ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Transformação Sustentável rumo ao Net-zero: Retrofit e operação de uma edificação para uso escolar

Sustainable transformation towards Net-zero: Retrofit and operation of a building for school use

Maria Andrea Triana
DUX Arquitetura e Engenharia Bioclimática | Florianópolis | Brasil | andrea.triana@dux.arq.br
Igor Sartori Schlichting
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | igor1314@live.com
Marina de Barros Mendes
DUX Arquitetura e Engenharia Bioclimática | Florianópolis | Brasil | bmmarina@outlook.com
Olavo Kucker Arantes
DUX Arquitetura e Engenharia Bioclimática | Florianópolis| Brasil | kucker@dux.arq.br

Resumo
O retrofit de edifícios é uma alternativa promissora para reduzir consumo de energia, água e emissões de carbono associadas aos materiais, sendo a tipologia escolar significativa pelo fator de educação para alunos e educadores. O artigo detalha as estratégias utilizadas durante o processo de projeto de retrofit de uma edificação e o reflexo na sua operação na busca por ser uma escola de energia zero na cidade de Florianópolis, SC, Brasil, com foco nas estratégias relacionadas à eficiência energética, desempenho térmico e lumínico. São apresentadas as estratégias incorporadas no processo de projeto relacionadas à envoltória avaliadas com simulações computacionais, as estratégias relacionadas aos sistemas e à incorporação de energia renovável. Os resultados mostram a avaliação das soluções adotadas em projeto e sua eficiência e os resultados durante a operação da edificação por um período de 2 anos anterior à introdução do sistema de energia renovável. A edificação que possibilita uma operação híbrida alcançou um consumo considerado eficiente conforme indicadores nacionais, mostrando na prática um exemplo de sustentabilidade em edificações existentes.

Palavras-chave: Retrofit. Net zero. Escola. Energia. Operação.

Abstract
Building´s retrofit is a promising alternative to reduce energy consumption, water consumption, and carbon emissions associated with materials, and the school typology is significant due to the educational factor for students and educators. The article details the strategies used during

Como citar:
TRIANA et al, A. Transformação Sustentável rumo ao Net-zero: Retrofit e operação de uma edificação para uso escolar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

the retrofit design process of a building and the impact on its operation in the quest to become a zero-energy school in the city of Florianópolis, SC, Brazil, focusing on strategies related to energy efficiency, thermal and lighting performance. The strategies incorporated in the design process related to the envelope evaluated with computer simulations, the strategies related to the systems and the incorporation of renewable energy are presented. The results show the evaluation of the solutions adopted in the design and their efficiency, and the results during the operation of the building for a period of 2 years prior to the introduction of the renewable energy system. The building that allows for hybrid operation achieved a consumption considered efficient according to national indicators, showing in practice an example of sustainability in existing buildings.

Keywords: Retrofit. Net zero. School. Energy. Building use.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da conscientização sobre os impactos ambientais da atividade humana, a eficiência energética é uma preocupação cada vez mais presente no mundo da construção civil [1]. Nesse contexto, o retrofit de edifícios pode oferecer benefícios significativos, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico e social [2].

A IEA recomenda no seu Roadmap para América Latina 2020-2050 [3], o retrofit com eficiência energética como uma das estratégias para o setor de edificações, que ajudarão a alcançar zero emissões no setor até 2050, meta mundial conforme recomendação do IPCC, para conter as mudanças climáticas até o nível de 1,5ºC de aquecimento conforme o Acordo de Paris [4]. O Programa Cidades Eficientes do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS, mostrou a importância do retrofit de edificações considerando também a incorporação de geração de energia renovável no estudo realizado para a cidade de Florianópolis. Segundo o estudo do CBCS, as edificações na cidade representam 85% do consumo da cidade e conforme a tendência observada no crescimento da cidade entre 2005 e 2020 as edificações existentes representarão na cidade 78% do estoque edificado em 2030, contra 22% das edificações novas, ressaltando a importância do retrofit com eficiência energética para as edificações construídas [5].

