontradas no ano de 2000 indicaram que em torno de 80% da energia elétrica consumida era destinada à iluminação de ambientes. O estudo revelou que, em 2006, a iluminação consumiu em torno de 106.278 kWh/mês, considerando os sistemas atualmente disponíveis, representando 59% do total do consumo de eletricidade medido pela empresa de energia elétrica.

No contexto internacional, vários países estrangeiros vêm estudando o potencial de consumo energético em edifícios e parâmetros de conforto térmico adequado para produzir construções mais eficiente com menor consumo. Neste contexto, Carbonara et al. (2015) verificaram a importância sobre os edifícios residenciais representam os principais consumidores de energia em Itália, o que leva ao análise destes edifícios visando melhores tecnologias, estratégias e intervenções para melhorar a sua eficiência energética. Os resultados obtidos poderão ser úteis para realçar as soluções mais convenientes para melhorar a eficiência energética para cada cidade italiana analisada. Da mesma forma Salata et al. (2016) avaliaram a possibilidade de combinar luz natural e artificial numa sala de aula localizada na Faculdade de Engenharia da Universidade Sapienza de Roma, com o intuito de minimizar os custos e otimizar a energia. A proposta

apresentada foi a utilização de fontes LED e sistemas de controlo capazes de modular a potência absorvida por cada lâmpada. Como sugestão do estudo, os autores apresentaram que usar uma lógica de controle pré-programada, por meio da simulação para 1205h com períodos de retorno que justificam os custos mais elevados apresentados pela eletrônica caracterizando o sistema de lógica de controle. Com respeito às soluções vegetais tradicionais. Martínez-Molina et al. (2016) apresentaram uma ampla visão da literatura que envolve o tópico sobre a adaptação dos edifícios históricos aos atuais padrões de eficiência energética e de conforto térmico principalmente para melhorar a sustentabilidade e o desempenho energético sem modificar a essência histórica dos mesmos. Como resultado principal os autores afirmaram que os países europeus são os que apresentam o maior investimento em termo de eficiência energética e redução de consumo elétrico, especificamente a Itália, devido a seu reservo cultural e histórico.

Visando a comparação com o Brasil e países estrangeiros, Lopes et al. (2016) apresentaram uma revisão da literatura em função das políticas de eficiência e regulamentações em Edifícios, destacando o programa de etiquetagem brasileira comparando-o com as políticas regulamentadoras destes países. Em função da comparação, o programa Brasileiro apesar de ser uma iniciativa positiva para a sociedade, o mesmo não fornece indicações e sugestões sobre melhorias dos edifícios, além de ser não obrigatória, o que a torna opcional para as construtoras e empresas gerenciadoras dos mesmos, não considera a construção de energia zero nem a economia em função das emissões de CO₂ e não é suficientemente rigoroso para encorajar a indústria da construção civil em patamares mais altos de eficiência energética. Visando o estudo na Turquia, Ashrafian et al. (2016) apresentaram uma nova metodologia que permite definir medidas adequadas de modernização de edifícios com o intuito de otimiza-os em termos energéticos e portanto, econômicos. O método mostrou que quando a quantidade do investimento é superior ao valor do montante a pagar, há a possibilidade de discutir ações de melhoria à edificação. Os resultados revelam que as medidas ótimas devem ser aplicadas em pelo menos duas fases para que sejam aceitáveis desde o ponto de vista da satisfação dos proprietários. Exceto para regiões com clima frio, as ações que proporcionam maior economia de energia não são desejáveis quando se considera o período de retorno e as questões de custos globais.

Este trabalho tem como objetivo o levantamento energético de um edifício de ensino superior localizado na cidade de Maceió, Alagoas, Brasil. A ideia do estudo é realizar o levantamento energético em função do consumo elétrico utilizado na edificação para ativar o sistema de climatização, iluminação, laboratórios e outros equipamentos elétricos com o intuito de discriminar os perfis destes consumos e poder propor uma proposta que permita uma otimização dos recursos energéticos e, portanto, redução dos gastos na fatura de energia elétrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são descritos e analisados os materiais e métodos utilizados no decorrer da execução do projeto. Foi utilizado o analisador modelo PowerNET P-600 que é utilizado em redes de distribuição de

Dossiê I JIPEEIS - Primeira Jornada Internacional de Pesquisa, Ensino, Extensão, Inovação e Sustentabilidade

Estudo do Consumo Energético de um edifício de Ensino Superior em Alagoas - Brasil.

energia com o objetivo de registrar leituras instantânea, médias, mínimos e máximos e levantamento estatísticos das principais grandezas elétricas relacionada a qualidade energética. Em conformidade com o Procedimento de Distribuição da ANEEL. Com isso tornando possível realizar um análise de eficiência energética. Têm as seguintes medidas 285 mm x 208 mm x 125 mm, o que o torna prático e funcional.

