

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CESMAC
COORDENAÇÃO GERAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ANÁLISE DE SISTEMAS AMBIENTAIS**

JEAN JACQUES BITTENCOURT DA ROCHA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E INDICADORES AMBIENTAIS
SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA
EDIFICAÇÃO PÚBLICA**

MACEIÓ/AL
2024

REDE DE BIBLIOTECAS CESMAC
SETOR DE TRATAMENTO
TÉCNICO

R672e Rocha, Jean Jacques Bittencourt da
Eficiência energética e indicadores ambientais sobre o consumo de energia elétrica em uma edificação pública / Jean Jacques Bittencourt da Rocha – Maceió: 2025.
103 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Análise de Sistemas Ambientais) – Centro Universitário CESMAC, Pro-Reitoria Adjunta de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais, Maceió - AL, 2025.

Orientadora: Mayara Andrade Souza.

Bibliografia: f. 61 - 63

1. Eficiência Energética. 2. Edificações Públicas. 3. Pegada de Carbono. 4. Sustentabilidade Ambiental I.Souza, Mayara Andrade. II. Título.

CDU: 502.131.1

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CESMAC
COORDENAÇÃO GERAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ANÁLISE DE SISTEMAS AMBIENTAIS**

JEAN JACQUES BITTENCOURT DA ROCHA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E INDICADORES AMBIENTAIS
SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA
EDIFICAÇÃO PÚBLICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais do Centro Universitário CESMAC, na modalidade Profissional, como requisito para obtenção do título de Mestre, sob a orientação da Profa. Dra. Mayara Andrade Souza.

Linha de atuação PPGASA – Análise Ecosocioambiental

MACEIÓ/AL
2024

CESMAC

CENTRO UNIVERSITÁRIO

Rua Cônego Machado, 317 - Farol, Maceió-AL, Brasil CEP 57051-160 - CP 124
Fones: (165) 82 3215-0000 - Telefax: (165) 82 3221-0402 - www.cesmac.com.br e-mail: presidencia@fejaf.com.br



FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME: JEAN JACQUES BITTENCOURT DA ROCHA

DATA: 02 de outubro de 2024

LOCAL: Campus IV do Centro Universitário Cesmac

Rua Prof. Ângelo Neto, Nº 51 – Farol – Sala Invertida do Campus IV

HORA: 09h

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant'Anna - 1º Examinador Interno


Prof. Dr. Magno José Gomes da Silva - 2º Examinador Externo ao Programa

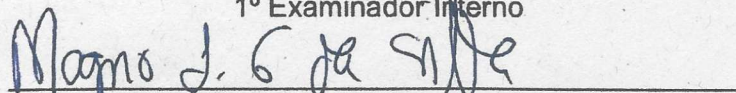
Prof. Dr. Mauro Sérgio Braga - 3º Examinador Externo ao Programa


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E INDICADORES AMBIENTAIS SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA”.

Orientadora: Profa. Dra. Mayara Andrade Souza

CONCEITO EMITIDO: APROVADO


Prof. Dr. Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant'Anna
1º Examinador Interno


Prof. Dr. Magno José Gomes da Silva
2º Examinador Interno ao Programa


Prof. Dr. Mauro Sérgio Braga
3º Examinador Externo ao Programa

ESC

DEDICATÓRIA

Quero dedicar este trabalho antes de tudo a Deus, pois sem ele não teria conseguido.

Allani Christine Monteiro Alves da Rocha, minha esposa que me apoiou nos estudos, orientações, cuidando da nossa família e sempre esteve ao meu lado com muita paciência em todo caminhar desse processo.

Elba Bittencourt da Rocha, minha mãe que sempre me mostrou que o caminho era estudar, sempre me apoiando a nunca parar e me mostrando o conhecimento é maior bem do seu humano.

Lanna e Lunna, minhas filhas que abdicaram dos seus finais de semana e do seu lazer para que eu pudesse ter tranquilidade e tempo para transpor mais esse patamar na vida.

E não poderia esquecer, a Jackson Abelardo Gouvea da Rocha meu pai (em memória), que sempre foi meu grande incentivador e meu grande ídolo, que esteve nos meus pensamentos em todos os momentos desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela minha vida e pelas bênçãos a mim entregues.

Ao Centro Universitário CESMAC, a minha eterna gratidão, por ofertar o Programa de Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais - PPGASA, e me dá oportunidade de mais uma vez elevar a minha formação educacional, agora com o Mestrado Profissional.

À minha família, principalmente esposa e filhas, que sempre estiveram juntos comigo nesta caminhada, me ajudando de todas as formas, com orientações acadêmicas, apoio psicológico e tentando me deixar sempre tranquilo e totalmente a disposição para o curso.

Aos meus pais Jackson (em memória) e Elba e minha irmã Ellen Sandra, que sempre me incentivaram a estudar, família base de tudo sem vocês eu não seria quem sou.

Aos meus amigos do Mestrado, uns antigos professores e colegas de trabalho, que tive o orgulho e prazer de mais uma vez conviver e agora estudar juntos. E outros novos amigos e não menos importantes, na qual partilhamos momentos e conhecimentos juntos nesta jornada, que levarei para a vida toda.

A todos os meus professores desde o ensino fundamental até os do mestrado, que compartilharam os seus conhecimentos que de algum modo possibilitou a estar neste momento.

À minha orientadora professora doutora Mayara Andrade Souza que aceitou essa missão, tendo muita paciência e sabedoria, me orientando e encorajando em todos os momentos, sem você eu não conquistaria essa vitória.

Ao Instituto Federal de Alagoas – IFAL por financiar o mestrado, a todos que participaram diretamente ou indiretamente do trabalho, especialmente ao IFAL Campus Maceió por aceitar fazer parte da pesquisa e disponibilizar o acesso as informações para essa.

A todos o meu eterno agradecimento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO DE LIVRO

Figura 1 Fluxograma das Etapas para achar eficiência energética de refrigeração (EER) dos Condicionadores de Ar	24
Figura 2 Nível de eficiência da Envoltória	29
Figura 3 Nível de eficiência da Iluminação	29
Figura 4 Parte dos dados do sistema de condicionamento do ar	30
Figura 5 Nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar e etiqueta geral	31
Figura 6 ENCE da edificação	32

PROJETO DE PESQUISA

Figura 1 Site com o Projeto de Pesquisa cadastrado PISIC 2023-2024.....	50
--	----

PUBLICAÇÃO CONEAMB

Figura 1 Capa dos Anais do CONEAMB.....	51
Figura 2 Contra capa dos Anais do CONEAMB.....	51
Figura 3 Resumo publicado no CONEAMB.....	52

PUBLICAÇÃO CEMEIA

Figura 1 Capa dos Anais do CEMEIA.....	53
Figura 2 Contra capa dos Anais do CEMEIA.....	53
Figura 3 Resumo publicado no CEMEIA	54

FORMAÇÃO PROFISSIONAL

Figura 1 Folder de divulgação da capacitação.....	56
Figura 2 Apresentação de trabalho de alunos do curso	56

APRESENTAÇÃO TRABALHO CONEAMB

Figura 1 Certificado da apresentação CONEAMB.....	57
Figura 2 Apresentação do trabalho CONEAMB	57

APRESENTAÇÃO TRABALHO CEMEIA

Figura 1 Certificado da apresentação CEMEIA	58
Figura 2 Apresentação do trabalho CEMEIA	58

APRESENTAÇÃO PALESTRA SEMANA DE ELETROTÉCNICA

Figura 1 Certificado da apresentação SEMANA DE ELETROTÉCNICA.....	59
Figura 2 Apresentação do trabalho SEMANA DE ELETROTÉCNICA.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO DE LIVRO

Gráfico 1 Consumo de energia elétrica no ano de 2023	27
Gráfico 2 Consumo de energia por bloco	27
Gráfico 3 Consumo por utilização no bloco de ensino	28
Gráfico 4 Curva de carga diária de iluminação no horário sem funcionamento do prédio	30

LISTA DE TABELAS

Capítulo de Livro

Tabela 1 Áreas e volume da edificação	26
Tabela 2 Áreas de aberturas e fachada	26
Tabela 3 Potência de iluminação da edificação	26
Tabela 4 Emissão de CO ₂ no consumo de energia elétrica da edificação.....	33
Tabela 5 Potência de iluminação antes e depois da proposta	34

LISTA DE SIGLAS

AC Área Condicionada

AU Área Útil

BEN Balanço Energético Nacional

CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CO₂ Dióxido de carbono

CONEAMB Congresso de Nacional On-line de Conservação e Educação Ambiental

CEMEIA Congresso de Estudos sobre o Meio Ambiente

EER Eficiência Energética de Refrigeração

ENCE Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPE Empresa de Pesquisa Energética

FAPEAL Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de Alagoas

IEA *International Energy Agency*

IFAL Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Alagoas

INMETRO Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LABEE Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

PBE Edifica Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações

PC Pegada de Carbono

PE Pegada Ecológica

PNUMA Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PSIC Programa Semente de Iniciação Científica

RTQ-C Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

O consumo desenfreado de energia é um dos principais responsáveis pelos problemas ao meio ambiente que ameaçam a vida na Terra, como mudanças climáticas, poluição do ar, aquecimento global e gases de efeito estufa. Consequentemente, a redução do lançamento de CO₂ surgiu como a grande preocupação global moderna. Sendo assim, a eficiência energética é vista como uma etapa fundamental para alcançar o desenvolvimento sustentável. Estudos indicam que nos prédios públicos existe um consumo de energia elétrica significativo e com grandes desperdícios, e que é direta a conexão entre o uso de energia dos edifícios, sua eficiência e a melhoria de seus indicadores de sustentabilidade ambiental. A partir desse cenário a pesquisa visou avaliar a eficiência energética e os indicadores ambientais do consumo de energia elétrica de uma edificação pública de ensino. O estudo possibilitou a produção científica de Capítulo de Livro que teve como propósito a avaliação da eficiência energética de uma edificação pública e os indicadores ambientais a partir do consumo de energia, utilizando para isso um estudo de caso no IFAL – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Alagoas, campus Maceió, empregando como metodologia para quantificar a eficiência o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e na avaliação dos indicadores de sustentabilidade aplicadas a pegada ecológica e a pegada de carbono, vindo assim propor soluções para aumentar a eficiência energética e diminuir a emissão de CO₂. Esse estudo, possibilitou a aprovação do projeto de pesquisa no PISIC 2003-2004 que permitiu a integração de alunos e professoras do curso de engenharia civil e PPGASA do CESMAC, bem como contribuiu para disseminar sobre o tema com publicações de resumos em anais e apresentações, oral e em banner, de trabalhos em congresso nacional e local, onde foi exposto a revisão de literatura, o levantamento de dados, os possíveis resultados e as propostas de soluções pesquisadas. Como produção técnica foi realizado um curso de capacitação para os alunos formandos do curso de eletrotécnica intitulada “Consumo energético e sustentabilidade ambiental de uma edificação”, com o objetivo de conscientizar o futuro técnico industrial em eletrotécnica da relação direta entre o consumo de energia elétrica de uma edificação e as influências ao meio ambiente, formando profissionais com uma perspectiva ampliada de sustentabilidade, nessa formação foi utilizada metodologias ativas de ensino, ampliando o envolvimento direto dos alunos no treinamento, levando-os a refletir sobre o grau de importância que o profissional nesta área desempenha sobre as relações de sustentabilidade ambiental no nosso planeta. Diante dos resultados obtidos a edificação pública de ensino foi classificada com nível B de eficiência, contribuindo com emissão de CO₂ de 82,13 ton/ CO₂/ano pelo consumo de energia elétrica obtendo uma pegada de carbono de 6,10 kgCO₂/m²/ano e uma pegada ecológica 11,52 ha. Alternativas sustentáveis na edificação quanto aos sistemas de iluminação, envoltória, e de ar condicionado implicam em uma redução de 26,52%, resultando em uma economia de 395 MWh/ano de energia, deixando de emitir mais de 21,764 tonCO₂/ano na atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Edificações Públicas, Pegada de Carbono, Sustentabilidade Ambiental.

ABSTRACT

Unbridled energy consumption is one of the main causes of environmental problems that threaten life on Earth, such as climate change, air pollution, global warming, and greenhouse gases. Consequently, reducing CO₂ emissions has emerged as a major modern global concern. Therefore, energy efficiency is seen as a fundamental step towards achieving sustainable development. Studies indicate that public buildings consume significant amounts of electricity and waste a lot of it, and that there is a direct connection between the energy use of buildings, their efficiency, and the improvement of their environmental sustainability indicators. Based on this scenario, a study aimed to evaluate the energy efficiency and environmental indicators of the electricity consumption of a public educational building. The study enabled the scientific production of a Book Chapter that aimed to evaluate the energy efficiency of a public building and environmental indicators based on energy consumption, using for this a case study at IFAL - Federal Institute of Science and Technology of Alagoas, Maceió campus, using as a methodology to quantify efficiency the Technical Regulation for the Quality of the Energy Efficiency Level of Commercial, Service and Public Buildings (RTQ-C) and in the evaluation of sustainability indicators applied to the ecological footprint and carbon footprint, thus proposing solutions to increase energy efficiency and reduce CO₂ emissions. This study enabled the approval of the research project in PISIC 2003-2004, which allowed the integration of students and professors from the civil engineering and PPGASA courses of CESMAC, as well as contributions to the dissemination of the theme with publications of abstracts in annals and presentations, oral and on banners, of works in national and local congresses, where a bibliographic review, data collection, possible results and proposals for researched solutions were presented. As a technical production, a training course was held for students graduating from the electrical engineering course entitled "Energy consumption and environmental sustainability of a building", with the objective of raising awareness among future industrial technicians in electrical engineering of the direct relationship between the consumption of electrical energy in a building and the influences on the environment, training professionals with a broader perspective of sustainability. In this training, teaching activities were used, increasing the direct involvement of students in the training, leading them to reflect on the degree of importance that professionals in this area influence the relationships of environmental sustainability on our planet. In view of the results obtained, the public school building was classified as having level B efficiency, contributing to CO₂ emissions of 82.13 tons/CO₂/year through the consumption of electrical energy, resulting in a carbon footprint of 6.10 kg CO₂/m²/year and an ecological footprint of 11.52 ha. Sustainable alternatives in the building regarding lighting, envelope and air conditioning systems imply a reduction of 26.52%, resulting in a saving of 395 MWh/year of energy, stopping the emission of more than 21,764 tons of CO₂/year into the atmosphere.

KEYWORDS: Energy Efficiency, Public Buildings, Carbon Footprint, Environmental Sustainability, RTQ-C.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Geral	17
2.2 Especificos	17
3 PRODUÇÃO INTELECTUAL.....	18
3.1 Produção bibliográfica	18
3.1.1 Capítulo de Livro	18
3.1.2 Co-orientação de Projeto de Pesquisa	39
3.1.3 Produção em Eventos (ProdEvento)	40
3.2 Produção técnica /ou tecnológica	44
3.2.1 Organização e Docência de Curso de formação profissional.....	44
3.2.2. Apresentação de Trabalho	46
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICE.....	53
APÊNDICE A – RELATÓRIO FINAL DO PROJETO DE PESQUISA.....	54
APÊNDICE B – PROJETO E RESULTADOS DA CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL	85

1 INTRODUÇÃO

Um dos recursos mais importantes para a sociedade contemporânea é a energia. Ela é um componente essencial que sustenta a economia e promove o crescimento da sociedade. Com o rápido crescimento das cidades e o aumento da população, é necessário um aumento do fornecimento contínuo dessa energia. Isso ocorre porque muitos componentes da sociedade humana, como transporte, condicionamento de edifícios e manufatura, direta ou indiretamente dependem de energia.

A matriz de energia mundial é composta basicamente por fontes térmicas baseadas à queima de combustíveis fósseis, com mais de 60% somente de carvão mineral, gás natural e petróleo e seus derivados no ano de 2022 (IEA, 2024), enquanto no Brasil a geração de energia elétrica por essa queima em 2023 foi menor que 10%, sendo as principais fontes: hidroelétrica com 58,9%, 13,2 de geração eólica e 7,0 % de solar fotovoltaica, 5 % de bagaço de cana e 2 % de nuclear (EPE, 2024).

A queima de combustíveis fósseis é a principal responsável pela maioria das emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera e é a preponderante causa do efeito estufa (CO₂) (Batista et al., 2024). De acordo com IEA (2024), as emissões globais de CO₂ relacionadas à produção de energia em 2023 aumentaram 1,1%, chegando a 37,4 bilhões de toneladas.

Numerosos estudos têm explorado a complexa relação entre rápida urbanização, crescimento populacional, desenvolvimento econômico e consumo de energia elétrica (Aldhshan et al., 2021). A expansão acelerada da população urbana e do processo de urbanização em todo o mundo está intrinsecamente relacionada com um expressivo incremento no consumo de energia, principalmente no setor de edificações. Esses problemas energéticos estão se tornando cada vez mais preocupantes, uma vez que o consumo de energia nos centros urbanos cresce diariamente devido a diversas necessidades modernas.

Sendo o consumo de energia elétrica uma das causas para os problemas ambientais que ameaçam a vida no planeta, como mudanças climáticas, poluição do ar, aquecimento global e gases de efeito estufa. Portanto, pensar a eficiência energética é fundamental para melhorar o meio ambiente, diminuindo a emissão desse gás poluente e outros impactos relacionados a produção de energia elétrica (Aldhshan et al., 2021). Em 1985, já preocupado com essa

situação, o Brasil criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), com o objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica.

Os edifícios desempenham um papel importante neste aumento de consumo de energia elétrica, principalmente na fase de operação. O consumo de energia elétrica dos mesmos representa 20% do consumo de energia elétrica de um país, e presume-se que representará mais de um terço do consumo global de energia até 2040 (Guo et al., 2022; Liu et al., 2021). No Brasil os prédios públicos aumentaram o consumo de energia elétrica nos últimos anos, em 2023 o consumo foi de aproximadamente 16 bilhões de kWh (Empresa de Pesquisa Energética – E.P.E., 2024).

O PROCEL iniciou em 2003 o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), processo que criou a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para avaliar edificações ou equipamentos com o objetivo de reduzir o desperdício de energia elétrica. De acordo com os padrões desses programas, pode existir uma economia de até 50% de energia de prédios em fase de projeto e até 30% para as existentes em reformas (Tomazelli et al., 2020).

Estima-se que o consumo de energia elétrica por metro quadrado em edifícios não residenciais, predominantemente edifícios escolares, comerciais e públicos, seja cerca de 2,5 vezes superior ao de edifícios residenciais (Liu et al., 2021). Conforme a E.P.E (2024), esse consumo por metro quadrado nas edificações comerciais, de serviço e públicas no Brasil vem crescendo desde 2006, exceto no ano 2020, por causa da pandemia do Covid-19, chegando a 33,9 kWh/m² em 2022. Justificado inicialmente pelo aumento da posse e uso de equipamentos elétricos e hoje principalmente pelo efeito climático que intensifica o uso de equipamentos de condicionamento ambiental.

Considerando os potenciais e abrangentes impactos das características humanas no consumo de energia, bem como a necessidade de atender às metas de redução de energia e de gases de efeito estufa para os anos de 2020 e 2050, tais recursos são essenciais para impulsionar as dimensões humanas rumo a melhorias e reduções efetivas no uso de energia em edificações, mantendo o conforto dos ocupantes ao longo de todo o ciclo de vida do próprio edifício, (D’oca et al., 2018). Segundo a ELETROBRAS (2023), estima-se que no Brasil, somente em 2022 foram economizados 22100 GWh com todas as ações do PROCEL.