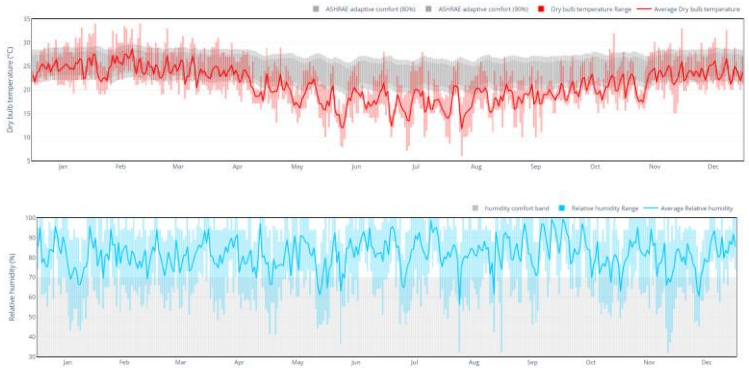
A tipologia escolar é significativa pelo fator de educação e transformação para os alunos e para os educadores [6], ainda mais junto ao retrofit de uma edificação existente. Sustentabilidade envolve muitas áreas e o conceito do ciclo de vida é fundamental para tomada de decisões nos projetos, sendo a eficiência energética uma premissa básica. Por meio do retrofit de uma edificação pode ser poupada a energia e emissões incorporadas de novos materiais, ao tempo que podem ser adotadas estratégias de eficiência energética com incorporação de energia renovável, para redução do consumo de energia e as emissões de carbono na operação da edificação, proporcionando conforto e qualidade nos ambientes internos para os usuários. O objetivo deste artigo é detalhar as estratégias utilizadas durante o processo de projeto de retrofit de uma edificação e o reflexo na sua operação na busca por ser uma escola de energia zero na cidade de Florianópolis, SC, Brasil, com foco nas estratégias relacionadas à eficiência energética, desempenho térmico e lumínico e incorporação de geração de energia renovável.

O projeto da escola buscou também obter um alto nível de desempenho em uma certificação ambiental. Outras estratégias foram adotadas na edificação com relação ao uso racional de água e ao uso de materiais com critérios de sustentabilidade, contudo não estão sendo o foco deste artigo.

OBJETO DE ESTUDO

A edificação está localizada em Florianópolis, Santa Catarina, sul do Brasil, zona bioclimática 3 conforme a NBR 15220-3 de 2005. O clima é caracterizado pelas quatro estações marcadas, em especial apresentando um verão quente e úmido e inverno moderado a frio (Figura 1).

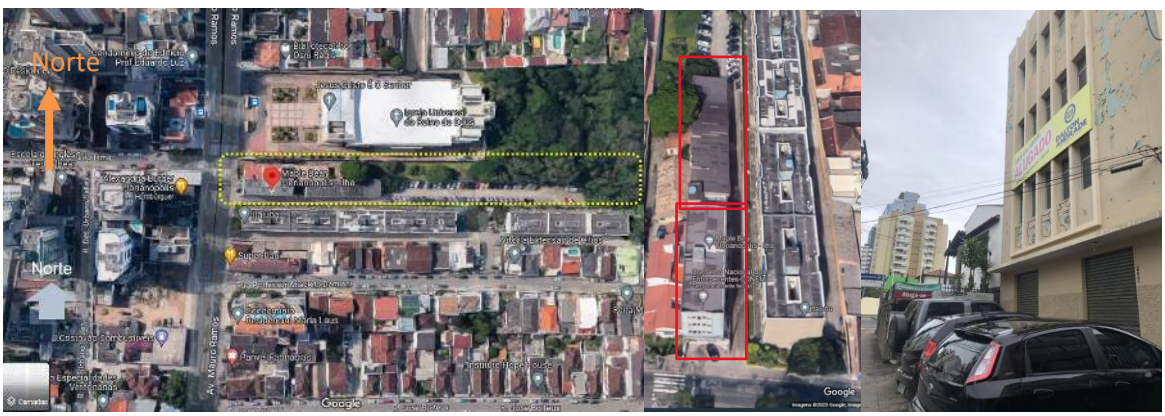
Figura 1: Dados climáticos de Florianópolis ao longo do ano. Temperatura (à esquerda); umidade relativa (à direita)



Fonte: TMYx 2004-2018. CBE Clima Tool.

A edificação existente se caracterizava por dois blocos (Bloco A de frente à rua e Bloco B, bloco posterior). Inicialmente o bloco A possuía 4 pavimentos (térreo, 1º, 2º, 3º) e o bloco B dois pavimentos (térreo, 1º), sendo um edifício de uso administrativo em estado de conservação não ideal. O prédio possui 3 fachadas, encostado na lateral norte do terreno. A fachada frontal, considerada principal de acesso de frente à rua, é a fachada oeste. A fachada com maior dimensão é a Sul. A fachada posterior (leste) não apresentava nenhuma abertura. A Figura 2 mostra a situação original da edificação.