Foram realizadas as seguintes aferições;

- Tensão de linha ou fase por fase e média (V)
- Máximas, mínimas ou médias de Tensão (V)
- Corrente por fase e média (A) Máximas, mínimas e médias de corrente (A)
- Fator de potência por fase e total (cos ϕ)
- Máximos e mínimos de fator de potência (cos ϕ)
- Potência ativa por fase e Total (W)
- Potência reativa por fase e Total (VAr)
- Potência aparente por fase e Total (VA)
- Energia ativa direta e reversa, bruta, líquida, capacitiva e indutiva (Wh)
- Energia reativa total, direta e reversa (VArh)
- Energia aparente total (VA)
- Energia ativa total bruta e líquida [w]
- Energia Reativa total bruta e líquida [var]
- Demanda Ativa total (W)
- Demanda Reativa total (VAr)
- Demanda Aparente total (VA)
- Desequilíbrio de Tensão

Com o equipamento acompanha o Software PowerMANAGER Desktop, que é utilizado para baixar os arquivos acumulados durante o processo de leitura pelo equipamento. O software foi utilizado com o objetivo de monitorar em tempo real e registro na base dados ao longo dos dias utilizados para aferição da qualidade de energia baseado nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Foi realizado o levantamento dos materiais empregado no processo construtivo do edifício, assim como realizado a determinação da área útil do edifício. A descrição da área e o uso estão disponibilizados na tabela 05 a seguir.

Dossiê I JIPEEIS - Primeira Jornada Internacional de Pesquisa, Ensino, Extensão, Inovação e Sustentabilidade

Estudo do Consumo Energético de um edifício de Ensino Superior em Alagoas - Brasil.

Tabela 1. Pavimentos utilizados no estudo, área útil do edifício.

Pavimentos– área total (3.378,58 m²)	Descrição da Atividade Desenvolvida:
Subsolo (266,24 m ²)	Estacionamento, subestação abrigada, gerador, administração, vestiário, sala no break e elevadores.
Pilotis (266,24 m ²)	Hall de convivência, área de circulação.
1º Andar (266,24 m ²)	Sala dos professores, sala de reunião, área administrativa, Coordenação de cursos, Sala de professores Tempo Integral e 2 sanitários.
2º Andar (251,74 m ²)	Composto por 4 laboratórios de informática, 2 sanitários e 1 sala de Informática.
3º Andar ao 11º Andar (2.328,12 m ²)	Composto em cada andar por 4 salas de aulas e 2 sanitários.

Fonte: os autores

Com relação à área de Fechamentos Transparentes são utilizadas janelas em alumínio com vidro temperado transparente, segundo Fachada do Edifício Figura 1, possuindo as seguintes áreas, conforme descrito na tabela 2.

Tabela 2. Crescimento de pseudomonas num meio de cultura em relação ao tempo

DESCRIMINÇÃO (Andar)	ÁREAS (M²)
1º	59,19
2º	48,66
3º	48,66
4º	48,66
5º	48,66
6º	48,66
7º	48,66
8º	48,66
9º	48,66
10º	48,66
11º	48,66
Σ 11	545,79

Fonte: (MAIER, 2008).

Figura 1. Campus da instituição de ensino superior em Maceió, AL.



Dossiê I JIPEEIS - Primeira Jornada Internacional de Pesquisa, Ensino, Extensão, Inovação e Sustentabilidade

Estudo do Consumo Energético de um edifício de Ensino Superior em Alagoas - Brasil.

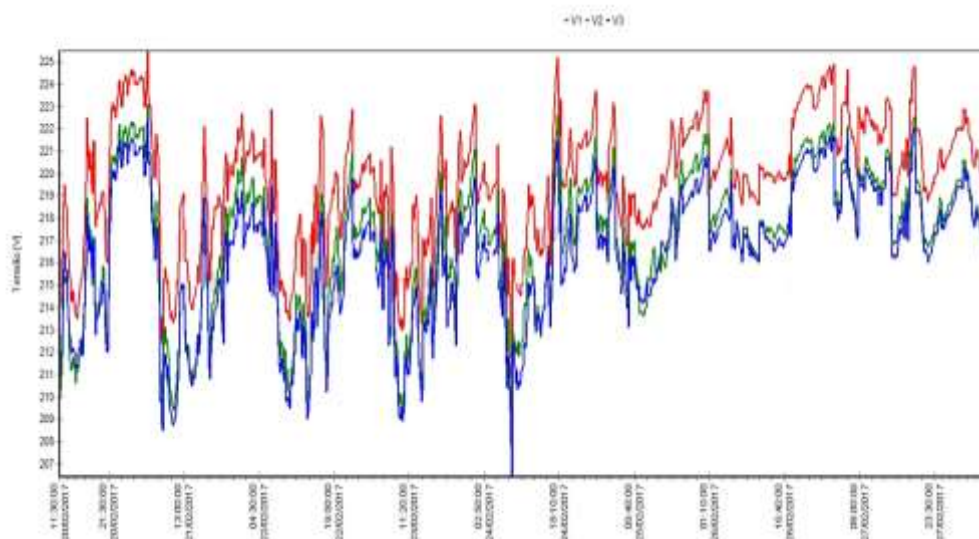
Concluído com um levantamento dos equipamentos elétricos utilizados no prédio assim como o consumo elétrico dos mesmos. Os dados climatológicos foram obtidos no banco de dados Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) / Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Levantamento Energético do Edifício de Ensino Superior – Alagoas – Brasil