Toda forma de geração de energia elétrica contribui para o aumento de CO₂ na atmosfera, seja diretamente com a queima de combustíveis fósseis, seja indiretamente na fabricação dos equipamentos, ou mesmo no desmatamento para a utilização da área em geração. A taxa de emissão de CO₂ na geração elétrica brasileira em 2023 foi de 55,1 kg CO₂-eq/MWh (E.P.E., 2024).

De acordo com Silva et al. (2022), atualmente é senso comum que os ecossistemas naturais não podem suportar os atuais níveis de consumo de recursos do planeta. Com isso as pesquisas ambientais estão utilizando novas metodologias de classificação desses problemas. A pegada ecológica e a pegada de carbono vêm sendo utilizadas como importantes indicadores de sustentabilidade ambiental para demonstrar esses níveis utilização da natureza.

A pegada ecológica é um indicador de sustentabilidade ambiental que analisa a pressão do consumo de uma sociedade sobre os recursos naturais. Possibilita comparar distintos modelos de consumo e apurar se estão dentro do potencial ecológico do planeta (Santos et al., 2024). A pegada de carbono é outro indicador, que no caso é a soma das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de processos, serviços ou produtos, representada em CO₂ equivalente (CO₂-eq) durante um certo tempo. Nos últimos anos são inúmeras e progressivas as pesquisas utilizando pegada de carbono e pegada ecológica, em função do entendimento das mudanças climáticas como um problema global e de rápida velocidade (Raghutla, 2022).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), salienta diferentes setores nos quais a Inteligência Artificial (IA) já está contribuindo para enfrentar os desafios ambientais, com ênfase na criação de edifícios energeticamente (Wedy & Igléssias, 2024). De acordo com Yussuf & Asfour (2024), automação predial utilizando parâmetros ajustados e processados automaticamente por IA, para eficientizar a climatização e iluminação predial, mensurando essa otimização, é uma realidade neste novo mundo digital.

Neste contexto, o presente trabalho tem como finalidade avaliar a eficiência energética de um edifício público de ensino, aplicando os procedimentos através do RTQ-C PROCEL, quantificar os indicadores ambientais do consumo de energia elétrica deste edifício, através da pegada de carbono e pegada ecológica, assim como propor soluções para aumentar a eficiência e melhoria referente a esses indicadores devido ao consumo de energia elétrica do prédio estudado.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a eficiência energética e os indicadores ambientais do consumo de energia elétrica de uma edificação pública de ensino.

2.2 Especificos

1. Determinar o nível de eficiência energética de uma edificação pública de ensino de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) PROCEL;
2. Calcular os indicadores ambientais sobre o consumo de energia elétrica do prédio, através da pegada de carbono e pegada ecológica;
3. Sugerir propostas que melhorem a eficiência energética da Edificação, diminua o consumo de energia elétrica e os indicadores ambientais referentes ao consumo de energia elétrica;
4. Disseminar e divulgar o tema sustentabilidade ambiental e consumo de energia elétrica através de produção de textos científicos, apresentações em congressos e capacitação de novos profissionais.

3 PRODUÇÃO INTELECTUAL

3.1 Produção bibliográfica

3.1.1 Produção em livros/capítulos (ProdLivro)

O Capítulo denominado “Avaliação da eficiência energética e os impactos ambientais sobre o consumo de energia elétrica em uma edificação pública de ensino” foi elaborado objetivando aferir a eficiência energética e os indicadores ambientais de uma edificação pública de ensino, propondo solução para aumentar a eficiência e diminuir esses indicadores estudados.

Esse trabalho foi aprovado para a publicação no Livro “Engenharia: O Pilar do Desenvolvimento Energético” da editora científica digital, conforme a figura 1 este encontra-se em processo editorial e será publicado em 30/10/2024.

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DOS IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

Jean Jacques Bittencourt da Rocha

Centro Universitário Cesmac – Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais, Maceió-Alagoas

José Gabriel da Silva Lima

Centro Universitário Cesmac – Engenharia Civil, Maceió-Alagoas

Pedro Henrique Rocha Alencar

Centro Universitário Cesmac – Engenharia Civil, Maceió-Alagoas

Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant'anna

Centro Universitário Cesmac – Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais, Maceió-Alagoas

Carlos Alberto da Silva

Centro Universitário Cesmac – Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais, Maceió-Alagoas

Calos Alberto de Hybi Cerqueira

Centro Universitário Cesmac – Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais, Maceió-Alagoas

Allani Christine Monteiro Alves da Rocha

Centro Universitário Cesmac – Engenharia Civil, Maceió-Alagoas

Mayara Andrade Souza

Centro Universitário Cesmac – Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais, Maceió-Alagoas

RESUMO

O comportamento humano insustentável é considerado a principal causa do crescimento dos impactos ambientais no planeta. Sendo o consumo de energia uma das principais razões para esse aumento. Nessa perspectiva a eficiência energética é primordial como um processo para o desenvolvimento sustentável. Diante desse contexto, o presente trabalho visa avaliar a eficiência energética de um edifício público de ensino, usando o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), e identificar o impacto ambiental referente ao consumo de energia elétrica desta edificação, propondo soluções para aumentar a eficiência e diminuir o impacto. Para tanto, foi realizado um levantamento de dados nos projetos, faturas de energia e medições do prédio, calculando o nível de eficiência energética utilizando os procedimentos do RTQ-C, e mensurado as pegadas de carbono e ecológica como indicadores ambientais desta edificação. Os Resultados classificaram a edificação como nível B de eficiência, com

emissão de CO₂ por consumo de energia elétrica de 82,13 tonCO₂/ano, tendo uma pegada de carbono de 6,10 kgCO₂/m².ano, como uma pegada ecológica 11,52 ha de plantio de cana-de-açúcar para o consumo elétrico anual. Constatou-se uma eficiência baixa e pegadas ambientais altas, porém com as propostas apresentadas tais valores reduziriam em mais de 26% o consumo elétrico, e a pegada de carbono com redução em mais de 21 tonCO₂/ano.

Palavras-chave: eficiência energética, pegada ecológica, sustentabilidade ambiental.

INTRODUÇÃO

A energia é considerada um dos recursos mais significativos exigidos pela sociedade humana moderna. É um elemento crucial que sustenta a economia e promove o desenvolvimento dos países. Logo, o rápido desenvolvimento urbano e o aumento da população exigem um fornecimento contínuo desta energia, pois muitos aspectos da sociedade humana, como transporte, condicionamento de edifícios e manufatura, requerem energia, direta ou indiretamente.

Substanciais estudos exploraram a relação entre rápida urbanização, população, crescimento econômico e consumo de energia (Aldhshan et al., 2021). O aumento do crescimento populacional e da urbanização estão relacionados com o consumo de energia e principalmente com o consumo de energia em edifícios; e os problemas ligados a essa energia estão se tornando cada vez mais sérios, já que o seu consumo está aumentando diariamente devido a necessidade de conforto térmico; de uma iluminação uniforme que evite ofuscamento, sombras e contrastes excessivos; e da utilização de novos eletrônicos e equipamentos, mais necessidade elétrica para a vida diária levando a uma crise energética.

As fontes fósseis são limitadas, não renováveis e poluentes, contribuindo para a destruição do meio ambiente, na medida em que aproximadamente 75% das emissões de CO₂ provém da queima desses combustíveis, principal responsável pelo efeito estufa (Batista et al., 2024). De acordo com IEA (2024), as emissões globais de CO₂ relacionadas à produção de energia em 2023 cresceram 1,1%, chegando a 37,4 bilhões de toneladas.

O uso de energia em edificações reflete uma proporção significativa do consumo de energia primária. Portanto, construir a eficiência energética é fundamental para melhorar o meio ambiente e reduzir o uso de energia (Aldhshan et al., 2021). Em 1985, já preocupado com essa situação, o Brasil criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), com o objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica.

Os edifícios desempenham um papel importante neste aumento de consumo de energia, principalmente na fase de operação. O consumo de energia direta dos mesmos representa 20% do consumo total de energia de um país, e espera-se que representem mais de um terço do consumo global de energia até 2040 (Guo et al., 2022; Liu et al., 2021). O aumento no consumo de energia dos edifícios está associado a quatro fatores principais que influenciam o uso de

energia no mesmo: (1) comportamento dos ocupantes em relação à energia, (2) localização e clima, (3) características físicas e (4) estoque de eletrodomésticos e eletrônicos (Aldhshan et al., 2021). No Brasil os prédios públicos aumentaram o consumo de energia nos últimos anos, tendo um consumo em 2023 de 16,425 bilhões de kWh, em torno de 3,1% do consumo de energia elétrica total no país (Empresa de Pesquisa Energética – E.P.E., 2024).

Nesta tendência, o PROCEL conta desde 2003 com o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), processo que originou a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para avaliar edificações ou equipamentos, visando reduzir o desperdício de energia. De acordo com os padrões instituídos por essas etiquetagens pode existir uma economia de até 50% de energia de edificações em fase de projeto e até 30% para as existentes que forem reformadas (Tomazelli et al., 2020).

Esses edifícios podem ser divididos em edifícios não residenciais e residenciais. Os edifícios não residenciais que incluem a maioria em edifícios escolares, edifícios comerciais e edifícios governamentais. Estima-se que o consumo de energia elétrica por unidade de área dos edifícios não residencial é igual a aproximadamente 2,5 vezes o de edifícios residenciais (Liu et al., 2021). Conforme a E.P.E. (2024), esse consumo por metro quadrado nas edificações comerciais, de serviço e públicas no Brasil vem crescendo desde 2006, exceto no ano 2020 por causa da pandemia do Covid-19, chegando a 33,9 kWh/m² em 2022. Tendo como justificativa inicialmente o aumento da posse e uso de equipamentos elétricos e hoje principalmente o efeito climático que intensifica o uso de equipamentos de condicionamento ambiental.

Dados os impactos potencialmente amplos das variáveis humanas no uso de energia e a necessidade de atender às metas de redução de energia e gases de efeito estufa para 2020 e 2050. Esses recursos são essenciais para impulsionar as dimensões humanas rumo a melhorias e reduções efetivas no uso de energia em edificações, mantendo o conforto dos ocupantes ao longo de todo o ciclo de vida do próprio edifício (D'OCA et al., 2018). Segundo a ELETROBRAS (2023), estima-se que no Brasil, somente em 2022 foram economizados 22100 GWh com todas as ações do PROCEL, sendo evitadas que 942 mil toneladas de dióxido de carbono fossem para a atmosfera.

Neste contexto, o presente trabalho tem como finalidade avaliar a eficiência energética de um edifício público de ensino, aplicando os procedimentos através

do RTQ-C PROCEL, quantificar os impactos ambientais do consumo de energia elétrica deste edifício, através das pegadas de carbono e pegada ecológica, assim como propor soluções para aumentar a eficiência e melhoria referente aos impactos ambientais devido ao consumo de energia elétrica do prédio estudado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa quantitativa baseada em um estudo de caso. O trabalho consistiu-se na avaliação da eficiência energética aplicando do RTQ-C e os impactos ambientais, com o intuito de contribuir para o avanço do conhecimento sobre a problemática da eficiência energética em prédios públicos e desta forma favorecer o consumo energético mais eficiente e a reflexão sobre o consumo em instituições públicas e sua relação com os impactos no meio ambiente.

Local da Pesquisa

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Alagoas, campus Maceió, este inaugurado em 1968. O prédio localiza-se na esquina da Rua Mizael Domingues com a Rua Barão de Atalaia, Centro, na cidade de Maceió do estado de Alagoas. Sua estrutura é composta por 4 edificações: Bloco de Ensino, Bloco de Apoio ao Ensino, Bloco Administrativo e Bloco de Indústria.

Levantamento e cálculo das características físicas do prédio

A coleta de dados foi realizada nos projetos elétricos e arquitetônicos, contas de energia, visitas e medições presencial a edificação. Dentre as características que foram observadas, tem-se: dimensões das edificações, tipos de materiais e cores utilizados em paredes externas, aberturas e coberturas, características e padrão de uso dos equipamentos de iluminação e condicionamento de ar.

A partir destes dados foi calculado as seguintes áreas: de projeção da cobertura, total da edificação, útil, dos ambientes climatizados e não climatizados, de permanência temporária, de fachada, da envoltória, tal qual o volume da edificação.

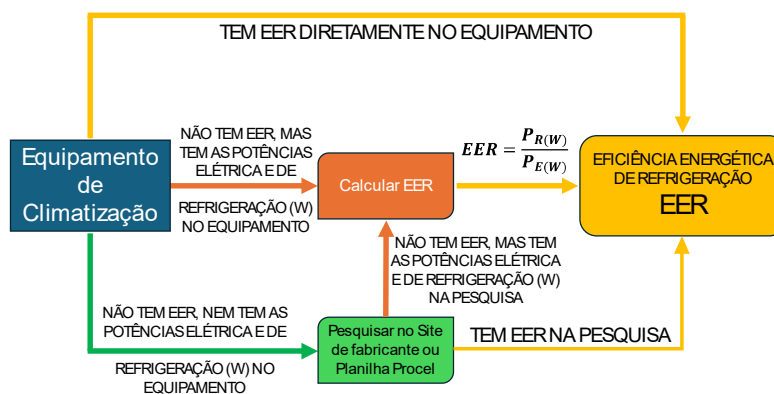
Em relação a iluminação foi necessário levantar: a quantidade, tipo e potência das luminárias, lâmpadas e reatores de todos os ambientes. A partir desses dados foram calculadas a potência elétrica em Watts (W) de iluminação de cada ambiente.

No caso dos condicionadores de ar foi feito um inventário por ambientes, listando: quantidade de equipamento e de cada um: potência de refrigeração em btus e em W, potência elétrica em W, eficiência energética de refrigeração (EER), o fabricante e o código de referência.

Foi utilizado o INMETRO (2013) para obter as características térmicas da envoltória, como: transmitância térmica, absorvância solar e capacidade térmica dos materiais de coberta e parede externa, bem como o fator solar dos materiais transparentes ou translúcidos das aberturas verticais na fachada e coberta.

No caso dos condicionadores de ar, foi necessário, calcular a eficiência energética de refrigeração (EER). Abaixo segue um fluxograma explicando as formas de achar a EER, utilizando as potências de refrigeração em W e elétrica, ou fazer uma pesquisa nos sites de fabricantes e nas planilhas de etiquetas de condicionadores de ar, INMETRO (2023), com o nome do fabricante e o código de referência do equipamento.

Figura 1 Fluxograma das Etapas para achar eficiência energética de refrigeração (EER) dos Condicionadores de Ar



Fonte: Próprio Autor

Determinação do nível de eficiência energética da edificação aplicando o RTQ-C PROCEL

Para a avaliação e obtenção da classificação do nível de eficiência energética da edificação foi utilizado o método prescritivo previsto no RTQ-C, onde utilizou-se a ferramenta webprescritivo do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), um serviço web gratuito de avaliação da ENCE de fácil utilização e disponível em: (<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>).

A classificação geral da edificação foi definida após a classificação das etiquetas dos três sistemas individuais: envoltória, iluminação e condicionamento

de ar, conjuntamente com as bonificações de outros elementos da edificação que influenciam indiretamente na eficiência energética desta.

Determinação do impacto ambiental do consumo de energia elétrica.

Neste projeto foi utilizado para verificar o impacto ambiental do prédio as pegadas ambientais: pegada de carbono e ecológica. Como citado por Aleixo (2021), as pegadas ambientais são ferramentas de fácil compreensão, que avaliam os fluxos de materiais e energia que entram e saem de um processo, edificação ou de uma sociedade e esses fluxos são convertidos em emissão de dióxido de carbono (CO_2), pegada de carbono, ou mesmo em área de meio ambiente natural, pegada ecológica.

Para calcular a pegada de carbono foi utilizada a taxa de emissão de carbono na geração de energia elétrica no Brasil, publicada pela Empresa de Pesquisa Energética (E.P.E) anualmente no Balanço Energético Nacional (B.E.N.). Bem como para calcular a pegada ecológica foi empregada a taxa de absorção de CO_2 de um dado plantio citada em SILVA (2015) onde utilizou como referência a área construída da edificação, área essa calculada no levantamento das características físicas do prédio.

Para o levantamento do consumo de energia elétrica anual da edificação foram analisadas as faturas de energia do ano de 2023, tal qual foram feitas leitura de medidores existentes na edificação e novas medições com analisador de energia para identificar onde e como é esse consumo de energia elétrica.

Análise dos dados e propostas de soluções

A análise dos dados foi realizada com um aprofundamento dos resultados do webprescritivo, bem como com nas medições de energia elétrica. Na qual foi feita uma análise detalhada dos problemas nos 3 sistemas e feita uma revisão bibliográfica identificando as melhores soluções para aumentar a eficiência energética da edificação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Características físicas do prédio baseados no RTQ-C

Na envoltória foi verificado que a cobertura era laje pré-moldada com lajota e telha de fibrocimento na cor cinza, transmitância térmica (U) de $1,79 \text{ W/m}^2\text{K}$ (INMETRO, 2013) e a absorvância solar (α) desta é 46% (Dorneles, 2021). Constatou-se também que as paredes são de bloco cerâmico de $9,0 \times 14,0 \times$

24,0 cm, com argamassa e pintura do lado externo na cor marfim fosco, com $U = 2,46 \text{ W/m}^2\text{K}$, capacidade térmica de $150 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$ e $\alpha = 33,6\%$. No caso das janelas e aberturas envidraçadas constatou-se que essas são em vidro com espessura de 4 mm com fator de solar de 0,4, conforme (INMETRO, 2013).

Na tabela 1 segue um resumo dos cálculos das áreas e volumes de todos os blocos da edificação necessárias nos procedimentos do RTQ-C.

Tabela 1 Áreas e volume da edificação

Dimensões							
Área Coberta - A_{COB} (m ²)	Área Total (m ²)	Área Condicionada - AC (m ²)	Área não Condicionada - ANC (m ²)	Área de Permanência Transitória - APT (m ²)	Área Útil - AU (m ²)	Envelope (m ²)	Volume (m ³)
8506,51	13461,03	6664,66	1853,05	4180,13	12697,84	16010,87	57175,04

Fonte: Próprio autor

Na tabela 2 é mostrado o resultado dos cálculos das áreas de fachada total, bem como as áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido de toda a fachada, tal qual a percentagem dessas aberturas na fachada. Do mesmo modo foi feito para a fachada somente virada para oeste.

Tabela 2 Áreas de aberturas e fachada

Dimensões nas Fachadas					
Área de Fachada (m ²)	Abertura na Fachada (m ²)	% _{APT} (Percentual de Abertura)	Área de Fachadas Oeste (m ²)	Abertura nas Fachadas Oeste (m ²)	% _{PAFO} (Percentual de Abertura) Oeste
8276,99	916,04	11,07%	2838,58	449,74	15,84%

Fonte: Próprio autor

No caso de Iluminação foi feita uma divisão das áreas da Edificação em 3 atividades principais, e calculada a potência de iluminação em W, conforme a tabela 3.