Figura 2: Situação original da edificação num contexto mais amplo (à esquerda); dois blocos originais da edificação (ao centro) e fachada frontal oeste (à direita)



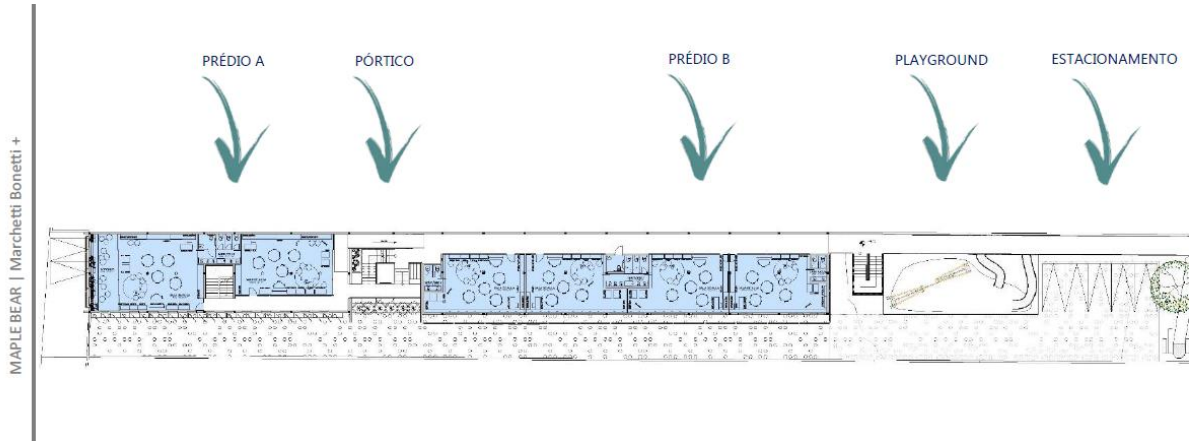
Fonte: Google maps e o autor.

Na edificação foi instalada a escola Maple Bear Florianópolis Ilha a qual tem horário de funcionamento entre 7h e 17h com dois turnos. Os meses de aula são conforme calendário escolar no Brasil. A escola conta com um número de alunos variando entre os anos de 2021 (data da inauguração) a 2023 entre 50-60 no período da manhã e 90-118 no período da tarde.

O projeto de retrofit pela equipe de arquitetura com área de 2.295m^2 manteve os dois blocos criando uma ligação de circulação vertical entre eles (Pórtico). A maior alteração foi no bloco B, onde no térreo foi proposta a cozinha e refeitório e no andar superior as salas de aula com corredor de circulação na face em contato com a fachada cega (norte). Também foi proposto um *rooftop* com quadra externa na cobertura do bloco B, sendo necessária a criação de uma nova laje e estrutura externa independente. O bloco B previa em projeto uma estrutura para fachada dupla com um elemento em tela solar (tensoface), para unificar a fachada até a quadra proposta na cobertura.

No térreo do bloco A foram colocados espaços de recepção, salas administrativas e de reunião e uma sala de aula, e salas de aula em todos os pavimentos superiores. Todos os pavimentos do bloco A apresentam corredor com circulação ao lado da fachada sul (Figura 3).

Figura 3: Planta esquemática do projeto do 1º pavimento



Fonte: Marchetti Bonetti +.

MÉTODO

São apresentadas as etapas do método:

- Análise da situação inicial da edificação com relação ao desempenho termoenergético
- Análise do projeto de retrofit: Escolha e análise de desempenho das estratégias de eficiência energética adotadas
- Incorporação de sistema de energia renovável
- Acompanhamento na operação

ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL DA EDIFICAÇÃO COM RELAÇÃO AO DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO

Uma análise da edificação existente foi realizada considerando o seu contexto imediato, incluindo o entendimento do clima da cidade, análises iniciais de ventilação, insolação, radiação e termoenergéticas.