O levantamento energético foi realizado ao longo dos 11 andares, distribuídos em salas de aulas, laboratórios, escritórios, e outros, que integram o edifício de ensino Superior. Na figura 2 de Tensão do sistema trifásico analisado apresenta as fases com módulos diferentes entre elas, ou defasagem angular diferente de 120° elétricos. Já se sabe que a presença de desequilíbrio das fases propicia o desequilíbrio de tensão uma vez que não ocorre simetria, isto é, não iguais em módulos nem tão poucos defasagem 120°.

155

Figura 2. Tensão (V) X Tempo (dias), na Instituição de Ensino Superior em Maceió, AL, período 20/02/2017 a 27/02/2017.



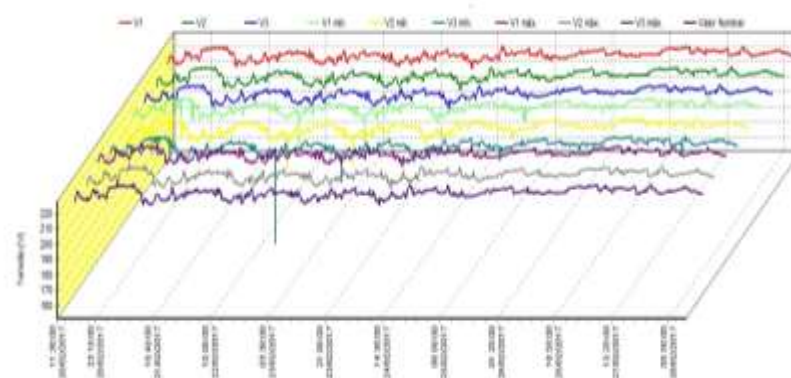
Fonte: os autores

Contribuindo bastante para o aumento nas perdas nos motores trifásicos por intermédio da alimentação com desequilíbrio destas fases, que irão gerar correntes excessivas circulando no motor que irá provocar perdas, elevação de temperatura e conseqüentemente redução da vida útil. O desequilíbrio no caso estudado presume-se que tenha ocorrido pela desproporcionalidade das cargas monofásicas, sistema de iluminação e motores monofásicos.

Este desequilíbrio nas tensões provoca vários problemas tais como: perdas de energia devido à existência de maiores perdas provocadas por altas correntes em desequilíbrio (reduz o rendimento); elevação da temperatura superior aos limites aceitáveis pelo motor; reduz o conjunto disponível para a carga, pela presença do campo magnético girando em sentido contrário ao da rotação do motor.

A título de visualização do problema basto enfatizar que o desequilíbrio de 1% das tensões provoca um desequilíbrio das correntes de plena carga na faixa de 7,5 a 8,5% e de 12,5 a 15% em vazio. Sendo recomendada correção quando o desequilíbrio está no patamar >2%, O PRODIST (ANEEL) MÓDULO 8- QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA define ainda como sendo o valor de referência máximo para efeito de planejamento elétrico. Pois podem ocasionar prejudiciais aumentos no consumo de energia por muito tempo, principalmente se o motor está superdimensionamento. Logo se pode ressaltar como foi visto, o desequilíbrio de tensão é um fator de perda de energia e de diminuição da vida útil, além de causar graves problemas no funcionamento de equipamentos.

Figura 3. Tensão (V) Máxima, Mínima e Médio X Tempo, período 20/02/2017 a 27/02/2017, na Instituição de Ensino Superior em Maceió, AL.



Fonte: os autores

Na tabela 3 está relacionada à classificação da tensão em contrapartida a faixa de variação da tensão.

Tabela 3. Tensão X Variação da tensão de leitura (Fonte: ANEEL Resolução nº 505).