Tabela 3 Potência de iluminação da edificação

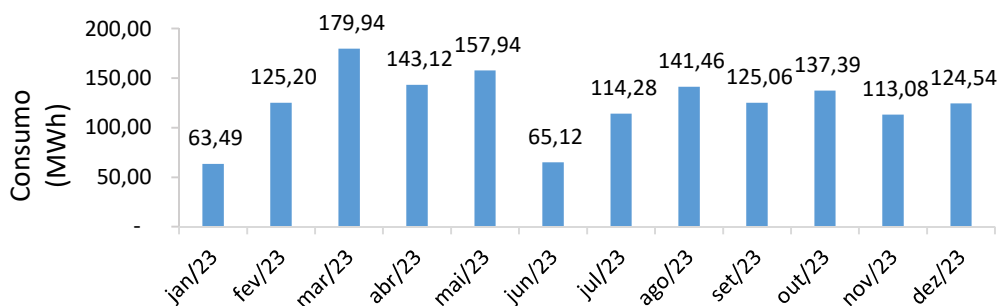
Atividades	Luminárias antigas				Potência Total (W)	Ambientes
	LUM1X32	LUM2X32	LUM4X32	LUM2X14		
Escola	124	782	32	54	65288	Salas de aula, coordenações, salas de Professores, biblioteca, setor médico, refeitório, auditório, laboratórios, circulações
Escritório	20	85	0	11	7002	Basicamente o bloco administrativo, com exceção do auditório
Oficina	0	162	0	0	11340	Laboratórios no Bloco de Indústria na área de mecânica e eletrotécnica que são semelhantes a oficinas
Total	144	1029	32	65	83630	

Fonte: Próprio autor

Levantamento do consumo de energia elétrica

De acordo com o gráfico 1, o consumo de energia elétrica mensal no ano de 2023. Está normalmente entre 110 MWh/mês e 180 MWh/mês, com exceção dos meses de férias, janeiro e julho, onde o consumo é em torno de 65 MWh.

Gráfico 1 Consumo de energia elétrica no ano de 2023

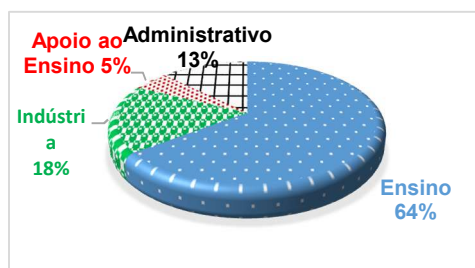


Fonte: Próprio autor

Verifica-se também que em 2023 foi consumido 1490,62 MWh, com a área total mostrada na tabela 1, calculou-se um consumo por m² de 110,74 kwh/m². Concluindo que o consumo de energia elétrica desta edificação é mais do que o triplo do consumo das edificações comerciais, de serviços e públicos no Brasil, que em 2022 foi 33,7 kwh/m², conforme E.P.E (2023). Ratificando os estudos internacionais que mostram que o prédio público tem um maior consumo que outros da mesma classe como observado por Guo et al. (2022); Droutza et al. (2021) e Nita et al. (2023) em seus estudos. Do mesmo modo os estudos nacionais apontam uma grande ineficiência nestas edificações (Brito et al., 2023; Silva, 2021; Vaz et al., 2022).

O gráfico 2, resultado da leitura nos medidores do painel elétrico de cada bloco, mostra que o bloco de ensino consome quase 2/3 da energia total, sendo esse o bloco de maior relevância.

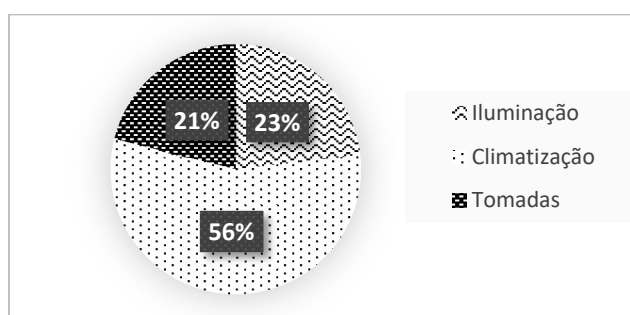
Gráfico 2 Consumo de energia por bloco



Fonte: Próprio autor

A partir desses resultados, foi realizada outra medição, agora instalando analisadores de energia no painel do bloco de ensino, bloco mais representativo. Medindo as 3 principais utilizações de energia elétrica: Iluminação, Climatização e equipamento ligados a tomadas, o gráfico 3 representa o resultado dessas medições que aconteceu nas 2 primeiras semanas de setembro de 2023. Confirmando os estudos pesquisados que colocam a climatização de ambientes como o principal consumo de energia elétrica em prédios públicos, como citado por Lyu et al. (2021); Nita et al. (2023).

Gráfico 3 Consumo por utilização no bloco de ensino



Fonte: Próprio autor

Determinação do nível de eficiência energética da edificação pelo RTQ-C PROCEL

Baseado no levantamento e cálculo de todas as variáveis necessárias para os 3 sistemas trabalhados no regulamento: Envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Foi utilizado método prescritivo para determinar o nível de eficiência de cada sistema e a eficiência total da edificação.

A figura 2 mostra parte do webprescritivo com as informações dos pré-requisitos gerais do regulamento: Circuitos elétricos, na qual a instalação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final, e aquecimento de água, na qual não se aplica a instalação, pois essa não tem água aquecida. Nesta tem também todas as informações do sistema de envoltória, desde a zona bioclimática da cidade onde está o prédio, como todas as dimensões calculadas e as características térmicas da cobertura, parede e aberturas envidraçadas, chegando a uma eficiência para a envoltória nível C.

Verificamos também na figura 2 que o software explica o nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura da área

condicionada, assim sendo, modificando o material da cobertura que diminua a transmitância desta, aumentará a eficiência desse sistema.

Figura 2 Nível de eficiência da Envoltória

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final

A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

Atende pré-requisito para A Este pré-requisito não se aplica à edificação

Atende pré-requisito para B Não atende

Atende pré-requisito para C

A edificação possui isolamento de tubulações

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 8 Cidade Macaé AL

Pré-requisitos

U_{COB-AC} 1.79 W/(m²K) q_{COB} 46 %

U_{COB-ANC} 1.79 W/(m²K) CT_{PAR} 150 kJ/(m²K)

U_{PAR} 2.46 W/(m²K) q_{PAR} 33.6 %

PAZ 0 % FS 0

Dados Dimensionais da Edificação

ATOT 13461.03 m²

APCOB 8506.41 m²

APE 8506.41 m²

VTOT 57175.04 m²

AENV 16010.87 m²

Características das Aberturas

FS 0.4

PAF_F 15.47 %

PAF_O 15.84 %

AVS 42.45 °

AHS 0 °

* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência Limpar

C

Fonte: webprescritivo

Na figura 3, verificamos as informações do sistema de iluminação, potência, a área útil, os questionamentos sobre: divisão de circuitos, contribuição de luz natural e desligamento automático. Ambos das atividades elencadas, chegando a uma eficiência na iluminação nível B.

Figura 3 Nível de eficiência da Iluminação

Iluminação

Por áreas do edifício Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos Atende Não atende

Contribuição da luz natural Atende Não atende Não se aplica

Desligamento automático Atende Não atende Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m ²]
			Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1	Escola/Universidade	- 1 +	Atende	Atende	Não atende	69844	7892.86
2	Escritório	- 1 +	Atende	Não atende	Não atende	7746	671.10
3	Oficina	- 1 +	Atende	Não se aplica	Não atende	11340	1474.48

Calcular Eficiência Limpar

B

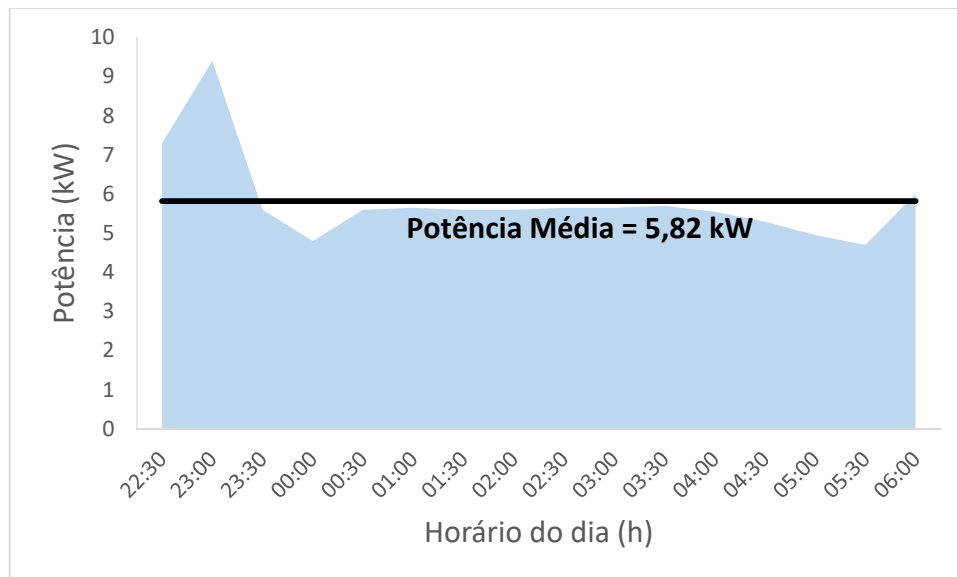
* Desde que observados os pré-requisitos de contribuição da luz natural e divisão dos circuitos

Fonte: webprescritivo

Segundo PROCEL (2017), o não atendimento ao pré-requisito de desligamento automático, conforme visto na figura 3, levou esse sistema ao nível B de eficiência. Portanto projetar um sistema de automação para comandar a iluminação, aumentará a eficiência. Essa afirmação é ratificada pelo gráfico 4, construído a partir das medições de energia no bloco de ensino, onde mostra um

consumo elétrico de aproximadamente 46,56 kWh por dia de aula, das 22:30 hs às 06:30 hs, horário que não tem utilização do prédio.

Gráfico 4 Curva de carga diária de iluminação no horário sem funcionamento do prédio



Fonte: Próprio autor

Conforme (PROCEL, 2017), a densidade de potência de iluminação das 3 atividades na edificação, é maior que o limite de referência para ser classificado como nível A. Contudo, as lâmpadas utilizadas não têm a tecnologia mais eficiente de iluminação predial. Segundo Erbetto (2023), a iluminação com tecnologia light emitting diode (led) é hoje a tecnologia de iluminação predial com maior eficiência energética.

No condicionamento de ar, segundo a figura 4, temos as informações de todos os ambientes condicionados da edificação, os equipamentos condicionadores de ar, capacidade em btu/h, a EER e o software obteve a etiqueta de cada equipamento.

Figura 4 Parte dos dados do sistema de condicionamento do ar

Condicionamento do Ar

Pré-Requisitos Gerais

Possui isolamento de tubulações
 Não possui isolamento de tubulações

Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	Auditório Oscar Sátilo	- 10 +	split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
			split	60000	2.64	D
2	Foyer	- 2 +	split	36000	3.24	A
			split	36000	3.24	A
3	Camarim Feminino	- 1 +	split	9000	3.26	A
4	Camarim Masculino	- 1 +	split	9000	3.26	A
5	DAP1	- 1 +	split	12000	3.26	A

Fonte: webprescritivo

Consoante visto na figura 5, ainda no condicionamento de ar, verifica-se a área útil (AU), que é a área total dos ambientes; a área condicionada (AC), que é a área dos ambientes climatizados, ambas calculadas anteriormente e mostradas na tabela 1.

Figura 5 Nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar e etiqueta geral

Condicionadores de ar não etiquetados

- Condicionador de ar +	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
1		A	<input type="checkbox"/> Visualizar	

AU: 12697.83 m²
AC: 6664.65 m²

Calcular Eficiência | Limpar

C

Bonificações

Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água. Economia: 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água). Economia: 0 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica). Economia: 0 %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas. Economia: 0 %
Elevadores. Classificação VDI 4707: -

Etiqueta Geral

APT: 4180.12 m²
ANC: 1853.0600000 m²
EqNumV: 1
b: 0

Calcular Eficiência | Limpar
Pontuação: 3.63

B

Fonte: webprescritivo

Ao final resultando em uma eficiência nível C para o sistema de condicionamento de ar, nível esse definido basicamente pela etiqueta dos equipamentos condicionadores de ar utilizados nos ambientes na edificação, que na sua maioria é etiqueta C ou pior.

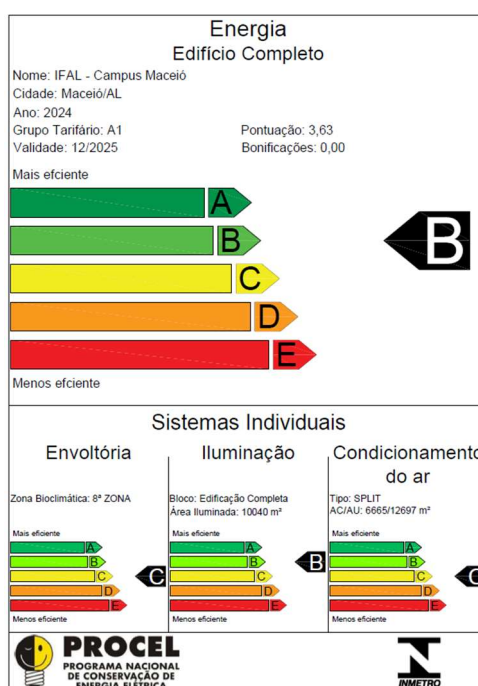
Ainda na figura 5 mostra o resultado da eficiência geral, onde utiliza o prévio resultado dos 3 sistemas e as bonificações tratadas no regulamento, resultando

numa ENCE geral nível B para a edificação, com pontuação de 3.63, muito próximo do nível C que é 3.5.

Analisando as bonificações, percebe-se que equipamentos ou sistemas que racionalizam água, que utilizem fontes renováveis para aquecê-la, ou mesmo a utilização fontes renováveis de energia, aumentam eficiência energética da edificação. No caso estudado não tem nenhuma das situações, assim não obtendo pontuação em bonificações.

A Figura 6 é um exemplo de ENCE para a edificação estudada, nesta tem as informações básicas do prédio, o resumo dos resultados do RTQ-C, evidenciando os níveis de eficiência dos 3 sistemas e o resultado geral. De acordo com PROCEL (2017), para obter a ENCE é necessário que esses resultados tenham uma avaliação de conformidade do INMETRO ou de uma instituição aprovada por ele.

Figura 6 ENCE da edificação



Fonte: Próprio autor

Caracterização do impacto ambiental do consumo de energia elétrica

A partir do levantamento do consumo de energia elétrica da Edificação, calculou-se o impacto ambiental deste consumo através das pegadas de carbono e da pegada ecológica da edificação e também por utilização de energia.

Tabela 4 Emissão de CO₂ no consumo de energia elétrica da edificação

Utilização	Consumo de Energia Elétrica Anual (MWh)	Emissão de CO ₂ Anual (tonCO ₂ eq)
Iluminação	345,82	19,05
Climatização	830,28	45,75
Tomadas	314,52	17,33
Total	1.490,62	82,13

Fonte: Próprio autor

Verifica-se na tabela 4 que foi emitido na atmosfera 82,13 tonCO₂/ano devido ao consumo de energia elétrica total desta edificação. Com base nesses resultados foi calculada uma pegada de carbono (PC) por área de 6,10 kgCO₂/m², para isso foi utilizada a taxa de emissão de CO₂ na geração elétrica no Brasil em 2023 de 55,1 kg CO₂-eq/MWh (EPE, 2024) e a área total da edificação vista na tabela 1.

Conforme E.P.E. (2023), o consumo dessa classe de edificação no Brasil em 2022 foi 33,7 kWh/m² e a taxa de emissão de CO₂ na geração elétrica brasileira no mesmo ano de 61,7 kgCO₂eq/MWh. Assim calculamos a PC dessa classe de edificação no Brasil em 2,08 kg CO₂/m², ou seja, quase 1/3 da edificação estudada.

Confrontando o impacto ambiental desse estudo com um prédio público de mesmo porte, observa-se também que a edificação do nosso estudo tem maior impacto ambiental. De acordo com Silva et al. (2022), a emissão de dióxido de carbono no consumo de energia elétrica de um prédio da Universidade Federal Fluminense em 2018 era 53,3 tonCO₂, em uma área de 11280 m², ou seja, uma PC de 4,72 kgCO₂/m². Considerando também que o consumo brasileiro desta classe aumentou 9% neste período, o impacto ambiental da edificação do nosso estudo ainda é quase 20% maior.

Já na pegada ecológica (PE) utilizou-se a cana-de-açúcar como parâmetro, empregando a taxa de absorção média de carbono de 7,13 tonCO₂/ha/ano da cana-de-açúcar, citada por Silva (2015). Foi calculada a uma área de 11,52 ha deste plantio para absorver a quantidade de CO₂ emitida devido ao consumo de energia elétrica de toda a edificação. Comparando essa área de plantio com a área de coberta da edificação, precisaríamos de quase 13 edificações semelhantes a esta com plantação de cana-de-açúcar para absorver o dióxido de carbono emitido na atmosfera em função desse consumo de energia elétrica.

Proposta de soluções de Melhoria da eficiência energética e indicadores

A partir dos resultados do nível de eficiência, consumo de energia elétrica total e por utilização foi proposto alterações na edificação para cada sistema do regulamento.

No caso da iluminação, a proposta é a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas leds que seja instalada na luminária existente e que tenha fluxo luminoso maior ou igual a lâmpada existente, na tabela 5 mostra um resumo dos resultados dessas substituições.

Como verificado no gráfico 3, o sistema de iluminação representa 23% do consumo. De acordo com a tabela 5, com a proposta teremos 42,72% de redução na potência de iluminação do prédio, consequentemente essa proposta trará uma redução no consumo de energia elétrica global de 9,82%. Anualmente isso equivale a 146,38 MWh de economia de energia elétrica e uma redução no lançamento de mais 8 toneladas de CO₂ na atmosfera.

Tabela 5 Potência de iluminação antes e depois da proposta

TIPO/DE LUMINÁRIAS	Luminárias antigas Fluorescentes				Total (W)
	LUM1X32	LUM2X32	LUM4X32	LUM2X14	
Qtde	144	1029	32	65	
Potência da Luminária (W)	35	70	140	32	
Potência Total (W)	5040	72030	4480	2080	83630
TIPO/DE LUMINÁRIAS	Luminárias novas Leds				Total (W)
	LUM1X20	LUM2X20	LUM4X20	LUM2X10	
Potência da Luminária (W)	20	40	80	20	
Potência Total (W)	2880	41160	2560	1300	47900
Redução (W)	2160	30870	1920	780	35730
Redução (%)	42,86%	42,86%	42,86%	37,50%	42,72%

Fonte: Próprio autor

No sistema de envoltória a ideia é substituir as telhas de fibrocimento da cobertura de toda a edificação por telhas metálicas com uma camada de 4 cm de isopor. Essa substituição diminuiria a transmitância térmica da cobertura para 0,68 W/m²K (INMETRO, 2013), modificando o nível de eficiência no sistema de envoltória para nível A e por consequência a pontuação na ENCE foi para 3,94. Conforme mostram os estudos nacionais (PROCEL, 2017; Silva, et al., 2021; Tomazelli, et al., 2022; Vaz, et. al., 2023), uma melhora no sistema de envoltória de nível C para A, gera uma redução de mais de 10% no sistema de condicionamento de ar.