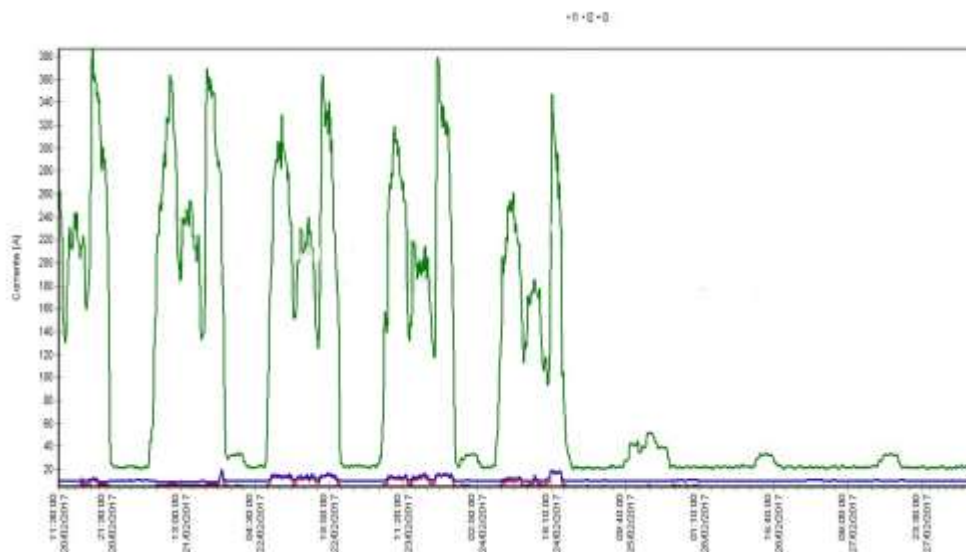
Classificação da Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de variação da Tensão de Leitura (TL) em relação à Tensão Contratada (TC)
Adequada	$0,95 TC \leq TL \leq 1,05 TC$
Precária	$0,93 TC \leq TL < 0,95 TC$
Crítica	$TL < 0,93 TC$ ou $TL > 1,05 TC$

Fonte: os autores

ANEEL recomenda que o período mínimo de observações seja de 168 (cento e sessenta e oito) horas, para aferição individual de tensão para efeito de análise das medições amostrais, obtendo-se 1.008 leituras validas a cada 10 (dez) minutos no período de observação, quando também é alvo de análise para validar o experimento que não tem interrupção de energia, limitando a 80% da tensão contratada. Ao se fazer uma análise da figura 2 detecta-se que a tensão está na categoria adequada, o que é caracterizada na tabela.

A figura 4 mostra a variação da corrente elétrica em função do tempo de medição.

Figura 4. Análise da Corrente (A) X Intervalo de Tempo (dias) em uma instituição de ensino Superior em Maceió, AL em estudo, de 20/02/2017 a 27/02/2017.

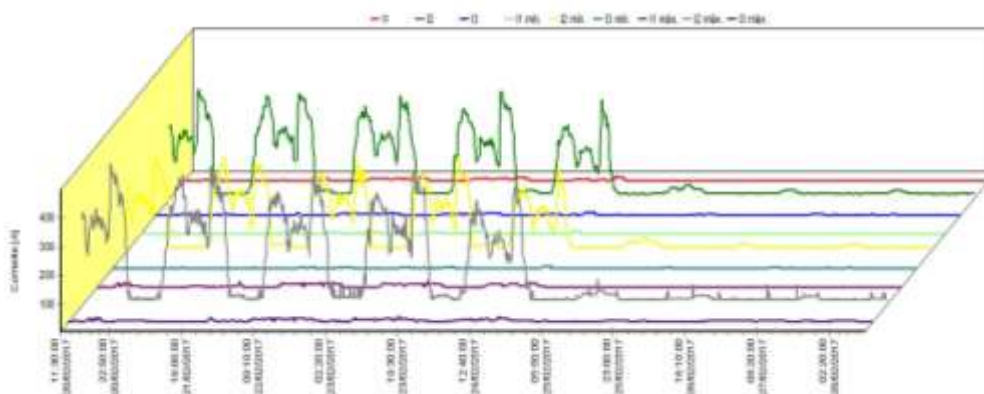


Fonte: os autores

Pode ser observado que a corrente elétrica é praticamente constante ao longo do dia para os primeiros 4 dias (20-24 de Fevereiro), sendo quase zero (mínima) para os seguintes dias. Este fenômeno está relacionado ao fato que nos dias 25-27 de fevereiro a instituição não funcionou a carga completa, ou seja, dias feriados, portanto, a carga de utilização foi mínima para manter alguns equipamentos ligados, como serviço de informática e iluminação.

A figura 5 mostra os valores mínimos e máximos da corrente elétrica, tendo o mesmo comportamento à figura 4.