A sugestão para o sistema de condicionamento de ar, é a substituição dos condicionadores com etiqueta de eficiência C ou pior, por condicionadores com etiqueta de eficiência A. Essa substituição faz com que a eficiência desse sistema aumente para nível A. De acordo com os valores de consumo de condicionadores da planilha de etiquetagem dos condicionadores de ar do INMETRO (2023), a redução de consumo comparando um condicionador de ar nível C para um de nível A é de no mínimo 20%.

Então essas duas últimas propostas resultariam em uma redução de 30% no consumo de energia na climatização de ambientes que, de acordo com o gráfico 2, consome 56% da energia. Portanto com essas sugestões teríamos uma dedução em 250,42 MWh do consumo anual da edificação, equivalente a 16,8% de economia de energia elétrica total.

Ao final das propostas, pode-se chegar a uma redução de 26,52%, resultando em uma economia de 395,312 MWh/ano de energia, deixando de emitir mais de 21,782 tonCO₂/ano na atmosfera. Se analisarmos a PE, esse resultado representa o que uma área com mais de 30 mil m² de plantio de cana-de-açúcar absorve deste gás poluente.

CONCLUSÃO

Ficou constatado após este trabalho que o RTQ-C é uma excelente ferramenta para verificar a eficiência energética de uma edificação, com boa interpretação dos resultados, ficando explícito onde estão as ineficiências da edificação. Igualmente as pegadas ambientais que são excelentes indicadores ambientais, de facilímo entendimento. Como também fica evidente que soluções e propostas simples de eficiência energética resulta em uma grande redução no consumo de energia elétrica. Finalmente chegamos à conclusão que se cada edificação utilizar com eficiência a energia elétrica, evitando desperdícios, uma boa quantidade de CO₂ deixará de ser emitido na atmosfera, diminuindo muito os impactos ambientais sobre o planeta.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio técnico e financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de Alagoas (FAPEAL) no Projeto de Pesquisa que deu origem a esse trabalho, ao Centro Universitário CESMAC e ao Instituto Federal de Alagoas (IFAL) pela parceria.

REFERÊNCIAS

ALDHSAN, S. R. S.; MAULUD, K. N. A.; J Wan Shafrina Wan Mohd JAAFAR, W. S. W. M.; KARIM, O. A.; PRADHAN, B. Energy Consumption and Spatial Assessment of Renewable Energy Penetration and Building Energy Efficiency in Malaysia: A Review. **Sustainability**, Volume 13, Edição 16, 08/2021.

ALEIXO, D. O. **Índice de pegadas ambientais integradas (IPAI): Modelo e Validação**. 1ª Edição, Jundiaí SP, Paco, 2021.

BATISTA, S.; ROCHA, A. G.; NETO, A. B.; OLIVEIRA, B. G.; MARTINS, S; M.; ASSUNÇÃO, G. P. Produção de soja, consumo de energia elétrica e CO₂ evitado com a implantação de sistemas fotovoltaicos: um estudo de caso do Sudeste Goiano. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. Maringá, Vol. 17, n. 1, Seção: Tecnologias Limpas, 2024.

BRITO, D. S.; SANTANA, R. S. F. Avaliação e conscientização do consumo de energia elétrica predial em um campus do Instituto Federal. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v.7, n.2, p. 577-586, 2023.

D'OCA, S.; HONG, T.; LANGEVIN, J. The human dimensions of energy use in buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.81, 2018.

DORNELES, K. A. **Biblioteca de absorvância de telhas: base de dados para análise de desempenho termoenergético de edifícios**. São Carlos: IAU/USP, 2021.

DROUTSA, G. K.; KONTOYIANNIDIS, S.; BALARAS, C. A.; LYKOUDIS, S.; DASCALAKI, E. G.; ARGIRIOU, A. A. Unveiling the existing condition and energy use in Hellenic school buildings, **Energy and Buildings**, V. 247, setembro 2021.

ELETROBRAS. **Relatório de resultados do Procel 2023: ano-base 2022**. Rio de Janeiro: PROCEL, 2023. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br>, acesso em 16 jul. 2024.

E.P.E. **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2024: Ano base 2023**. 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>, acesso em 15 jul. 2024.

E.P.E. **BEN Relatório Síntese 2024: Ano base 2023**. 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>, acesso em 16 jul. 2024.

E.P.E. **Atlas de Eficiência Energética Brasil/2023: Relatório de Indicadores**. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil>, acesso em 16 jul. 2024.

ERBETTO, E. B. **Instalações Elétricas Prediais: Concepções Alternativas para Redução de Custos, Velocidade de Execução e Minimização de**

Resíduos. 2023, 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2023

GUO, C.; BIAN, C.; LIU, Q.; YOU, Y.; LI, S.; WANG, L. A new method of evaluating energy efficiency of public buildings in China. **Journal of Building Engineering**, v. 46, 2022.

I.E.A. **CO₂ Emissions in 2023: A new record high, but is there light at the end of the tunnel?**. Fevereiro 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>, acesso em: 16 jul. 2024.

INMETRO. **Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**, Portaria INMETRO 50/2013. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/produtospbe/regulamentos>, Acesso em 15 jan. 2024

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, RTQ-C**, Anexo a portaria INMETRO 372/2013, com alterações das portarias: nº17 de 2012 e nº299 de 2013. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf, acesso em 03 jul. 2023.

INMETRO. **Planilhas de Índices de Eficiência de Condicionadores de Ar do Programa Brasileiro de Etiquetagem**, Versão 2, Dezembro, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar>, acesso em 16 jan. 2024.

LIU, Y.; WANG, X.; ZHOU, S.; CHEN, H.. Enhancing public building energy efficiency using the response surface method: An optimal design approach. **Environmental Impact Assessment Review**, v.87, 2021.

NITA, A.; SUNITIYOSO, Y; TIARA, A. R.; KIM, A. A., Exploring decision making factors in public buildings' energy efficiency projects. **Energy and Buildings**, V. 298, novembro 2023.

PROCEL EDIFICA. **Manual para Aplicação do RTQ-C**, versão 4, volume 4.1, abril, 2017. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_20170411_Notas_T%C3%A9cnicas%2BCapa.pdf, acesso em 04 jul. 2023.

SILVA, B; HALMEMAN, M. C. R.; RODRIGUES, C. A.; CREMASCO, C. P.; FILHO, L. R. A. G. Análise de Eficiência Energética de um Prédio Público de acordo com o Manual RTQ-C / PROCEL EDIFICA. **Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade**, Florianópolis, V.1, Nº 7, p. 4-27, nov-dez 2021.

SILVA, G. J. P. **Modelagem para avaliação da Pegada Ecológica em Instituições de Ensino**. 2015. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2015.

SILVA, L. S.; MARTINAZZO, A. P.; FREITAS, W. K.; COSTA, K, A; AVILA, N. V. V. de. Avaliação da Pegada Ecológica de uma Instituição de Ensino Superior. **Revista Científica Multidisciplinar**, V.3, Nº 5, 2022.

TOMAZELLI, S.; RUTSATZ, H.; JESUS, L. **Análise de Viabilidade Econômica de Medidas de Eficiência Energética Segundo PBE Edifica, Aplicado a uma Instituição Pública**. XVIII ENTAC – Encontro Nacional do Ambiente Construído, Porto Alegre, novembro 2020.

VAZ, L. S.; OLIVEIRA, R. D.; VIEIRA, J. C.; **Potencial de atendimento de edifício escolar público a requisitos das certificações do PBE Edifica e do LEED sem grandes intervenções**. ENSUS 2022 – X Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UNIFESSPA, Marabá, junho 2022.

3.1.2 Co-orientação de Projeto de Pesquisa

Este trabalho deu origem a um Projeto de Pesquisa que foi aprovado no PROGRAMA SEMENTE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PSIC) do Centro Universitário CESMAC, com bolsa de pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL. Projeto intitulado em “Aplicação do regulamento PROCEL RTQ-C e das pegadas ambientais como instrumento norteador para ações e estratégias de eficiência energética e de conscientização ambiental em uma edificação pública de ensino”, com prazo de 1 ano, de agosto de 2023 a agosto de 2024. Segue no Apêndice 1 o Relatório Final do Projeto de Pesquisa, no qual fui coorientador. Esse projeto também contribuiu para a divulgação do tema em questão, como e discussões e relação com outra formação acadêmica, tendo nele a participação de alunos e professora do Bacharelado de Engenharia Civil do CESMAC.

Figura 1 Site do CESMAC com o Projetos de Pesquisa cadastrado PISIC 2023-2024

The image displays two screenshots of the CESMAC website's 'ACOMPANHAMENTO' (Monitoring) page for a research project. The top screenshot shows the general information, and the bottom screenshot shows the list of project members.

Top Screenshot: Project General Information

Processo Seletivo: PSIC 2023/2024 (DE 19/05/2023 ATÉ 30/09/2024)
 Título: NORTEADOR PARA AÇÕES E ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO
 Email para contato: masouza@cesmac.edu.br
 Mestrado Prof. Análise de Sistemas Ambientais
 Agência de Fomento: ÁREA: CIÊNCIA E TECNOLOGIA
 Projeto: PROJETO DE PESQUISA PSIC 2023-2024.doc.doc

Bottom Screenshot: Project Members List

	NOME	TITULAÇÃO	CPF
COORIENTADOR	JEAN JACQUES BITTENCOURT DA ROCHA		02250359440
COLABORADOR	ALLANI CHISTINE MONTEIRO ALVES DA ROCHA		03822210447
ORIENTADOR	MAYARA ANDRADE SOUZA		06135983423

3.1.3 Produção em Eventos (ProdEvento)

A partir das primeiras pesquisas, revisão de literatura e início dos levantamentos de dados foi realizada a publicação de resumo nos anais do III CONEAMB – Congresso Nacional On-line de Conservação e Educação Ambiental, com o título “Aplicação do regulamento PROCEL RTQ-C e das pegadas ambientais como instrumento norteador para ações e estratégias de eficiência energética e de conscientização ambiental em uma edificação pública de ensino”.

Endereço digital: <https://editoraintegrar.com.br/publish/index.php/rema/anais>.

Figura 1 Capa dos anais do evento III CONEAMB




Figura 2 Contra Capa dos Anais com as Informações da Editora



Figura 3 Resumo publicado no III CONEAMB

Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente ISSN: 2675-813X V. 4, Nº 3, 2023

 III Congresso Nacional
On-line de Conservação
e Educação Ambiental

APLICAÇÃO DO REGULAMENTO PROCEL RTQ-C E DAS PEGADAS AMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO NORTEADOR PARA CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

JEAN JACQUES BITTENDOURT DA ROCHA; MAYARA ANDRADE SOUZA; CARLOS ALBERTO DA SILVA; SELENOBALDO ALEXINALDO CABRAL DE SANT'ANNA

INTRODUÇÃO: O comportamento humano insustentável, principalmente após a revolução industrial, é considerado a principal causa do crescimento dos impactos ambientais no planeta. Sendo o consumo de energia uma das principais razões para os problemas ambientais que ameaçam a vida na Terra, como mudanças climáticas, poluição do ar, aquecimento global e gases de efeito estufa. Assim, a redução das emissões de CO₂ tornou-se uma questão significativa em todo o mundo. Nessa perspectiva a eficiência energética é primordial como um processo para o desenvolvimento sustentável. Pesquisas mostram uma correlação entre o consumo energético de edificações, sua eficiência e a redução de indicadores de sustentabilidade ambiental destas. **OBJETIVOS:** Assim, esta pesquisa tem por objetivo avaliar a eficiência energética de um edifício público de ensino, aplicando os procedimentos do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C PROCEL), bem como identificar o impacto ambiental referente a essa eficiência energética através das pegadas ambientais. **METODOLOGIA :** Será dimensionada a eficiência energética da edificação através do RTQ-C e o impacto ambiental deste consumo energético, mediante as pegadas ambientais, com o intuito de favorecer o consumo energético mais eficiente e mostrar a sua relação com a sustentabilidade ambiental do Planeta. **RESULTADOS:** Resultados apontam que o consumo de energia elétrica de uma edificação pública de ensino é considerável sendo o desperdício de energia uma característica normalmente encontrada neste tipo de edificação, sendo a sua eficiência energética predominantemente baixa. **CONCLUSÃO:** Calcular a eficiência energética da edificação é de suma importância para a tomada de decisões de gestão desta, da mesma forma que o tema sustentabilidade ambiental e eficiência energética estão totalmente relacionados e que a melhoria da eficiência energética da edificação trará um benefício ambiental para o planeta, de forma a contribuir para o desenvolvimento sustentável global a partir da escala local.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Eficiência, Energia, Ambiental, Edificação.

DOI: 10.51189/coneamb2023/21484

Para maior divulgação dos trabalhos também foi redigido um resumo que foi aceito e publicado nos anais do VI CEMEIA – Congresso de Estudos sobre o Meio Ambiente, realizado pelo Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais – PPGASA do Centro Universitário Cesmac em dezembro de 2023. Resumo este intitulado em “Aplicação do regulamento PROCEL RTQ-C e das pegadas ambientais como avaliação ambiental de uma edificação pública de ensino”.

Endereço digital: <https://diabrasi1.wixsite.com/cemeia/edicoes-anteriores>.


Figura 1 Capa dos anais do evento VI CEMEIA



Figura 2 Contra capa dos anais do vi CEMEIA Ficha cartográfica

<p>REDE DE BIBLIOTECAS CESMAC SETOR DE TRATAMENTO TÉCNICO</p>
<p>C749 CEMEIA – Congresso de Estudos Sobre o Meio Ambiente (V.6, 2023: Maceió-AL)</p> <p>Anais do VI Congresso de Estudos Sobre o Meio Ambiente [recurso eletrônico], 5 a 7 de dezembro de 2023, Maceió – AL, Brasil</p> <p>Evento realizado pelo Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais – PPGASA, Centro Universitário CESMAC, Maceió, AL</p> <p>ISSN: 2674-7677</p> <p>1. Ciências Ambientais – Anais. 2. Meio ambiente – Anais 3. Sustentabilidade – Anais. I. Título</p> <p>CDU: 502/504(042)</p>
<p>Evandro Santo Cavalcante Bibliotecário CRB-4 1700</p>

Figura 3 Resumo publicado no VI CEMEIA



**APLICAÇÃO DO REGULAMENTO PROCEL RTQ-C E DAS
PEGADAS AMBIENTAIS COMO AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE
UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO**

Jean Jacques Bittencourt da Rocha
Mestrando do PPGASA do Centro Universitário Cesmac
Carlos Alberto da Silva
Mestrando do PPGASA do Centro Universitário CESMAC
José Gabriel da Silva Lima
Graduando de Engenharia Civil do Centro Universitário CESMAC
Pedro Henrique Rocha Alencar
Graduando de Engenharia Civil do Centro Universitário CESMAC
Allani Christine Monteiro Alves da Rocha
Docente do Centro Universitário CESMAC
Mayara Andrade Souza
Docente do Centro Universitário CESMAC

jejrocha@gmail.com

RESUMO
Introdução: O comportamento humano insustentável é considerado a principal causa do crescimento dos impactos ambientais no planeta. Sendo o consumo de energia uma das grandes razões deste. Sendo assim, a eficiência energética é primordial para o desenvolvimento sustentável. Pesquisas mostram uma correlação entre o consumo energético de edificações e os indicadores de sustentabilidade ambiental destas. **Objetivos:** Avaliar a eficiência energética de um edifício público de ensino, usando o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), como identificar o impacto referente ao consumo de energia através das pegadas ambientais. **Metodologia:** Refere-se a uma pesquisa quantitativa, onde será dimensionado o nível de eficiência energética do IFAL – Campus Maceió, aplicando os procedimentos do RTQ-C, para isso utiliza-se a ferramenta Webprescritivo, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. Também será quantificado o impacto ambiental do consumo de energia elétrica nesta edificação, mediante as pegadas de carbono e pegada ecológica, verificando ainda a correlação entre indicadores. **Resultados:** Resultados apontam que o consumo de energia elétrica de uma edificação pública de ensino é bem grande, sendo o desperdício de energia uma característica via de regra encontrada neste tipo de edificação, tendo o nível de eficiência energética calculado pelo RTQ-C baixo, principalmente no item de climatização e envoltória. Verifica-se também que os impactos ambientais relativos ao consumo de energia são altos, com pegadas ambientais relativamente grandes comparadas a edificações comerciais ou de serviço de mesmo porte, ratificando os estudos e pesquisas que correlacionam estes indicadores. Porém, foi constatado que temos um grande potencial de evolução desta eficiência, mediante a proposta de soluções de pequenas intervenções na edificação e no perfil de utilização de energia elétrica, aumentando o desempenho energético desta, por consequência a melhora nos indicadores de sustentabilidade ambiental da própria. **Conclusão:** A pesquisa comprova que a aplicação RTQ-C e as pegadas ambientais em uma edificação pública de ensino são excelentes indicadores de gestão, bem como de avaliação ambiental desta edificação.

Palavras-chave: Eficiência. Energia. Ambiental. Edificação.

3.2 Produção técnica /ou tecnológica (ProdTécnico)

3.2.1 Eixo 2 – Formação - Organização e docência de capacitação profissional

Foi realizado uma capacitação para os alunos formandos do Curso de Técnico Industrial em Eletrotécnica do IFAL, campus Maceió. Capacitação com o seguinte tema: “Consumo energético e sustentabilidade ambiental de uma edificação”, segue no Apêndice 2 o Relatório com o Projeto e os resultados da capacitação.

O treinamento teve como público-alvo os alunos formandos do curso de Eletrotécnica do IFAL campus Maceió, foram disponibilizadas 20 vagas e todas foram preenchidas. Esse aconteceu 11, 14, 18, 21, 25, 28 de agosto; 01, 04, 11, 15, 18, 22, 25, 29 de setembro; e 02, 06, 16, 20, 23 de outubro de 2023 no horário das 09:00 às 11:00 hs, perfazendo uma carga horária de 40hs.

Todo ele foi idealizado e trabalhado de acordo com o os moldes de curso de formação profissional da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sendo uma parceria da coordenadoria de Eletrotécnica do IFAL campus Maceió com PPGASA – CESMAC. Essa formação foi coordenada pelo professor do IFAL e mestrando do PPGASA, Jean Jacques Bittencourt da Rocha e teve como instrutores os docentes do IFAL: Rita de Cássia Costa, Carlos Aberto da Silva e Jean Jacques Bittencourt da Rocha; bem como os docentes do PPGASA: Dra. Mayara Andrade Souza e Dr. Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant’Anna.

Essa capacitação teve o objetivo conscientizar o futuro profissional de Eletrotécnica em relação aos impactos ambientais relacionados com a sua profissão. Demonstrando a relação direta da sua área profissional com a sustentabilidade ambiental, expondo o quanto a utilização consciente e eficiente de energia elétrica de uma edificação tem conexão com boa parte dos indicadores ambientais que mais preocupam a sustentabilidade do planeta. Tendo a seguinte ementa: Eficiência energética no Brasil, sustentabilidade ambiental e consumo de energia elétrica, diagnóstico energético em edificações, soluções de eficiência energética em edificações e um estudo de caso de cálculo de eficiência energética e indicadores ambientais no IFAL, campus Maceió. A Figura 1 mostra as informações sobre o treinamento e como fazer a inscrição.

Sendo a metodologia de ensino e avaliação trabalhada neste bem diferenciada, utilizando metodologias ativas e a participação direta do aluno,

sendo os docentes mais orientadores do processo, direcionando os conteúdos e aplicando situações práticas do tema, finalizando numa realização de estudo de caso de eficiência energética e indicadores ambientais. Abaixo na figura 2 mostra a excelente qualidade das apresentações dos alunos no decorrer da formação.