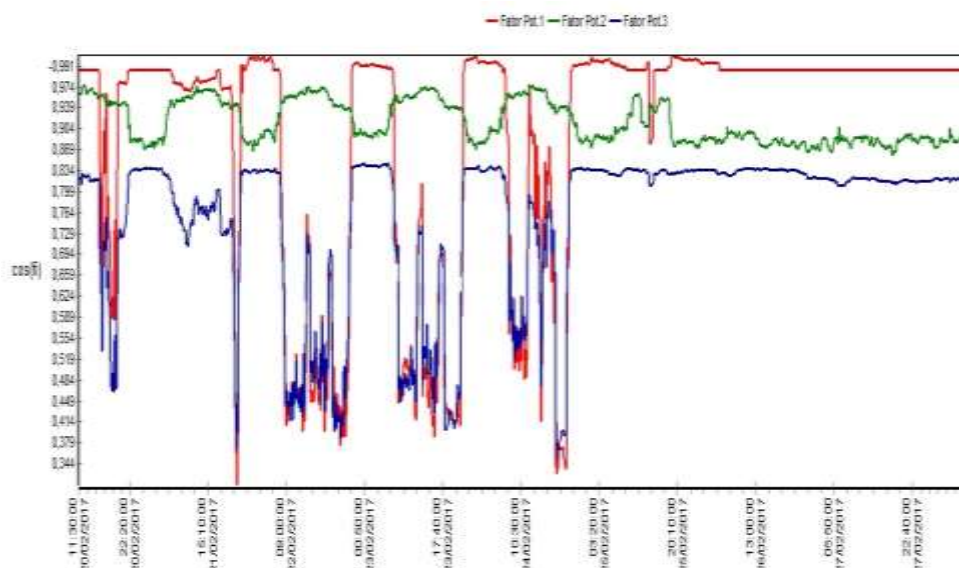
Figura 5. Corrente (V) Mínima e Máxima x Tempo (dias), na Instituição de Ensino superior em Maceió, AL



Fonte: os autores

A figura 6 mostra o fator de potência em função do tempo de medição.

Figura 6. Fator de Potência, cos(fi) X Período analisado, na Instituição de Ensino superior em Maceió, AL.



Fonte: os atores

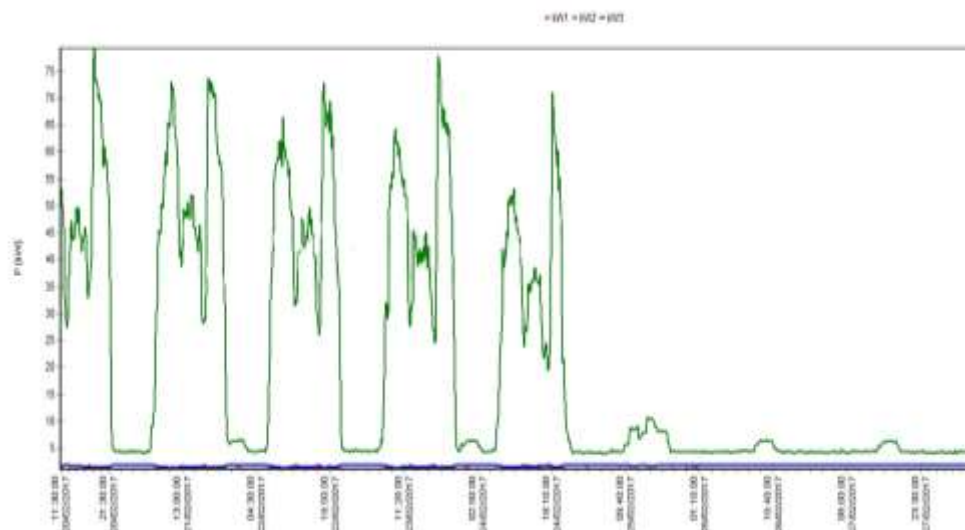
O valor do fator de potência é calculado tomando-se como base os valores que foram obtidos das potências ativa (P) em KW e a reativa (Q) em kVar ou das respectivas energias (EA, ER), foram calculados utilizando as seguintes fórmulas:

$$Fp = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \text{ ou } EA = \sqrt{P^2 + Q^2} + \sqrt{ER^2} \quad (1)$$

Existe a recomendação da ANEEL para manter as medições por um espaço temporal de 5 anos, em um arquivo na distribuidora. Sendo tomado como valor referência para unidade consumidora com tensão inferior a 230 k, o fator de potência no ponto de conexão deve estar entre as faixas de 0,92 (noventa e dois centésimos) a 1,00 (um) indutivo (são potências que são produzidas por cargas geradas por motores, lâmpadas de descargas e transformadores etc.) ou 1,00 (um) e 0,92 (noventa e dois centésimos) capacitivo (é caracterizado como potências produzidas por banco de capacitores ou cabos elétricos enterrados, com corrente adiantada em relação à tensão).

A figura 7 mostra o perfil da potência ativa em função do tempo de medição.

Figura 7. Potência Ativa (KW) X Período analisado, na Instituição de Ensino superior em Maceió, AL.