Figura 1 Folder de divulgação da capacitação



PROGRAMA DO TREINAMENTO:

1. Eficiência Energética no Brasil;
2. Sustentabilidade Ambiental e Consumo de Energia Elétrica;
3. Diagnóstico Energético em Edificações;
4. Soluções de Eficiência Energética em Edificações;
5. Estudo de Caso de Indicadores Ambientais e Eficiência Energética no IFAL;

PÚBLICO-ALVO: Alunos formandos de Eletrotécnica - 3º ano Vespertino do curso integrado e do 4º período do curso subsequente. 20 vagas

DIA E HORÁRIO: Início em 07/08/2023, segundas e sextas de manhã, das 09:00 às 11:00hs.

CARGA HORÁRIA: 40 horas

TEMPO MÁXIMO: 12 semanas.

INSCRIÇÕES: Formulário do google, link abaixo, de 28/07 a 04/08, seleção através de histórico escolar e entrevista (se necessário).

INSTRUTORES:

IFAL: Carlos Alberto da Silva, Rita de Cássia e Jean Jacques Bittencourt Da Rocha.

PPGASA - CESMAC: Mayara Souza Santos e Selenobaldo Alexandro Cabral de Sant'ana.

CERTIFICAÇÃO: Terá direito a certificado de curso de 40 horas, o aluno que obtiver 75% ou mais de presença e na avaliação.



COORDENADOR DO TREINAMENTO: Jean Jacques Bittencourt da Rocha.

ALUNOS COLABORADORES: Samuel Almeida Mendonça da Silva e Felipe Eduardo da Silva Souza.

COLABORADOR EXTERNO: Profa. Mayara Andrade Souza (PPGASA CESMAC)

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQL5dDeJh0msFPycjGKUARa4kT3FaXB14VEPNieMHL9FIPtqsQ/view?usp=sf_link

Figura 2 Apresentação de trabalhos de alunos do curso

<p>Integração de Estratégias</p> <p>Integrar estratégias de eficiência energética com práticas ambientais cria um ciclo positivo. Isso não apenas melhora a performance das empresas, mas também contribui para a responsabilidade social e a imagem positiva perante a sociedade.</p>  <p>Fonte: Depositphotos</p>	<p>Conclusão</p> <p>A jornada rumo à sustentabilidade exige um esforço conjunto. Integrar eficiência energética e práticas ambientais não é apenas uma necessidade, mas uma responsabilidade coletiva para garantir um futuro mais sustentável e equilibrado.</p>	
---	--	---

3.2.2. Divulgação da Produção – Apresentação de Trabalho

Com o intuito de divulgar o tema do nosso trabalho, foi exposto na modalidade de apresentação oral durante III CONEAMB – Congresso de Nacional On-line de Conservação e Educação Ambiental, realizado no período de 14 a 17 de agosto de 2023, com o trabalho denominado “Aplicação do regulamento PROCEL RTQ-C e das pegadas ambientais como instrumento norteador para ações e estratégias de eficiência energética e de conscientização ambiental em uma edificação pública de ensino”.

Figura 1 Certificado de Apresentação em Congresso Nacional



Figura 2 Apresentação oral no IIICONEAMB



Visando a popularização do tema da nossa pesquisa foi também apresentado um trabalho na forma de Banner no VI CEMEIA – Congresso de Estudos sobre o Meio Ambiente, realizado pelo Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais – PPGASA do Centro Universitário Cesmac, no período de 05 a 07 de dezembro de 2023. Apresentação essa intitulada em “Aplicação do regulamento PROCEL RTQ-C e das pegadas ambientais como avaliação ambiental de uma edificação pública de ensino”.

Figura 1 Banner de Apresentação no VI CEMEIA

APLICAÇÃO DO REGULAMENTO PROCEL RTQ-C E DAS PEGADAS AMBIENTAIS COMO AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

Jean Jacques Bittencourt da ROCHA¹, Mayara Andrade SOUZA², Allani Christine Monteiro Alves da ROCHA³, Carlos Alberto da SILVA⁴, José Gabriel da Silva LIMA⁵, Pedro Henrique Rocha ALENCAR⁶

1. Mestrando do PPGASA-CESMAC; 2. Professora/Orientadora do PPGASA-CESMAC; 3. Professora-CESMAC; 4. Mestrando do PPGASA-CESMAC; 5. Graduando de Engenharia Civil-CESMAC; 6. Graduando de Engenharia Civil, CESMAC

Introdução

O consumo de energia é uma das principais razões para os problemas ambientais que ameaçam a vida na Terra. Estudos mostram total relação entre o consumo de energia e crescimento econômico. Consumir menos energia, sem afetar o desenvolvimento tornou-se uma questão crucial no mundo.

Com isso, a eficiência energética se coloca como a solução para desenvolvimento sustentável do Planeta;

No Brasil existe o Selo Procel Edificações e o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de

Resultados e Discussão

Os estudos recentes, o levantamento de dados e os início dos Cálculos da nossa pesquisa demonstram os seguintes Resultados:

- O consumo de energia elétrica de uma edificação pública de ensino é bem grande, sendo o desperdício de energia uma característica via de regra encontrada neste tipo de edificação;
- O nível de eficiência energética calculado pelo RTQ-C baixo, principalmente no item de climatização e envoltória. Normalmente, no máximo Nível C:

Figura 2 Foto da Apresentação em Banner no VI CEMEIA



Ainda divulgando o a pesquisa foi apresentada uma palestra na Semana de Eletrotécnica, evento organizado pelo IFAL campus Maceió, realizado no período 11 a 13 de dezembro de 2023 no auditório Oscar Sátilo. Palestra com o tema “Estudo de caso de eficiência energética e indicadores de sustentabilidade ambiental”.

Figura 1 Certificado de apresentação da Palestra na SEMANA DE ELETROTÉCNICA



Figura 2 Foto da apresentação da Palestra na SEMANA DE ELETROTÉCNICA



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário apresentado, chega-se na conclusão de que o RTQ-C é uma excelente ferramenta para verificar a eficiência energética de uma edificação pública, de fácil entendimento e boa interpretação dos resultados, ficando explícito onde estão as ineficiências, facilitando assim as propostas de melhoria.

A edificação estudada neste trabalho tem uma baixa eficiência energética, calculada pelo RTQ-C no nível de eficiência B, pontuação 3,63, bem próximo do nível C, que é até 3,5. Tendo um consumo por área de 110,74 kWh/m², muito maior que a média brasileira de prédios comerciais, de serviço e público, na qual a edificação se enquadra.

Esse prédio tem alto indicadores de sustentabilidade ambiental referente ao consumo elétrico, com uma pegada de carbono por área construída de 6,1 kg CO₂/m². ano relativa a esse consumo. Essa pegada foi, aproximadamente, 20% maior que o valor calculado para um prédio público de mesmo porte da Universidade Federal Fluminense em 2022. Tendo também uma pegada ecológica de mais de 110 mil m² de plantio de cana-de-açúcar em Alagoas, ou seja, quase 13 vezes a sua área de coberta.

As soluções e propostas de redução de consumo elétrico são factíveis e de direta implementação, resultando em uma economia de mais de 26% deste consumo de energia elétrica e consequente diminuição de, aproximadamente, 21 toneladas de CO₂ na atmosfera.

Com uma utilização de energia elétrica mais eficiente, pode-se diminuir a emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Isso significa que, se cada edificação utilizar melhor a energia elétrica, ou seja com mais eficiência, uma boa quantidade de CO₂ deixará de ser emitido na atmosfera, melhorando assim os problemas ambientais devido à grande concentração desse gás na atmosfera. Visto que a geração de energia elétrica mais limpa é a energia elétrica não gerada.

Verifica-se, portanto, uma grande relação entre o consumo de energia elétrica e sustentabilidade ambiental, logo é de suma importância que o profissional da área de Eletrotécnica tenha uma visão e sensibilidade ambiental nas suas ações profissionais.

REFERÊNCIAS

- ALDHSAN, et. al. Energy Consumption and Spatial Assessment of Renewable Energy Penetration and Building Energy Efficiency in Malaysia: A Review. **Sustainability**, v. 13, Edição 16, 08/2021.
- ALEIXO, D. O. **Índice de pegadas ambientais integradas (IPAI): Modelo e Validação**. 1ª Edição, Jundiaí SP, Paco, 2021.
- BATISTA, S.; et. al. Produção de soja, consumo de energia elétrica e CO₂ evitado com a implantação de sistemas fotovoltaicos: um estudo de caso do Sudeste Goiano. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. Maringá, v. 17, n. 1, Seção: Tecnologias Limpas, 2024.
- BRITO, D. S.; SANTANA, R. S. F. Avaliação e conscientização do consumo de energia elétrica predial em um campus do Instituto Federal. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v.7, n.2, p. 577-586, 2023.
- D'OCA, S.; HONG, T.; LANGEVIN, J. The human dimensions of energy use in buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 731-742, 2018.
- DORNELES, K. A. **Biblioteca de absorvância de telhas**: base de dados para análise de desempenho termoenergético de edifícios. São Carlos: IAU/USP, 2021.
- DROUTSA, G. K.; et. al. Unveiling the existing condition and energy use in Hellenic school buildings, **Energy and Buildings**, v. 247, setembro 2021.
- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. **ELETROBRAS. Relatório de resultados do Procel 2023**: Ano-base 2022. Rio de Janeiro: PROCEL, 2023.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **EPE – ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2023**: Ano base 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>, acesso em 15 maio 2023.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **EPE – ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2024**: Ano base 2023. 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>, acesso em 15 jul. 2024.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **EPE – Atlas de Eficiência Energética Brasil/2022**: Relatório de Indicadores. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil>, acesso em 16 maio 2023.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **EPE – Atlas de Eficiência Energética Brasil/2023**: Relatório de Indicadores. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil>, acesso em 16 jul. 2024.

ERBETTO, E. B. **Instalações Elétricas Prediais: Concepções Alternativas para Redução de Custos, Velocidade de Execução e Minimização de Resíduos**. 2023, 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2023

GUO, C.; BIAN, C.; LIU, Q.; YOU, Y.; LI, S.; WANG, L. A new method of evaluating energy efficiency of public buildings in China. **Journal of Building Engineering**, v. 46, 2022.

I.E.A. **CO2 Emissions in 2023**: A new record high, but is there light at the end of the tunnel?. Fevereiro 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>, acesso em: 16 jul. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **INMETRO – Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**, Portaria INMETRO 50/2013. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/produtospbe/regulamentos>, Acesso em 15 jan. 2024

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **INMETRO – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, RTQ-C**, Anexo a portaria INMETRO 372/2013, com alterações das portarias: nº17 de 2012 e nº299 de 2013. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf, acesso em 03 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **INMETRO – Planilhas de Índices de Eficiência de Condicionadores de Ar do Programa Brasileiro de Etiquetagem**, Versão 2, Dezembro, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar>, acesso em 16 jan. 2024.

LIU, Y.; WANG, X.; ZHOU, S.; CHEN, H. Enhancing public building energy efficiency using the response surface method: An optimal design approach. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 87, 2021.

NITA, A.; et. al. Exploring decision making factors in public buildings' energy efficiency projects. **Energy and Buildings**, v. 298, novembro 2023.

Oliveira, W. F. Índice de desenvolvimento humano e pegada ecológica: Uma proposta de integração. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, 2022. v. 35, n. 2: Pag. 55-75.

PROCEL EDIFICA. **Manual para Aplicação do RTQ-C**, versão 4, volume 4.1, abril, 2017. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_20170411_Notas_T%C3%A9cnicas%2BCapa.pdf, acesso em 04 jul. 2023.

RAGHUTLA, C.; et. al. The effect of renewable energy consumption on ecological footprint in N-11 countries: Evidence from Panel Quantile Regression Approach. **Renewable Energy**, v. 197, p. 125-137, 2022.

SHAHZAD, M.; et. al. Investigating the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint for the United States: New insights from quantile methods. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, 2021.

SANTOS, M. P. S.; et. al. A pegada ecológica como recurso didático investigativo: por uma formação crítica na e para a educação ambiental no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 23, n. 2, 213-237, 2024.

SILVA, B; et. al. Análise de Eficiência Energética de um Prédio Público de acordo com o Manual RTQ-C / PROCEL EDIFICA. **Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade**, Florianópolis, v.1, n. 7, p. 4-27, nov-dez 2021.

SILVA, G. J. P. **Modelagem para avaliação da Pegada Ecológica em Instituições de Ensino**. 2015. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2015.

SILVA, L. S.; et. al. Avaliação da Pegada Ecológica de uma Instituição de Ensino Superior. **Revista Científica Multidisciplinar**, v.3, n. 5, 2022.

TOMAZELLI, S.; RUTSATZ, H.; JESUS, L. **Análise de Viabilidade Econômica de Medidas de Eficiência Energética Segundo PBE Edifica, Aplicado a uma Instituição Pública**. XVIII ENTAC – Encontro Nacional do Ambiente Construído, Porto Alegre, novembro 2020.

ULLAH, A; et. al. A threshold approach to sustainable development: nonlinear relationship between renewable energy consumption, natural resource rent, and ecological footprint. **Journal of environmental management**, v. 295, 2021.

VAZ, L. S.; OLIVEIRA, R. D.; VIEIRA, J. C.; **Potencial de atendimento de edifício escolar público a requisitos das certificações do PBE Edifica e do LEED sem grandes intervenções**. ENSUS 2022 – X Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UNIFESSPA, Marabá, junho 2022.

WEDY, G.; IGLECIAS, P. Inteligência Artificial e Aquecimento Global. **Direito e Inteligência Artificial: perspectivas para um futuro ecologicamente sustentável**, p. 13-34, 2024.

YUSSUF, R. O.; ASFOUR, O. S. Applications of artificial intelligence for energy efficiency throughout the building lifecycle: An overview, **Energy and Buildings**, v. 305, 2024.

APÊNDICE

APÊNDICE A – RELATÓRIO FINAL DO PROJETO DE PESQUISA



Rua Cônego Machado, 917 - Farol, Maceió-AL, Brasil. CEP 57051-160 - CP 124
Fones: (+55) 82 3215-5000 - Telefax (+55) 82 3221-0402 - www.cesmac.com.br e-mail: presidencia@fejal.com.br



CENTRO UNIVERSITÁRIO CESMAC
COORDENAÇÃO GERAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO (CGPG)
COORDENAÇÃO DE PESQUISA INSTITUCIONAL (CPI)
PROGRAMA SEMENTE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PSIC)

RELATÓRIO FINAL (2023-2024)
PIBIC/PIBIC-EM/FAPEAL/CESMAC

TÍTULO DA PESQUISA:

APLICAÇÃO DO REGULAMENTO PROCEL RTQ-C E DAS PEGADAS AMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO NORTEADOR PARA AÇÕES E ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL EM UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

EQUIPE EXECUTORA							
Nome do Orientador Principal		Mayara Andrade Souza					
Nome do Orientador Colaborador		Allani Christine Monteiro Alves da Rocha					
Nome do Coorientador		Jean Jacques Bittencourt da Rocha					
Aluno Bolsista		José Gabriel da Silva Lima					
Aluno Voluntário 1		Pedro Henrique Rocha Alencar					
AGÊNCIA DE FOMENTO (MARCAR UM "X")							
PIBIC		PIBIC-EM		FAPEAL	X	CESMAC	

FEVEREIRO/2024

RESUMO

A principal justificativa para o crescimento dos impactos ambientais no planeta é o comportamento insustentável da sociedade, principalmente após a Revolução Industrial. Sendo o consumo de energia uma das principais razões para os problemas ambientais que ameaçam a vida na terra, como mudanças climáticas, poluição do ar, aquecimento global e gases de efeito estufa. Assim, a redução das emissões de CO₂ tornou-se uma questão significativa em todo o mundo. Nessa perspectiva a eficiência energética é primordial como um processo para o desenvolvimento sustentável. Pesquisas mostram uma correlação entre o consumo energético de edificações, sua eficiência e os indicadores de sustentabilidade ambiental destas. Logo a pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência energética de um edifício público de ensino, aplicando os procedimentos do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C PROCEL), e identificar o impacto referente ao consumo de energia elétrica através das pegadas ambientais. A pesquisa é do tipo quantitativa, onde foi dimensionado o nível de eficiência energética do IFAL – Campus Maceió, aplicando os procedimentos do RTQ-C PROCEL, pelo método prescritivo, utilizando a ferramenta Webprescritivo, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. Para quantificação do impacto ambiental do consumo de energia elétrica nesta edificação, foi observada a pegada de carbono e pegada ecológica, verificando ainda a correlação entre indicadores. Resultados apontam que o consumo de energia elétrica de uma edificação pública de ensino é bem grande, sendo o desperdício de energia uma característica por via de regra encontrada neste tipo de edificação, tendo o nível de eficiência energética calculado pelo RTQ-C relativamente baixo, principalmente no item de climatização e envoltória. Os impactos ambientais relativos ao consumo de energia elétrica são altos, com pegadas ambientais relativamente grandes comparadas a edificações comerciais ou de serviço de mesmo porte, ratificando os estudos e pesquisas que correlacionam estes indicadores. Porém, foi constatado que temos um grande potencial de evolução desta eficiência, mediante a proposta de soluções de pequenas intervenções na edificação e no perfil de utilização de energia elétrica, aumentando o desempenho energético desta, por consequência a melhora nos indicadores de sustentabilidade ambiental da própria. A partir desta pesquisa fica comprovado que calcular eficiência energética de uma edificação é suma importância para a tomada de decisões de gestão desta, da mesma forma, ratifica-se que os temas eficiência energética e sustentabilidade ambiental de uma edificação estão totalmente relacionados e que aplicação RTQ-C e as pegadas ambientais em uma edificação pública de ensino são excelentes indicadores de gestão, bem como de avaliação ambiental desta edificação.

Palavras-chaves: Eficiência. Energia. Ambiental. Edificação.

INTRODUÇÃO

A energia é considerada um dos recursos mais significativos exigidos pela sociedade humana moderna. É um elemento crucial que sustenta a economia e promove o desenvolvimento dos países. Logo, o rápido desenvolvimento urbano e o aumento da população exigem um fornecimento contínuo desta energia, pois muitos aspectos da sociedade humana, como transporte, condicionamento de edifícios e manufatura, requerem energia, direta ou indiretamente.

Numerosos estudos exploraram a relação entre rápida urbanização, população, crescimento econômico e consumo de energia (ALDHSAN *et al.*, 2021). O aumento do crescimento populacional e da urbanização estão relacionados com o consumo de energia e principalmente com o consumo de energia em edifícios; e os problemas ligados a essa energia estão se tornando cada vez mais sérios, já que o seu consumo está aumentando diariamente devido a necessidade de conforto térmico; de uma iluminação uniforme que evite ofuscamento, sombras e contrastes excessivos; e da utilização de novos eletrônicos e equipamentos, mais necessidade elétrica para a vida diária levando a uma crise energética.