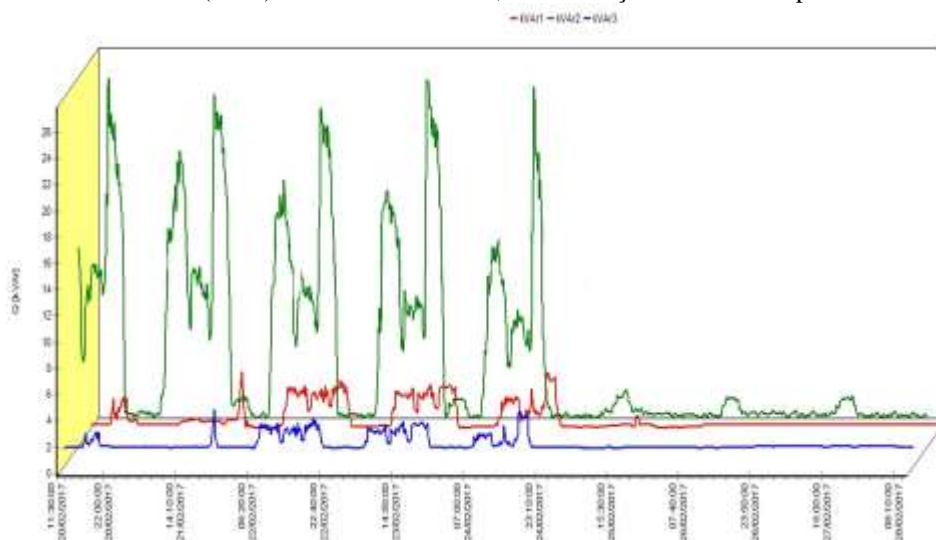


Fonte: os autores

O perfil de comportamento da potência ativa segue a mesma tendência que o perfil da corrente ativa (Figura 5), como era de esperar-se já que são dependentes ao fenômeno do consumo. A razão entre a potência ativa e a potência aparente em qualquer instalação forma o que é caracterizado como fator de potência.

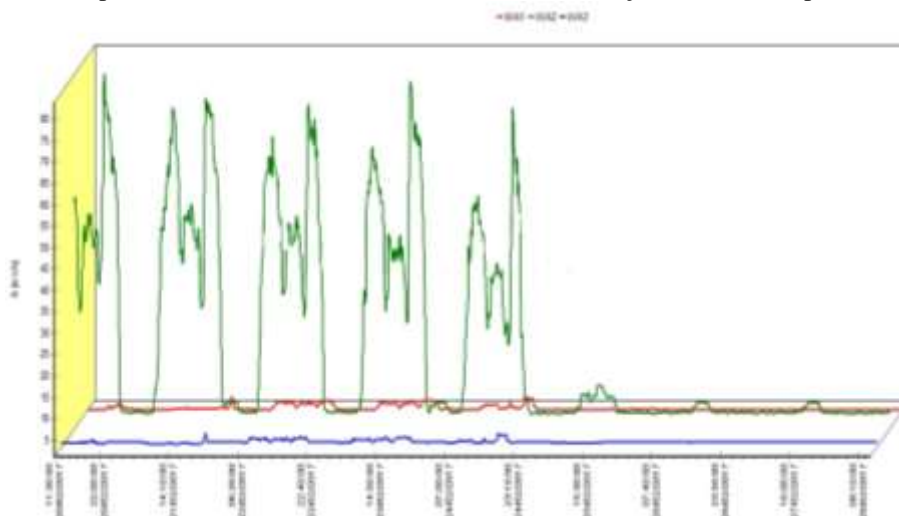
As figuras 8 e 9 mostram os perfis da potência reativa e aparente em função do tempo de medição, que apresenta a mesma tendência às figuras 5 e 7.

Figura 8. Potência Reativa (kVar) X Período analisado, na Instituição de Ensino superior em Maceió, AL.



Fonte: os autores

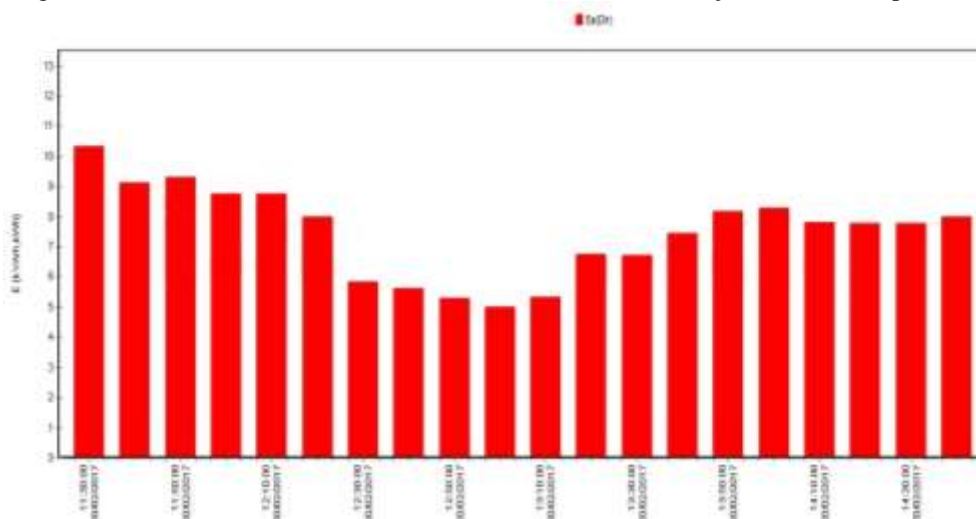
Figura 9. Potência Aparente (S[kVA]) x Período analisado, na Instituição de Ensino superior em Maceió, AL.