Os edifícios desempenham um papel importante neste aumento de consumo de energia, principalmente na fase de operação. O consumo de energia direta dos mesmos representa 20% do consumo total de energia de um país, e espera-se que representem mais de um terço do consumo global de energia até 2040 (GUO *et al.*, 2022; LIU *et al.*, 2021). O aumento no consumo de energia dos edifícios está associado a quatro fatores principais que influenciam o uso de energia no mesmo: (1) comportamento dos ocupantes em relação à energia, (2) localização e clima, (3) características físicas e (4) estoque de eletrodomésticos e eletrônicos (ALDHSAN *et al.*, 2021).

Esses edifícios podem ser divididos em edifícios não residenciais e residenciais. Os edifícios não residenciais que incluem a maioria em edifícios escolares, edifícios comerciais e edifícios governamentais. Estima-se que o

consumo de eletricidade por unidade de área dos edifícios não residencial é igual a aproximadamente 2,5 vezes o de edifícios residenciais (LIU *et al.*, 2019).

Sendo o consumo de energia uma das principais razões para os problemas ambientais que ameaçam a vida na Terra, como mudanças climáticas, poluição do ar, aquecimento global e gases de efeito estufa. Assim, a redução das emissões de CO₂ tornou-se uma questão significativa em todo o mundo. O uso de energia no setor residencial e comercial reflete uma proporção significativa do consumo de energia primária. Portanto, construir a eficiência energética é fundamental para melhorar o meio ambiente e reduzir o uso de energia (ALDHSAN *et al.*, 2021).

Dados os impactos potencialmente amplos das dimensões humanas no uso de energia e a necessidade de atender às metas de redução de energia e gases de efeito estufa para 2020 e 2050, novos dados, diretrizes e modelos são necessários para alavancar as dimensões humanas em direção a reduções e melhorias substanciais no uso de energia em edifícios no conforto do ocupante que pode ser sustentado ao longo de todo o ciclo de vida do edifício (D'OCA *et al.*, 2018).

Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência energética de um edifício público de ensino, localizado na cidade de Maceió, estado de Alagoas, aplicando os procedimentos de avaliação descritos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE-Edifica) através do manual de Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) para avaliação do consumo de energia com base na avaliação dos sistemas de envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar, bem como avaliar o impacto ambiental referente a essa eficiência energética através das pegadas ambientais.

Estas análises são essenciais para propor a adoção de medidas adequadas de intervenção na edificação, de forma a garantir melhor desempenho energético. Além disso o conhecimento do desempenho energético da edificação, através da aplicação do RTQ-C, e do impacto ambiental gerado, através das pegadas ambientais, são importantes instrumentos norteadores para ações e estratégias que possam minimizar o impacto causado pela edificação à sociedade e ao meio ambiente.

Diante do exposto, este trabalho tem forte interesse científico, na aplicação do regulamento PROCEL RTQ-C e as pegadas ambientais como instrumentos norteadores de ações e estratégias para a eficiência energética; e relevância social, ambiental e regional, fornecendo, ainda, estratégias para a conscientização e educação ambiental.

O objetivo principal deste projeto foi avaliar a eficiência energética de um edifício público, aplicando os procedimentos através do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e os impactos ambientais do consumo energético deste Edifício. Sendo os objetivos específicos: Determinar os níveis de eficiência energética para os sistemas da envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar do prédio; Obter uma estimativa da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) geral para a edificação; Determinar o impacto ambiental deste prédio, através das pegadas ambientais referente ao consumo de energia do prédio; e Propor soluções que melhorem a eficiência energética da Edificação, o diminua o consumo de energia elétrica e os impactos ambientais deste consumo de energia elétrica.

MATERIAL E MÉTODO

TIPO DE ESTUDO

Esta pesquisa caracteriza-se como quantitativa e será elaborada a partir de um estudo de caso. O trabalho consistiu-se na aplicação do RTQ-C e das pegadas ambientais, com o intuito de contribuir para o avanço do conhecimento sobre a problemática da eficiência energética em prédios públicos e desta forma favorecer o consumo energético mais eficiente e a reflexão sobre o consumo em instituições públicas e sua relação com os impactos no meio ambiente

LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em um prédio Público Federal, no Instituto Federal de Alagoas, campus Maceió, este inaugurado em 1968. O prédio localiza-se na esquina da Rua Mizael Domingues com a Rua Barão de Atalaia, Centro, na cidade de Maceió do estado de Alagoas. Sua estrutura é composta por 3 edificações: Bloco de Ensino, Bloco Administrativo e Bloco de Indústria.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi feita uma revisão bibliográfica sobre os procedimentos do RTQ-C PROCEL para avaliar a Eficiência Energética da Edificação. Conforme Silva et al. (2017), este regulamento define requisitos técnicos e os métodos de classificação em relação a eficiência energética de edifícios públicos, bem como condições para a etiquetagem do nível de eficiência destes edifícios.

Bem como foram pesquisados trabalhos que relacionam o consumo de energia elétrica em edifícios com as pegadas ecológicas e de carbono. Entendendo que esses indicadores servem como sinalizadores limítrofe de cenários mais extremos da capacidade de conservação do capital natural, prezando pelo princípio de precaução (Silva et. al. 2022).

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO EDIFÍCIO DO ESTUDO

Levantamento e cálculo das características físicas do prédio e seu consumo energético baseados no RTQ-C

A coleta de dados foi realizada através do levantamento de informações: projetos elétricos e arquitetônicos, memoriais, visitas e medições in loco. Dentre as características a serem observadas, tem-se: dimensões das edificações, tipos de materiais e cores utilizados em paredes externas, aberturas e coberturas, características e padrão de uso dos equipamentos de iluminação e climatização.

A partir destes dados precisou calcular: Área de coberta, do total da edificação, área útil (AU), dos ambientes climatizados e não climatizados: área condicionada (AC), área não condicionadas (ANC) e Área de Permanência Temporária (APT), de fachada, volume da edificação, área da envoltória. Bem como a Potência de Iluminação artificial de todos os ambientes.

Foi preciso obter as características térmicas da envoltória (coberta e fachada), como: transmitância térmica, absorbância solar e capacidade térmica dos materiais de coberta e parede externa. Para isso utilizou-se o Anexo V na Portaria 50/2013 (INMETRO), como também o catálogo de propriedades térmicas e óticas de vidros comercializados no Brasil (PROCEL) para determinar o fator solar dos materiais transparentes ou translúcidos das aberturas verticais na fachada e coberta.

Determinação do nível de eficiência energética da edificação e obtenção da ENCE geral da Edificação aplicando o RTQ-C PROCEL

Para a avaliação e obtenção da classificação do nível de eficiência energética da edificação foi utilizado o método prescritivo previsto no Regulamento RTQ-C.

A classificação geral da edificação foi definida após a classificação das etiquetas dos três sistemas individuais: Envoltória, Iluminação e condicionamento de ar, conjuntamente com as bonificações de outros elementos da edificação que influenciam indiretamente na eficiência energética da edificação.

Determinação do Impacto Ambiental deste prédio, através das pegadas ambientais referente ao consumo de energia do Prédio.

Neste projeto foi utilizado para verificar o impacto ambiental do prédio as pegadas ambientais: pegada de carbono, bem como a pegada ecológica. Como

citado por Aleixo (2021) as pegadas ecológicas são ferramentas de fácil compreensão, que avaliam os fluxos de materiais e energia que entram e saem de um processo, edificação ou de uma sociedade e esses fluxos são convertidos em emissão de dióxido de carbono (CO₂), Pegada de Carbono, ou mesmo em área de meio ambiente natural, Pegada Ecológica.

Para os indicadores ambientais foram utilizados para quantificar a quantidade de CO₂/kWh, dados do relatório da CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, bem como para a taxa de absorção de CO₂, dados citados em Silva (2015).

Análise dos Dados:

Neste Projeto foi utilizado para a análise dos dados, as seguintes ferramentas:

Para a definição da Classificação do nível de eficiência do RTQ-C será utilizado a ferramenta webprescritivo do LABEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina, um serviço web gratuito de avaliação da ENCE de fácil utilização e disponível em: (<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>).

Para a definição da energia elétrica reduzida com as soluções propostas, sua viabilidade técnica/econômica e os indicadores de sustentabilidade ambiental: pegada de carbono e pegada ecológica, foram utilizadas planilhas do Microsoft Excel específicas para cada caso;

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levantamento das características físicas do prédio baseados no RTQ-C

A coleta de dados foi realizada através do levantamento de informações nos projetos arquitetônicos, projetos elétricos da Edificação e principalmente visitas in loco, visto que é uma edificação antiga e que os seus projetos não estão atualizados. O Campus foi subdividido em Edificações descritas abaixo:

- Divisão do Campus Maceió em algumas Edificações:
 1. Bloco de Ensino;
 2. Bloco de Indústria.
 3. Bloco de Apoio ao Ensino
 4. Bloco Administrativo;

Segue abaixo os principais itens que foram levantados de cada Prédio e os valores das características técnicas utilizadas:

- Envoltória:
 - Materiais de cobertura e paredes
 - a. Cobertura: Laje pré-moldada com lajota e telha de fibrocimento; Transmitância Térmica: $U_{COB} = 1,79 \text{ W/m}^2\text{K}$ (INMETRO, 2013). Absortância Solar da Cobertura: $\alpha_{COB} = 46\%$ (Dorneles, 2021).
 - b. Paredes: Bloco cerâmico de 9,0 x 14,0 x 24,0 cm, com argamassa e pintura dos lados externo na cor Marfim fosco; Transmitância Térmica: $U_{PAR} = 2,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ (INMETRO, 2013). Capacidade Térmica das Paredes $C_{PAR} = 150 \text{ kJ/(m}^2\text{K)}$ (INMETRO, 2013). Absortância Solar da Cobertura: $\alpha_{PAR} = 33,6\%$ (INMETRO, 2013).
 - Dados dimensionais das Edificações: Área total construída, Projeção da área de cobertura, volume total, área da envoltória.

BLOCOS	Dimensões							
	Área Cob. (m ²)	Área Total (m ²)	AC(m ²)	ANC(m ²)	APT(m ²)	AU(m ²)	Envelope (m ²)	Volume (m ³)
IFALCOMPLETO	8506,51	13461,03	6664,66	1853,05	4180,13	12697,84	16010,87	57175,04

Tabela 1. Áreas calculadas da Edificação – FONTE: Autor

- Características das aberturas na fachada e na cobertura da Edificação;

BLOCOS	Área nas Fachadas (m ²)					
	Área de Fachada	Abertura na Fachada	% _{PAFT} (Percentual de Abertura)	Área de Fachadas Oeste	Abertura nas Fachadas Oeste	% _{PAFO} (Percentual de Abertura) Oeste
IFAL COMPLETO	8276,99	916,04	11,07%	2838,58	449,74	15,84%

Tabela 2. Áreas calculadas dos Blocos – FONTE: Autor

- Climatização:
 - Área climatizada e área não climatizada;
 - Número de condicionadores de ar de cada ambiente, sendo levantados as seguintes características: tipo de condicionadores, potência de refrigeração em btu/h, potência elétrica em W e nível de eficiência de refrigeração W/W;
- Iluminação:
 - Levantamento geral de características das instalações elétricas e civil para iluminação: divisão de circuitos, contribuição da iluminação natural, desligamento automático;
 - Levantamento de ambientes subdividindo por tipo de atividade realizada nestes: potência de iluminação em W, área do ambiente em m²;

No caso de Iluminação foi feita uma divisão das áreas da Edificação em 3 atividades:

- Escola: Todas as áreas que normalmente têm em uma Escola: Salas de aula, coordenadorias, sala de professores, laboratórios, auditório, circulação, biblioteca, circulação, refeitório, entre outros,
- Escritório: Todas as áreas somente administrativas, basicamente todo o Bloco Administrativo, com exceção do auditório; e
- Oficina: Laboratórios no Bloco de Indústria na área de mecânica e Eletrotécnica que são semelhantes a oficinas.

Segue a quantidade das luminárias totais do IFAL por atividades que foi utilizada no software:

Atividades	Luminária				Potência Total (W)
	LUM1X32	LUM2X32	LUM4X32	LUM2X14	
Escola	124	782	32	54	65504
Escritório	20	85	0	11	7046
Oficina	0	162	0	0	11340
Total	144	1029	32	65	83890

Tabela 3. Potência de Iluminação por Atividade – Fonte: Autor

Levantamento do consumo de Energia Elétrica do Campus

Com relação ao consumo de energia elétrica do Campus, foi feito um levantamento do consumo de energia elétrica global deste, utilizando as contas de energia elétrica do próprio. Segue abaixo o gráfico de 1 ano de Consumo de Energia Elétrica do IFAL.

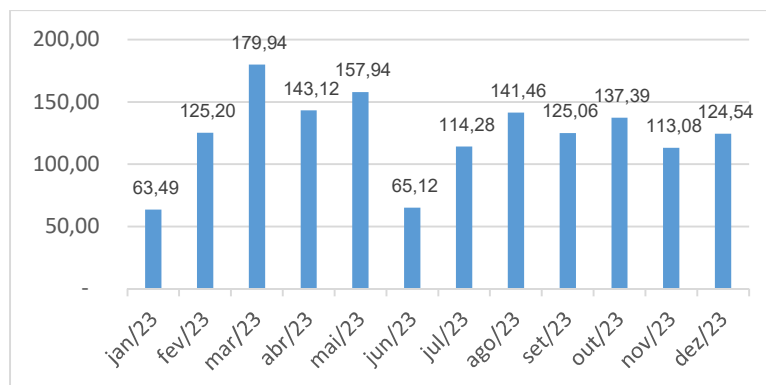


Gráfico 1. Consumo de Energia Elétrica Mensal ano 2023 – Fonte: Autor

De acordo com o Gráfico 1 temos um consumo mensal normalmente acima dos 110 MWh mês, com exceção dos meses de férias, janeiro e julho. Em 2023 foi consumido 1490,62 MWh de Energia Elétrica.

Para fazer uma análise por blocos foram realizadas leituras de 1 semana de consumo elétrico nos Multi-medidores dos Painéis de Distribuição de Energia Elétrica dos 4 Blocos. Obtendo as seguintes informações:

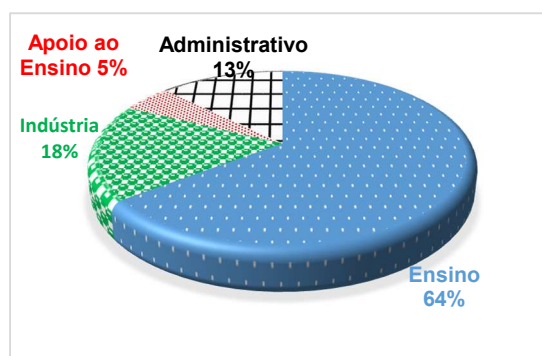


Gráfico 2. Consumo de Energia Elétrica por Bloco do IFAL – Fonte: Autor

Como visto no Gráfico 2, o Bloco de Ensino é o Bloco de maior consumo de Energia elétrica, mais de 60%. A partir desta conclusão, foi realizada outra medição, agora utilizando 3 analisadores de energia somente no painel do bloco de ensino. Medindo o consumo separadamente das 3 principais utilizações de

energia elétrica: Iluminação, Climatização e equipamento ligados a tomadas, chegando ao seguinte resultado:

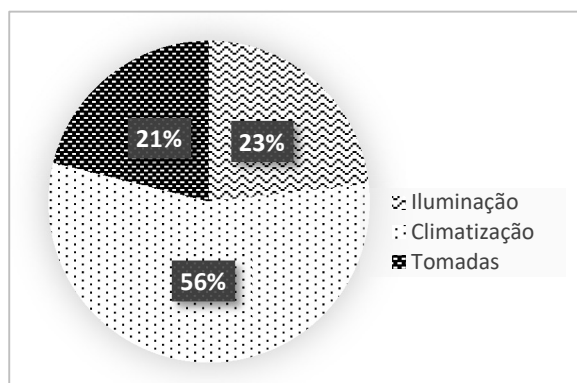


Gráfico 3. Consumo por Utilização no Bloco de Ensino – Fonte: Autor

A nossa pesquisa ratifica a maioria dos estudos pesquisados que colocam a climatização de ambientes como o principal consumo de energia elétrica em prédios públicos, como citado por Lyu et. al (2021).

Determinação do nível de eficiência energética da edificação e obtenção da ENCE geral da Edificação aplicando o RTQ-C PROCEL

Com todos os dados levantados e calculados foi preenchido o software webprescritivo e obteve as seguintes respostas.

Envoltória: **Nível C**

Iluminação: **Nível B**

Condicionamento de Ar: **Nível C**

ENCE Geral: Nível B, pontuação final 3,63.

Etiqueta Geral

APT: 4180.12 m²

ANC: 1853.0600000 m²

EqNumV: 1

b: 0

Calcular Eficiência Limpar

Pontuação: 3.63

B

Figura 1. Resultado Geral da ENCE conforme o RTQ-C Fonte: Webprescritivo

Determinação do Impacto Ambiental deste prédio, através das pegadas ambientais referente ao consumo de energia do Prédio.

A partir do levantamento do consumo energético da Edificação e também a percentagem por utilização de energia do maior prédio, Bloco de Ensino, podendo extrapolar essa para a Edificação por completo. Calculou-se o impacto ambiental do consumo de energia elétrica desta edificação e por utilização, através das Pegadas de carbono e da pegada ecológica, tendo os resultados abaixo:

- Pegada de Carbono: Para o cálculo desta foi utilizado o valor de 55,1 kg CO₂ eq/MWh que é para emissão de carbono na geração elétrica brasileira (EPE 2024). Então para o prédio em questão, temos os seguintes resultados:

Utilização	Consumo de Energia Elétrica Anual (MWh)	Emissão de CO ₂ Anual (tonCO ₂ eq)
Iluminação	345,82	19,05
Climatização	830,28	45,75
Tomadas	314,52	17,33
Total	1.490,62	82,13

Tabela 4. Emissão de Carbono pelo Consumo de Energia Elétrica Anual

- Pegada Ecológica (PE) : Para o cálculo da PE, utilizamos a cana-de-açúcar como parâmetro, empregando a taxa de absorção média de carbono de 7130 kgCO₂/ha/ano, Silva (2015), teremos.