Fonte: os autores

A figura 10 mostra o perfil da energia ativa direta para um dia típico (20 de fevereiro).

Figura 10. Energia Ativa Direta (E[kVAh, Kwh])x Período analisado, na Instituição de Ensino superior em Maceió, AL.

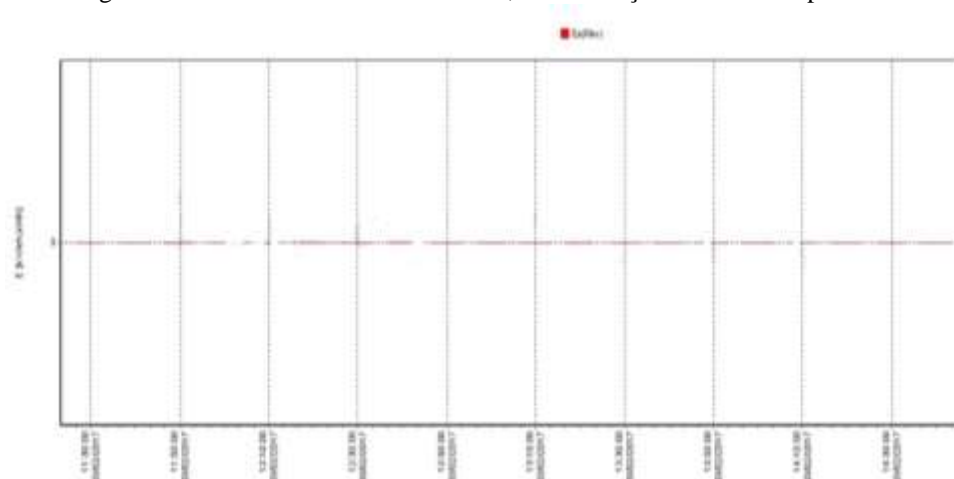


Fonte: os autores

Pode ser observado, Figura 10, que a potência tem seu máximo para o período das 11:30 e mínima para o período 12:30 às 13:30, período do almoço, onde alguns equipamentos tendem a diminuir o consumo elétrico, como por exemplo, projetores, computadores e elevadores, entre outros.

A figura 11 mostra o perfil da energia reversa para um dia típico (20 de fevereiro).

Figura 11. Energia Ativa Reversa x Período analisado, na Instituição de Ensino superior em Maceió, AL.



Fonte: os autores

DISCUSSÃO DOS DADOS LEVANTADOS.

O conjunto de dados levantados de correntes elétricas, potências e energia direta utilizados pela instituição de ensino superior, permite mostrar o perfil de consumo geral do edifício em função dos equipamentos utilizados, como elevadores, sistema de ar condicionado, computadores, laboratórios e outros. Desta forma, e a partir da análise destes dados, pode ser traçado a estratégia de otimização e finalmente apresentar uma proposta de configuração e melhorias que permitam a diminuição do consumo elétrico e, portanto, a diminuição dos custos associados à eletricidade, porém mantendo às mesmas condições de conforto térmico e de operação do edifício.

CONCLUSÕES

Foi realizado o levantamento energético de um edifício de ensino superior localizado na cidade de Maceió, Alagoas, Brasil, que permitiu estabelecer os perfis de consumo elétrico e potência em função do tempo de operação da instituição e dos dias típicos de carga completa (dias das semanas), e carga parcial (sábados, domingos e feriados).

Foi verificado que durante o dia, o maior consumo está direcionado nas horas de manhã (7:00-11:30) e o período da tarde (13:30-17:30), e pela noite (19:00-22:00), sendo mínimo nos intervalos destes períodos, devido ao almoço e recesso entre as turmas de aula.

Este levantamento forma parte de um projeto geral, onde será analisado e sugerida uma nova configuração e/ou estratégia de funcionamento do edifício para a diminuição do consumo elétrico (diminuição dos custos elétricos), porém mantendo às mesmas condições de conforto térmico e de operação do edifício.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Cnpq pelo financiamento do projeto de pesquisa (Universal-402323/2016-5), assim como à FACEPE/CAPES pelo financiamento através do projeto de pesquisa (APQ-0151-3.05/14).

REFERÊNCIAS

ABREU, C. G. S. Eficiência Energética Em Edificações: O Caso Dos Prédios Públicos Existentes. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza, CD, Brasil, 13-16, Outubro, 2015.

ASHRAFIAN, T., YILMAZ, A.Z., CORGNATI, S.P., MOAZZEN, N. Methodology to define cost-optimal level of architectural measures for energy efficient retrofits of existing detached residential buildings in Turkey. **Energy and Buildings**, v.120, n. 1, p. 58-77, 2016.

CARBONARA, E., TIBERI, M., GARCIA, D. A. Analysis of energy performance improvements in Italian residential buildings. **Energy Procedia**. V. 82, n. 1, p. 855-862, 2015.

CARVALHO, C.R., FONSECA, R.W., GALAFASSI, M., CARTANA, R.P. Avaliação de eficiência energética de um edifício educacional no município de palhoça utilizando o regulamento técnico da qualidade para edifícios comerciais, de serviço e públicos. **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC**. 2010, Canela, RS, 2010.

DIDONÉ, E.L., WAGNER, A., PEREIRA, F.O.R. Strategies towards Net Zero Energy Office Buildings in Brazil with emphasis on BIPV. **Ambiente Construído**, V.14, n. 3, p. 27-42, 2014.

FERREIRA, J.V., DOMINGOS, I. Assessment of Portuguese thermal building legislation in an energetic and environmental perspective. **Energy and Buildings**. V. 43, n. 1, p. 3729-3735, 2011.

FOSSATI, M., LAMBERTS, R. Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C. **Ambiente Construído**, V.10, n. 2, p. 59-69, 2010.

FRANDOLOSO, M.A.L., BRANDLI, L.L., COUTO, F.A., WILDER, P.D. Avaliação Do Desempenho Térmico E Da Eficiência Energética No Parque Construído Da Universidade De Passo Fundo - RS. **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC** 2010, Canela, RS, 2010.

HADDAD, J. A. Lei de eficiência energética e o estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética para equipamentos no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**. V. 11, n. 1, p. 1-8, 2003.

LOPES, A. C.P., FILHO, O.D., ALTOE, L., CARLO, J.C., LIMA, B.B. Energy efficiency labeling program for buildings in Brazil compared to the United States' and Portugal's. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V.66, n. 1, p. 207-219, 2016.

MARCONDES, M. P.; MUELLER, C. M.; BRANDÃO, R. S. B.; SHIMOMURA, A. R. P.; BRUNELLI, G.; PAES LEME, G. S. DE B.; GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S.; FROTA, A. B. Conforto e desempenho térmico nas edificações do novo centro de pesquisas da Petrobras no Rio de Janeiro. **Ambiente Construído**, V.10, n. 1, p. 7-29, 2010.

MARTÍNEZ-MOLINA, A., TORT-AUSINA, I., CHO, S., VIVANCOS, J.L. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V.61, n. 1, p. 70-85, 2016.

Dossiê I JIPEEIS - Primeira Jornada Internacional de Pesquisa, Ensino, Extensão, Inovação e Sustentabilidade

Estudo do Consumo Energético de um edifício de Ensino Superior em Alagoas - Brasil.

MARTINS, T.A.L., BONHOMME, M., ADOLPHE, L. Análise do impacto da morfologia urbana na demanda estimada de energia das edificações: um estudo de caso na cidade de Maceió, AL. **Ambiente Construído**. V. 13, n. 4, p. 213-233, 2013.

PEDRINI, A., LIMA, G. L.F., OLIVEIRA, P. A., TRINDADE, S. C. Análise Comparativa Da Eficiência Energética De Envoltórias Segundo o Regulamento De Etiquetagem De Edifícios. **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 2010**, Canela, RS, 2010.

PEDRINI, A., LIMA, G. L.F., OLIVEIRA, P. A., TRINDADE, S. C. Análise Comparativa Da Eficiência Energética De Envoltórias Segundo o Regulamento De Etiquetagem De Edifícios. **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 2010**, Canela, RS, 2010.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de energia elétrica. **Critérios para concessão do Selo Procel de Economia de Energia para Edificações comerciais, de serviços e públicas**, Eletrobras, 2014.

SALATA, F., GOLASI, I., SALVATORE, M., VOLLARO, A. L. Energy and reliability optimization of a system that combines daylighting and artificial sources. A case study carried out in academic buildings. **Applied Energy**, V.169, n. 1, p. 250-266, 2016.

SILVA, A.S., GHISI, E. Análise de sensibilidade global dos parâmetros termofísicos de uma edificação residencial de acordo com o método de simulação do RTQ-R. **Ambiente Construído**. V. 13, n. 4, p. 135-148, 2013.

SIQUEIRA, T.C.P., AKUTSU, M., LOPES, J.I.E., SOUZA, H.A. Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações. **R. Esc. Minas**, V.58, n.2, p. 133-138, 2005.

SOUZA, A., SILVA, C.L., KRUGER, E.L., GUERRA, J.C.C. Gestão da Eficiência Energética em Edificações das Instituições Públicas de Ensino: Um Estudo Aplicado ao Sistema de Iluminação da UTFPR sob a Ótica Técnica e Econômica. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, V.6, n. 1, p. 190-209, 2012.

ZORITA, A. L., FERNÁNDEZ-TEMPRANO, M.A., GARCÍA-ESCUADERO, L.A., DUQUE-PEREZ, O. A statistical modeling approach to detect anomalies in energetic efficiency of Buildings. **Energy and Buildings**. V.110, n. 1, p. 377-386, 2016