Utilização	Consumo de Energia Elétrica Anual (MWh)	Emissão de CO ₂ Anual (tonCO ₂ eq)	Área de Plantio de cana-de-açúcar (ha)
Iluminação	345,82	19,05	2,67
Climatização	830,28	45,75	6,42
Tomadas	314,52	17,33	2,43
Total	1.490,62	82,13	11,52

Tabela 5. Plantio de cana-de-açúcar Equivalente ao consumo de Energia Elétrica do IFAL

Se utilizar a área da edificação como parâmetro, como a área de construção total do IFAL é de 13461,03 m², teríamos uma PC deste prédio de **6,10 kgCO₂/m²** e uma PE de **0,0008 ha de cana-de-açúcar/m²**.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados deste estudo concluímos que na envoltória o nível foi limitado pela transmitância térmica da cobertura, a instalação de módulos fotovoltaicos, além de outros ganhos, diminui em até 10% essa transmitância na cobertura. Na Iluminação a densidade das 3 atividades definidas, estão dentro do limite de classificação nível A, porém como não tem nenhuma forma de desligamento automático da iluminação quando não tem pessoas utilizando ambiente, este requisito diminui para nível B, então uma automação para desligar a iluminação, aumentaria muito a eficiência desse sistema. Por fim no condicionamento de ar os equipamentos dos prédios são na maioria nível de eficiência C, por isso o sistema teve uma classificação tão baixa, uma melhor especificação de compras de condicionadores de ar, pode mudar essa situação, colocando como prioridade equipamentos de eficiência nível A. Em comparação com outros prédios públicos de Ensino de mesma proporção, quase não existe variação, sendo as Pegadas de Carbono e Ecológica desses muito alta comparada os outros prédios comerciais e de serviço privados no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALDHSAN, S. R. S.; MAULUD, K. N. A.; Wan Shafrina Wan Mohd JAAFAR, W. S. W. M.; KARIM, O. A.; PRADHAN, B.. **Energy Consumption and Spatial Assessment of Renewable Energy Penetration and Building Energy Efficiency in Malaysia: A Review**. Sustainability 2021.
- ALEIXO, D. O.. **Índice de pegadas ambientais integradas (IPAI): Modelo e Validação**. 1ª Edição – Jundiaí [SP]: Paco, 2021.
- D'OCA, S.; HONG, T.; LANGEVIN, J.. The human dimensions of energy use in buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.81, 2018.
- DORNELES, K. A.. **Biblioteca de absorvância de telhas**: base de dados para análise de desempenho termoenergético de edifícios. São Carlos: IAU/USP, 2021.
- DROUTSA, G. K.; KONTOYIANNIDIS, S.; BALARAS, C. A.; LYKLOUDIS, S.; DASCALAKI, E. G.; ARGIRIOU, A. A.. Unveiling the existing condition and energy use in Hellenic school buildings, **Energy and Buildings**, V. 247, setembro 2021.
- GUO, C.; BIAN, C.; LIU, Q.; YOU, Y.; LI, S.; WANG, L.. A new method of evaluating energy efficiency of public buildings in China. **Journal of Building Engineering**, v. 46, 2022.
- INMETRO. ANEXO GERAL V – **CATÁLOGO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DE PAREDES, COBERTURAS E VIDROS**, PORTARIA INMETRO 50/2013.
- INMETRO.., 2023, **Planilha de Índices de Eficiência de Condicionadores de Ar do Programa Brasileiro de Etiquetagem**, Versão 2, Dezembro, 2023.
- LIU, Y.; WANG, X.; ZHOU, S.; CHEN, H.. Enhancing public building energy efficiency using the response surface method: An optimal design approach. **Environmental Impact Assessment Review**, v.87, 2021.
- NITA, A.; SUNITIYOSO, Y; TIARA, A. R.; KIM, A. A., Exploring decision making factors in public buildings' energy efficiency projects. **Energy and Buildings**, V. 298, novembro 2023.
- PROCEL EDIFICA, ELETROBRAS, INMETRO, CB3E. Manual para Aplicação do RTQ-C, versão 4.1, abril, 2017.
- SILVA, B; HALMEMAN, M. C. R.; RODRIGUES, C. A.; CREMASCO, C. P.; FILHO, L. R. A. G. Análise de Eficiência Energética de um Prédio Público de acordo com o Manual RTQ-C / PROCEL EDIFICA. **Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade**, Florianópolis, V.1, Nº 7, p. 4-27, nov-dez 2021.
- SILVA, G. J. P. **Modelagem para avaliação da Pegada Ecológica em Instituições de Ensino**. 2015. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2015.

SILVA, L. S.; MARTINAZZO, A. P.; FREITAS, W. K.; COSTA, K, A; AVILA, N. V. V. de. Avaliação da Pegada Ecológica de uma Instituição de Ensino Superior. **Revista Científica Multidisciplinar**, V.3, Nº 5, 2022.

VAZ, L. S.; OLIVEIRA, R. D.; VIEIRA, J. C.; **Potencial de atendimento de edifício escolar público a requisitos das certificações do PBE Edifica e do LEED sem grandes intervenções**. ENSUS 2022 – X Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UNIFESSPA, Marabá, junho 2022.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

RELACIONE OS PRINCIPAIS FATORES POSITIVOS E AS DIFICULDADES ENCONTRADAS PARA A REALIZAÇÃO DAS ETAPAS PLANEJADAS NO CRONOGRAMA
--

Descrição das Atividades

1. Revisão Bibliográfica;
2. Levantamento de campo;
3. Apuração do Consumo Energético do Prédio;
4. Cálculos de Eficiência Energética da Edificação;
5. Entrega e apresentação do Relatório Parcial;
6. Determinação do Impacto Ambiental;
7. Produção de Artigos;
8. Análise dos Resultados e Conclusões;
9. Publicação e Apresentação de Trabalhos;
10. Entrega do Relatório Final.

Cronograma de Atividades
Período: agosto de 2023 a fevereiro de 2024

ATIVIDADES	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
1	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
2	OOO	OOO	XXX	OOO	XXX	OOO	XXX	XXX				
3		OOO	OOO	OOO	XXX	XXX	XXX	XXX				
4					OOO	OOO	XXX	XXX	XXX			
5						OOO	XXX					
6					OOO	OOO	XXX	XXX	XXX			
7				XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
8						XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	
9				XXX	XXX						XXX	XXX
10												XXX

Legenda:

[O] PLANEJADO

[X] EXECUTADO

RELACIONE OS PRINCIPAIS FATORES POSITIVOS E AS DIFICULDADES ENCONTRADAS PARA A REALIZAÇÃO DAS ETAPAS PLANEJADAS NO CRONOGRAMA

A pesquisa tem contribuído com o aprendizado científico e melhoria do currículo dos alunos possibilitando os mesmo a participarem de eventos científicos com publicações de resumos nos anais do evento Congresso de Estudos sobre o Meio Ambiente- CEMEIA.



APLICAÇÃO DO REGULAMENTO PROCEL RTQ-C E DAS PEGADAS AMBIENTAIS COMO AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

Jean Jacques Bittencourt da ROCHA¹, Mayara Andrade SOUZA¹, Allani Christine Monteiro Alves da ROCHA¹, Carlos Alberto da SILVA¹, José Gabriel da Silva LIMA¹, Pedro Henrique Rocha ALENCAR⁴
 1. Mestrando do PPGASA-CESMAC; 2. Professora/Orientadora do PPGASA-CESMAC; 3. Professora-CESMAC;
 4. Mestrando do PPGASA-CESMAC; 5. Graduando de Engenharia Civil-CESMAC; 6. Graduando de Engenharia Civil, CESMAC



Introdução

O consumo de energia é uma das principais razões para os problemas ambientais que ameaçam a vida na Terra. Estudos mostram total relação entre o consumo de energia e crescimento econômico. Consumir menos energia, sem afetar o desenvolvimento tornou-se uma questão crucial no mundo.

Com isso, a eficiência energética se coloca como a solução para desenvolvimento sustentável do Planeta;

No Brasil existe o Selo Procel Edificações e o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), com função justamente de incentivar a eficiência energética em Prédios Públicos;

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2022, os Prédios Públicos no Brasil consumiram 15.145 GWh, emitindo 934 mil tonCO₂-eq;

Diante disto, a nossa pesquisa visa a aplicação do regulamento Procel RTQ-C e as pegadas ambientais como instrumentos norteadores para ações e estratégias de eficiência energética e sustentabilidade ambiental.

Objetivos

Avaliar a eficiência energética de um edifício público, aplicando os procedimentos através do PROCEL RTQ-C e os impactos ambientais do consumo energético deste Edifício através da Pegadas Ambientais.

Metodologia

É uma pesquisa quantitativa a partir de um estudo de caso no IFAL – Campus Maceió, onde estamos dimensionando o Nível de Eficiência Energética da Edificação e quantificando o impacto ambiental do consumo de energia elétrica nesta edificação.

Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos

Procedimentos



Resultados e Discussão

Os estudos recentes, o levantamento de dados e os início dos Cálculos da nossa pesquisa demonstram os seguintes Resultados:

- O consumo de energia elétrica de uma edificação pública de ensino é bem grande, sendo o desperdício de energia uma característica via de regra encontrada neste tipo de edificação;
- O nível de eficiência energética calculado pelo RTQ-C baixo, principalmente no item de climatização e envoltória. Normalmente, no máximo Nível C;
- Os impactos ambientais relativos ao consumo de energia elétrica são altos, com pegadas ambientais grandes comparadas a edificações comerciais ou de serviço de mesmo porte.

Porém, foi constatado que temos um grande potencial de evolução desta eficiência, estudos citam uma perspectiva de 20 a 25% de economia de energia. Seriam principalmente em 2 vertentes:

1. Substituição de Equipamentos;

2. Automação Predial.



Conclusão

A pesquisa comprova que a aplicação RTQ-C e as pegadas ambientais em uma edificação pública de ensino são excelentes indicadores de gestão, bem como de avaliação ambiental desta edificação. Da mesma forma comprova que o tema sustentabilidade ambiental e eficiência energética estão totalmente relacionados e que a melhoria da eficiência energética da edificação trará um benefício ambiental para o planeta, de forma a contribuir para o desenvolvimento sustentável global a partir da escala local.

Referências

- EPE; Balanço Energético Nacional – BEN, Ano Base 2022, 2023.
 INMETRO; Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C, 2013.
 Raghutia, C; Padmagiriban, P; Sekhivel, P; Chittedi, K. R.; Mishra, S.; The effect of renewable energy consumption on ecological footprint in 9-11 countries: Evidence from Panel Quantile Regression Approach, Renewable Energy 197, ELSEVIER(2022) 125-137.
 Ullah, A; Ahmad, M; Raza, S. A.; Ali, S.; A threshold approach to sustainable development: Nonlinear relationship between renewable energy consumption, natural resource rent, and ecological footprint - Journal of Environmental Management 295, ELSEVIER (2021).

Apoio





APLICAÇÃO DO REGULAMENTO PROCEL RTQ-C E DAS PEGADAS AMBIENTAIS COMO AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

Jean Jacques Bittencourt da Rocha
Mestrando do PPGASA do Centro Universitário Cesmac
Carlos Alberto da Silva
Mestrando do PPGASA do Centro Universitário CESMAC
José Gabriel da Silva Lima
Graduando de Engenharia Civil do Centro Universitário CESMAC
Pedro Henrique Rocha Alencar
Graduando de Engenharia Civil do Centro Universitário CESMAC
Allani Christine Monteiro Alves da Rocha
Docente do Centro Universitário CESMAC
Mayara Andrade Souza
Docente do Centro Universitário CESMAC

jeirocha@gmail.com

RESUMO

Introdução: O comportamento humano insustentável é considerado a principal causa do crescimento dos impactos ambientais no planeta. Sendo o consumo de energia uma das grandes razões deste. Sendo assim, a eficiência energética é primordial para o desenvolvimento sustentável. Pesquisas mostram uma correlação entre o consumo energético de edificações e os indicadores de sustentabilidade ambiental destas. **Objetivos:** Avaliar a eficiência energética de um edifício público de ensino, usando o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), como identificar o impacto referente ao consumo de energia através das pegadas ambientais. **Metodologia:** Refere-se a uma pesquisa quantitativa, onde será dimensionado o nível de eficiência energética do IFAL – Campus Maceió, aplicando os procedimentos do RTQ-C, para isso utiliza-se a ferramenta Webprescritivo, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. Também será quantificado o impacto ambiental do consumo de energia elétrica nesta edificação, mediante as pegadas de carbono e pegada ecológica, verificando ainda a correlação entre indicadores. **Resultados:** Resultados apontam que o consumo de energia elétrica de uma edificação pública de ensino é bem grande, sendo o desperdício de energia uma característica via de regra encontrada neste tipo de edificação, tendo o nível de eficiência energética calculado pelo RTQ-C baixo, principalmente no item de climatização e envoltória. Verifica-se também que os impactos ambientais relativos ao consumo de energia são altos, com pegadas ambientais relativamente grandes comparadas a edificações comerciais ou de serviço de mesmo porte, ratificando os estudos e pesquisas que correlacionam estes indicadores. Porém, foi constatado que temos um grande potencial de evolução desta eficiência, mediante a proposta de soluções de pequenas intervenções na edificação e no perfil de utilização de energia elétrica, aumentando o desempenho energético desta, por consequência a melhora nos indicadores de sustentabilidade ambiental da própria. **Conclusão:** A pesquisa comprova que a aplicação RTQ-C e as pegadas ambientais em uma edificação pública de ensino são excelentes indicadores de gestão, bem como de avaliação ambiental desta edificação.

Palavras-chave: Eficiência. Energia. Ambiental. Edificação.





CERTIFICADO



Certificamos que **Jean Jacques Bittencourt da Rocha, Mayara Andrade Souza, Allani Christine Monteiro Alves da Rocha, Carlos Alberto da Silva, José Gabriel da Silva Lima e Pedro Henrique Rocha Alencar** apresentaram o trabalho: **Aplicação do regulamento PROCEL RTQ-C e das Pegadas Ambientais como avaliação ambiental de uma edificação pública de ensino**, durante **VI Congresso de Estudos Sobre o Meio Ambiente** realizado pelo Programa de Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais PPGASA do Centro Universitário Cesmac no período de 5 a 7 de dezembro de 2023.

Maceió, 7 de dezembro de 2023.

Prof. Dr. Selenobaldo A. C. de Sant'Anna
Presidente VI CEMEIA

Prof. Dr. Jesse Marques da Silva Júnior Pavão
Coordenador do PPGASA



APÊNDICE B – PROJETO E RESULTADOS DA CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL



CENTRO UNIVERSITÁRIO CESMAC
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE DE SISTEMAS
AMBIENTAIS - PPGASA



Projeto de Curso de Formação Profissional

PROJETO E RESULTADOS

CONSUMO ENERGÉTICO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DE UMA EDIFICAÇÃO

Carga horária total – 40h.

Oferta: Segundas e sextas-feiras, 09:00 as 11:00 hs, 7 de agosto a 23 de outubro de 2023.

Público-alvo: Alunos Formandos do Curso Técnico Industrial em Eletrotécnica do IFAL, campus Maceió.

Natureza: Oferta em alternância: oferta intermitente, podendo estar integrada às Instituições envolvidas com o processo da pesquisa.

Coordenador do curso: Mestrando do PPGASA e professor do IFAL: Jean Jacques Bittencourt da Rocha

Professores do curso:

- Prof. Jean Jacques Bittencourt da Rocha, Prof. Carlos Alberto da Silva,
Mestrandos do PPGASA e Docentes do IFAL:
- Profa. Msc. Rita de Cássia Costa, Docente do IFAL.
- Profa. Dra. Mayara Andrade Souza, Prof. Dr. Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant'Anna, Docentes do PPGASA.

SUMÁRIO

1. DETALHAMENTO DO CURSO	87
2. OBJETIVOS DO CURSO	89
3. CONTEXTUALIZAÇÃO E CRITICIDADE DOS CONHECIMENTOS	90
4. CONTEÚDO TEÓRICO-PRÁTICO	92
4.1 Módulo 1: Eficiência Energética no Brasil	92
4.2 Módulo 2: Sustentabilidade Ambiental e Consumo de Energia Elétrica 	92
4.3 Módulo 3: Diagnóstico Energético em Edificações	92
4.4 Módulo 4: Soluções de Eficiência Energética em Edificações	93
4.5 Módulo 5: Estudo de Caso de Indicadores Ambientais e Eficiência Energética no IFAL	93
5. METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO E SOCIALIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS	94
6. PROCESSO DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO APRENDIZADO	95
6.1 Módulo 1	95
6.2 Módulo 2	95
6.3 Módulo 3	95
6.4 Módulo 4	96
6.5 Módulo 5	96
7. CERTIFICAÇÃO DO CURSO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL	97
8. PERFIL DO EGRESSO	98
9. RESULTADOS OBTIDOS	99

1. DETALHAMENTO DO CURSO

O Programa de Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais (PPGASA) do Centro Universitário CESMAC, tem provido com o corpo discente, docentes e colaboradores, em Parceria com o Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Alagoas - IFAL, campus Maceió, a formação de curso de aperfeiçoamento profissional. O curso **Consumo Energético e Sustentabilidade Ambiental de uma Edificação** pertence ao PPGASA e pertence a linha de atuação do programa **ANÁLISE ECOSOCIOAMBIENTAL** que investiga os processos de economia, sociedade e ambiente ligados as ciências ambientais e, determinantes da degradação associada com a perda da qualidade ambiental e de vida. O que demonstra o compromisso do PPGASA com a sociedade.

O curso Consumo Energético e Sustentabilidade Ambiental de uma Edificação faz parte do projeto de Mestrado do Discente Jean Jacques Bittencourt da Rocha, Intitulado em Aplicação do Regulamento Procel RTQ-C e das Pegadas Ambientais como Instrumento Norteador para Ações de Eficiência Energética e Conscientização Ambiental em Uma Edificação Pública De Ensino.

Esse curso também faz parte do Projeto de Ensino cadastrado na Pró-reitoria de Ensino do Instituto Federal de Alagoas, intitulado em: Estudo de Caso de Eficiência Energética e Indicadores de Sustentabilidade Ambiental de uma Edificação, no qual o Coordenador deste curso é o Coordenador do Projeto e todos os docentes participantes deste são colaboradores no Projeto. Como também temos 2 alunos do IFAL como colaboradores do Projeto de Ensino, são eles: Samuel Almeida Mendonça da Silva (Bolsista), Felipe Eduardo da Silva Souza (voluntário).

A oferta do curso é gratuita, sua realização é do tipo presencial, tem como público-alvo os alunos formandos do Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Eletrotécnica do IFAL Campus Maceió e conta na equipe, discentes e docentes do corpo docente do PPGASA e docentes do IFAL.

A estrutura curricular que correspondente à visão geral da organização dos componentes curriculares apresenta-se dividida em cinco módulos:

- a. Módulo 1 – Eficiência Energética no Brasil; Carga horária – 4h.

- b. Módulo 2 – Sustentabilidade Ambiental e Consumo de Energia Elétrica; Carga horária – 8h.
- c. Módulo 3 – Diagnóstico Energético em Edificações; Carga horária – 8h.
- d. Módulo 4 – Soluções de Eficiência Energética em Edificações; Carga horária – 4h.
- e. Módulo 5 – Estudo de Caso de Indicadores Ambientais e Eficiência Energética no IFAL; Carga horária – 16h.

2. OBJETIVOS DO CURSO

O curso Consumo Energético e Sustentabilidade Ambiental de uma Edificação teve como objetivos: Promover a capacitação de futuros técnicos em Eletrotécnica; demonstrar novas perspectivas para a Eficiência Energética, apresentar a relação da sustentabilidade ambiental com o consumo de energia elétrica, estimular a pesquisa científica no curso técnico, despertar no futuro profissional uma visão de sustentabilidade ambiental para construção de cidadãos críticos e conscientes.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO E CRITICIDADE DOS CONHECIMENTOS

Com as mudanças na legislação brasileira no início do século XXI, a Política Nacional de Educação Ambiental, virou uma obrigatoriedade e trouxe grande esperança, especialmente para os educadores, ambientalistas e professores. Nest cita que devemos promover educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

As questões que englobam o meio ambiente e a educação ambiental é um dilema vivido nas instituições de ensino devido a complexidade das questões ambientais. Na educação Técnica Integrada ao Ensino Médio se faz importante a sensibilização com a percepção, interação, cuidado e respeito para com a natureza, mostrando a relação da área técnica com o meio ambiente, desenvolvimento do raciocínio crítico e interpretativo das demandas técnicas contrastando com as questões socioambientais, bem como a cidadania ambiental.

Nesta perspectiva, trabalhar a educação ambiental de forma inter e multidisciplinar na aulas, ou como projetos específicos e individualizados, é um desafio enfrentado atualmente pelas instituições de ensino de formação técnica, visto que se constitui em uma nova forma de pensar a educação técnica, integrando formação, conhecimento profissional e desenvolvimento social do Técnico.

O consumo de energia é uma das principais razões para os problemas ambientais que ameaçam a vida na Terra. Estudos mostram total relação entre o consumo de energia e crescimento econômico. Consumir menos energia, sem afetar o desenvolvimento tornou-se uma questão crucial no mundo. Sendo assim a eficiência energética é primordial como um processo para o desenvolvimento sustentável. Pesquisas mostram uma correlação entre o consumo energético de edificações, sua eficiência e a redução de indicadores de sustentabilidade ambiental destas.

Nesse contexto, a integração entre ensino e pesquisa, tem-se configurado como uma proposta de prática educativa inovadora, capaz de desenvolver atitudes fundamentais para o cidadão que a sociedade contemporânea necessita. Assim como a implementação das metodologias ativas como forma de aprendizagem.

Ciente desta necessidade os discentes e docentes do Programa de Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais (PPGASA) do Centro Universitário, e Docentes do Instituto

Federal de Alagoas, elaborou e ofertou o Curso de Aperfeiçoamento Profissional Consumo Energético e Sustentabilidade Ambiental de uma Edificação, sendo este um dos compromissos sociais que o PPGASA assume junto às Instituições de Ensino Técnico do estado de Alagoas.

4. CONTEÚDO TEÓRICO-PRÁTICO

4.1. Módulo 1: Eficiência Energética no Brasil

Carga horária: 4 horas

Palestrantes: Rita de Cássia e Jean Rocha

1. Políticas de Eficiência Energética no Brasil, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL;
2. Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações PROCEL-EDIFICA;
3. Benefícios da Eficiência Energética;
4. Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Casos de Eficiência Energética no Brasil.

4.2. Módulo 2: Sustentabilidade Ambiental e Consumo de Energia Elétrica

Carga horária: 8 horas

Palestrantes: Selenobaldo Cabral, Mayara Andrade e Jean Rocha

1. Sustentabilidade Ambiental
2. Energia Elétrica e Meio Ambiente;
3. Indicadores de Sustentabilidade Ambiental relacionados a Energia Elétrica;
4. Pegadas Ambientais e o Consumo de Energia Elétrica;
5. Pesquisas Bibliográficas de Sustentabilidade Ambiental e Energia Elétrica;

4.3. Módulo 3: Diagnóstico Energético em Edificações

Carga horária: 8 horas

Palestrantes: Carlos Alberto e Jean Rocha

1. Levantamento de Informações em Projetos Arquitetônicos e Elétrico da Edificação;
2. Levantamento físico das Edificações: Iluminação, Climatização e Envoltória;
3. Medição de Grandezas Elétricas: Utilização do Analisador de Energia Elétrica;

4. Leitura de grandezas elétricas dos equipamentos de Medição das Instalações;
5. Análise da Fatura de Energia Elétrica da Edificação;
6. Pesquisas Bibliográficas sobre Diagnóstico Energético;

4.4. Módulo 4: Soluções de Eficiência Energética em Edificações

Carga horária: 4 horas

Palestrantes: Rita de Cássia e Jean Rocha

1. Iluminação;
2. Climatização;
3. Automação Predial;
4. Pesquisas Bibliográficas sobre Soluções de Eficiência Energética;

4.5. Módulo 5: Estudo de Caso de Indicadores Ambientais e Eficiência Energética no IFAL

Carga horária: 16 horas

Palestrante: Jean Rocha

1. Diagnóstico Energético dos Prédios;
2. Cálculo dos consumos de energia elétrica de cada utilização: Iluminação, Climatização, Computadores;
3. Cálculo de Indicadores de Sustentabilidade: Pegada de Carbono;
4. Proposta de modificações para melhorar a eficiência energética da edificação e o novo cálculo da eficiência e Indicadores de sustentabilidade;

5. METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO E SOCIALIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

A metodologia adotada foi através um misto de aulas expositivas da introdução dos temas, no início de cada módulo, seguido de metodologias ativas, como a Utilização de Sala Invertida, na qual a partir da entrega antecipada de noções teóricas e de bases e plataformas digitais de pesquisa científica, a turma foi dividida em equipes e eram feitas discussões e atividades com a mediação do Professor. Apresentando como principais atividades realizadas: apresentações expositivas das equipes sobre os temas, debates entre as equipes, rotação por estações de aprendizagem, aprendizagem baseada em projetos, tudo sobre propostas projetos e assuntos específicos dos módulos, com a finalização através da apresentação de um estudo de caso real sobre o assunto.

6. PROCESSO DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO APRENDIZADO

Para o processo de avaliação foram considerados a frequência e um questionário, realizado de forma contínua e ao final de cada módulo. Para compor o conceito final (A + B) o docente deverá ter: A - participação na aula (discussão e participação nas atividades, todas em equipes) correspondendo a 70%; e resolução dos questionários, correspondendo a 30% do conceito final.

A seguir são descritas as etapas do processo formativo de avaliação por módulo:

6.1. Módulo 1

1ª atividade

Fazer uma apresentação expositiva de um Programa de Eficiência Energética do PROCEL no Brasil, seja de produtos ou instalações, com a apresentação de um Estudo de Caso Real, respondendo questionamentos e apontamentos das outras equipes.

6.2. Módulo 2

1ª atividade

Demonstrar e Defender na prática a aplicação de indicadores de sustentabilidade ambiental em um caso real de relação com consumo de energia elétrica e sustentabilidade ambiental, participando de um debate com todos as equipes e Mediação do Professor, bem como fazer um resumo sobre a temática, a partir de pesquisas bibliográficas realizadas.

6.3. Módulo 3

1ª atividade

Fazer e editar uma vídeo aula de 4 a 5 minutos realizando uma parte do diagnóstico energético de uma edificação, mostrando as etapas e resultados deste diagnóstico.

2ª atividade

Realizar preenchimento de um questionário no google forms, disponibilizado pelo link na sala de aula virtual para os docentes ao final do módulo, o qual apresenta tempo de realização previamente estabelecido pelo docente para sua realização. Os discentes responderam questionamentos do tipo:

Como fazer a etapa de Levantamento físico das Edificações?

Quais informações retirar de uma conta de energia de um consumidor?

Por que fazer uma medição com um Analisador de Energia?

Quais informações retirar de Medidor de Energia de Unidade Predial?

O acompanhamento do preenchimento do questionário é realizado pelos docentes do módulo, Carlos Alberto e Jean Rocha.

6.4. Módulo 4

1ª atividade

Apresentar soluções de Eficiência Energética de um Projeto específico, recomendando uma proposta, mostrando o resultado e conclusões, discutir os resultados com os outros alunos, sob a orientação do Docente.

6.5. Módulo 5

1ª atividade

Apresentar um Estudo de Caso de Eficiência Energética de uma edificação específica, mostrando todo o levantamento, cálculo dos consumos de energia elétrica, recomendando uma proposta de eficiência energética com um bom resultado, calcular os indicadores ambientais antes e depois da solução, mostrando a relação da eficiência com a sustentabilidade ambiental da Edificação.

7. CERTIFICAÇÃO DO CURSO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL

A certificação do curso é realizada em função da aprovação nos módulos vindo o discente obter nota $\geq 7,0$ e frequência maior que 75% nas aulas. O certificado foi disponibilizado via e-mail.

8. PERFIL DO EGRESSO

Os Técnicos em Eletrotécnica que estão saindo do IFAL, indo para o mercado de trabalho, devem possuir no seu perfil além de iniciativa, criatividade e adaptabilidade, um forte embasamento conceitual, conhecimentos adequados sobre relações humanas, bem como impactos tecnológicos no meio ambiente num contexto social, político, financeiro e cultural.

Para atender a estas solicitações, novos desafios têm sido impostos às instituições formadoras, exigindo que sejam introduzidos conteúdos que demonstrem essa relação da área técnica com o meio ambiente, expondo o quanto a sua atividade profissional interfere na sustentabilidade ambiental do planeta, demandando estruturas curriculares mais flexíveis, que permitam alterações no conteúdo, sempre que necessárias, e profissionais que possam identificar e se adequar a tais situações.

O curso Consumo Energético e Sustentabilidade Ambiental de uma Edificação é direcionado a aos Alunos formandos do Curso Técnico, na busca de despertar a abordagem da conscientização ambiental das suas ações no mercado de trabalho, para construção de cidadãos críticos e conscientes. Para isso é de fundamental importância profissionais de pensamento crítico e inovador adequado às necessidades da sociedade.

O curso oferece conteúdos teórico-técnico relacionando uma área específica da Eletrotécnica com o meio ambiente, mostrando indicadores de sustentabilidade ambiental que se relacionam com o consumo de energia elétrica em edificações. Neste foram utilizadas estratégias pedagógicas diferenciadas, para também incentivar os estudantes a aprenderem de forma autônoma e participativa, por meio de problemas e situações reais, realizando tarefas que os estimulem a pensar além, a terem iniciativa, a debaterem, tornando-se responsáveis pela construção do seu próprio conhecimento.

9. RESULTADOS OBTIDOS

O curso Consumo Energético e Sustentabilidade Ambiental de uma Edificação ocorreu nos dias 7, 11, 14, 18, 21, 25, 28 de agosto, 01, 04, 11, 15, 18, 22, 25, 29 de setembro, 02, 06, 16, 20, 23 de outubro, de forma presencial, na sala de aula de Comandos Industriais e no Laboratório de Informática 02 do Bloco de Eletrotécnica do IFAL – Campus Maceió, para os alunos formandos do Curso Técnico em Eletrotécnica que estudam tarde e noite, tendo como palestrantes os professores colaboradores Profa. Rita de Cássia Costa (IFAL), Prof. Jean Jacques Bittencourt da Rocha, Prof. Carlos Alberto da Silva (IFAL e Mestrando do PPGASA) e Profa. Mayara Andrade Souza e Prof. Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant’Ana, do programa PPGASA.

O curso em questão obteve um total de 20 inscritos, que era quantidade máxima de vagas, alunos do último ano e módulo do turno vespertino e noturno do Curso Técnico em Eletrotécnica.

No Laboratório de Informática, no primeiro momento fez a apresentação de todos os instrutores, o cronograma das aulas, plano de aula, metodologias e informações sobre o processo de avaliação ao longo do da capacitação, conforme observado na Figura 1.



Figura1: Apresentação da Capacitação, Plano de Aula, Metodologia, Palestrantes.

No módulo 1 sobre a Eficiência Energética no Brasil, as políticas e Programas de Combate ao Desperdício de Energia do PROCEL, ministrado pela Profa. Rita de Cássia, com o objetivo de apresentar os principais Programas de Eficiência Energética no Brasil e

no Mundo, trabalhando a importância desses programas, benefícios e procedimentos. de acordo com a Figura 2.

Na 2ª aula deste módulo os alunos apresentaram alguns Programas de Eficiência Energética do PROCEL no Brasil, tanto de produtos como instalações, foram feitas discussões sobre esses programas com os outros alunos e a mediação do Prof. Jean Rocha.



Figura 02: Apresentação Teórica da Profa. Rita

No módulo 2 foi apresentada uma base sobre sustentabilidade ambiental e a sua relação com Eletrotécnica, bem como trabalhamos com discussões com os alunos, eles se posicionando sobre a temática. Foi destinado uma atividade de revisão bibliográfica deste conteúdo. Em 2 dias desses módulos foram feitas apresentações dos conteúdos sobre sustentabilidade ambiental e sua relação com a Eletrotécnica pelos professores, 1º e 3º dia, sendo deixado uma boa parte das aulas para discussões e depoimento dos alunos sobre o entendimento deles sobre os temas trabalhados. No 4º dia foi apresentado como fazer pesquisas bibliográficas em bases de pesquisas nacionais, definição de palavras chaves dos seus assuntos, bem como apresentado alguns artigos nacionais sobre os temas trabalhados e eles ficaram responsáveis por fazerem um resumo sobre um tema trabalhado. No final deste módulo os alunos participaram de um debate sobre indicadores ambientais e consumo de energia elétrica predial e entregaram um resumo sobre o assunto. A figura 3 abaixo segue capas de dois dos assuntos debatidos.



A Pegada Ecológica do Consumo de Energia Elétrica: Impactos e Soluções

REDUÇÃO DE PEGADAS DE CARBONO ATRAVÉS DO CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA

Figura 3. Temas dos Debate do Módulo 2 com os Alunos.

No módulo 3 foi trabalhado de uma forma um pouco diferente, já entregamos a atividade a ser realizada e tratamos a temática através da metodologia PBL aprendizagem baseada em problemas, e os alunos já foram fazendo as etapas do diagnóstico de partes do Próprio IFAL. A atividade deste módulo foi produzir uma vídeo-aula ensinando a fazer uma etapa do diagnóstico, cada equipe ficou com uma etapa, todo a metodologia foi orientada e supervisionada pelos Docentes Jean Rocha e Carlos Alberto, tirando dúvidas e assistindo quando necessário.



Figura 4. Analisador de Energia Utilizado.

Mais à frente foi iniciado o outro módulo (Módulo 4), neste foi entregue um material teórico sobre os temas sistemas elétricos prediais como: Iluminação, Climatização e automação predial, com ênfase em eficiência energética. Já mesmo na 1ª aula foram divididas os grupos de trabalhos e passados os trabalhos a serem entregues, como já foram apresentadas algumas definições em cada tema: Eficiência luminosa, lâmpadas mais eficientes, Eficiência Energética de Refrigeração (EER) dos aparelhos de Climatização. Os outros 2 dias de aulas foi dividido entre apresentar/discutir com toda a turma sobre os temas

propostos e mediar/escutar as equipes de trabalho do projeto 'de eficiência a ser apresentado na última aula deste módulo, sendo apresentado soluções de eficiência para cada sistema trabalhado: iluminação, climatização e automação, para uma área específica do Próprio IFAL, na figura 5 abaixo segue imagens de algumas apresentações feitas pelos alunos, utilizando Inteligência Artificial para isso:

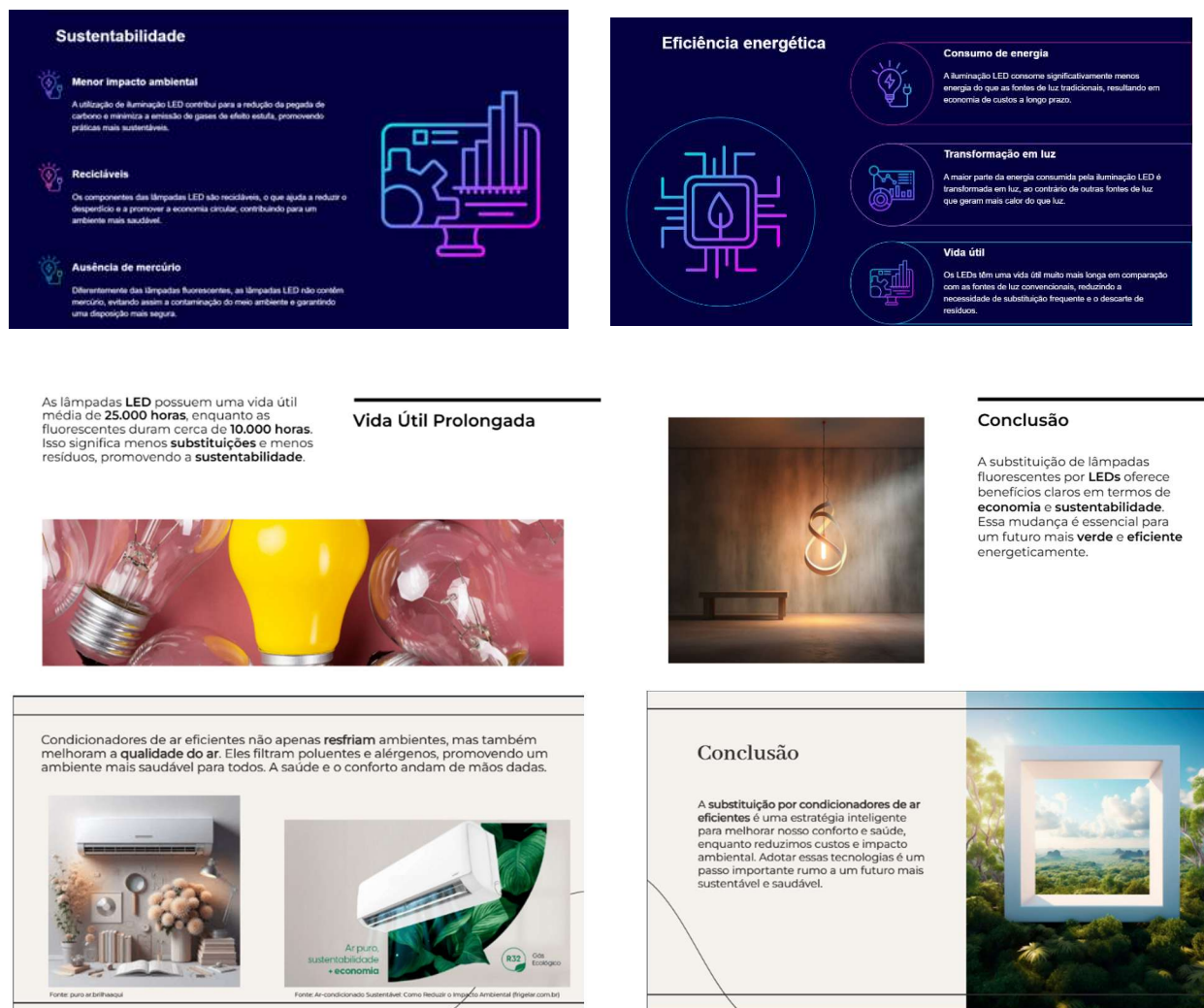


Figura 5. Imagem das Apresentações das Equipes

Para finalizar o curso foi trabalhado o 5º e último módulo de Diagnóstico Energético, esse módulo se deu reunindo os conteúdos dos outros módulos. A atividade deste módulo foi proposta no início do 2º módulo, para dar tempo desses Diagnóstico serem realizados. Neste iniciamos mostrando alguns modelos de diagnóstico e algumas formas de serem feitos os cálculos e as viabilidades a serem analisadas: viabilidade técnica, viabilidade econômica e viabilidade ambiental, tanto maior ênfase a última, por ser a de maior foco da nossa capacitação. Trabalhamos esse módulo dividindo em discussões com as equipes de trabalho dos diagnósticos e apresentação de conteúdos principalmente dos cálculos de retorno financeiro e retorno ambiental das soluções propostas nestes.

Ainda na 3ª aula deste modulo tivemos a apresentação de um ex-aluno do curso de Eletrotécnica, hoje, empreendedor, que trabalha com eficiência energética, onde esse apresentou um diagnóstico energético de uma empresa, bem como mostrou o mercado do eletrotécnico nesta área.

Por fim foram apresentados os diagnósticos energéticos pelos alunos e discutimos a importância deste tema para a sua formação e para o Eletrotécnico.

Concluimos a partir das falas dos alunos e dos resultados apresentados por estes, que a capacitação foi muito importante pois foi muito bem entendida a importância da relação da Eletrotécnica com o tema sustentabilidade ambiental, mostrando o quando o consumo de energia elétrica afeta o meio ambiente e como o eletrotécnico pode influenciar nesta relação com a sustentabilidade ambiental mundial numa escala local.