ANÁLISE DO PROJETO DE RETROFIT: ESCOLHA E ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ADOTADAS

Foi realizada uma análise do estudo preliminar proposto pelos arquitetos como retrofit. A partir dela, foram delineadas estratégias conforme necessidades de melhoria identificadas considerando as necessidades do cliente, dos projetistas, a redução do consumo energético e o conforto dos usuários almejado. Parâmetros a atender na certificação buscada (EDGE versão 2.0) foram também considerados para as questões de energia, sendo complementados quando necessário com simulação termoenergética e análises consideradas relevantes para a tipologia em questão. É o caso das estratégias de iluminação natural que foram importantes orientadoras de escolhas adotadas no projeto, embora critérios de conforto visual não façam parte da certificação EDGE v2.0. Igualmente, pelo prédio ser um retrofit, algumas estratégias propostas encontraram limitações. As principais estratégias adotadas foram:

- **Busca por níveis ótimos de iluminação natural, com maior ênfase nas salas de aula:** Simulações com base no arquivo climático anual em base horária (TMYx 2004-2018 de Florianópolis do Climate One Building) foram usadas tendo-se como indicadores o sDA (*Solar Daylight Autonomy*), ASE (*Anual Solar Exposure*) e UDI (*Useful Daylight Illuminance*) [7] analisando a proposta do projeto de retrofit, sugerindo mudanças quando necessário. O software *Sefaira* foi usado para análises iniciais e o software *Design Builder* com seu módulo de iluminação natural anual para as demais análises.
- **Iluminação artificial eficiente integrada com a iluminação natural:** Consideradas lâmpadas de baixo consumo de energia com uso de sensores fotoelétricos e de ocupação em ambientes de permanência transitória, assim como integração entre a iluminação natural e artificial.
- **Sombreamento adequado aos ambientes e em equilíbrio com a iluminação natural:** Foram avaliados os elementos de sombreamento do projeto de retrofit, por meio do uso de máscaras solares, análises de sombreamento, até a sua influência no desempenho termoenergético com o programa *Design Builder v.6.1.6*. e sugerida a sua otimização quando necessário. A avaliação considerou equilíbrio entre iluminação natural e o comportamento termoenergético dos ambientes .
- **Possibilidade de modo misto/híbrido na operação da edificação:** A edificação existente possibilitava a adoção de ventilação natural na maior parte dos ambientes, e o projeto arquitetônico previu manter essa premissa. Grande parte das janelas existentes foram mantidas, em especial as das salas de aula, tendo-se maior mudança com introdução de novas janelas no pavimento térreo. As estratégias propostas no projeto foram avaliadas por simulação

termoenergética com o programa *Design Builder* considerando como base a metodologia vigente na época do PBE Edifica para edificações comerciais (RTQ-C) [8]. Ambientes foram avaliados com o uso exclusivo de ventilação natural (observando as temperaturas operativas internas nos ambientes) e para uso do condicionamento artificial (com o indicador de carga térmica). Adaptações foram consideradas para refletir a operação real da edificação. Os resultados da carga térmica foram base para a otimização do projeto de condicionamento ambiental, que contou com sistema de renovação de ar. Ventiladores para uso com ventilação natural e/ou com condicionamento do ar foram especificados em função dos requisitos da certificação EDGE, considerando volume do ambiente e vazão do equipamento.

- **Melhoria no desempenho termo energético da edificação:** A maior parte da envoltória (paredes, cobertura, pisos e esquadrias) foi mantida e considerada na proposta do projeto. Isto devido a premissa de sustentabilidade, sendo importante para a avaliação da categoria de materiais da certificação EDGE. As estratégias consideradas para a envoltória foram em função da absortância solar associada aos componentes e no uso de elementos de isolamento em paredes internas e coberturas.

INCORPORAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA RENOVÁVEL

Um sistema fotovoltaico foi previsto para ser instalado na cobertura após a edificação ter ao menos um ano de operação, buscando atender a demanda atual da edificação e na medida do possível prever a sua expansão futura. A análise da radiação incidente nas superfícies determinou o melhor local de instalação, sendo complementado por estudos específicos por parte da empresa responsável pelo sistema.

ACOMPANHAMENTO NA OPERAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

O consumo de energia da edificação foi acompanhado desde a inauguração da escola em janeiro de 2021. São mostrados dados de consumo de energia elétrica da edificação de 2021 e 2022 e comparado os resultados com dados de benchmarking nacional.

RESULTADOS

ESTRATÉGIAS ADOTADAS NO PROJETO DE RETROFIT

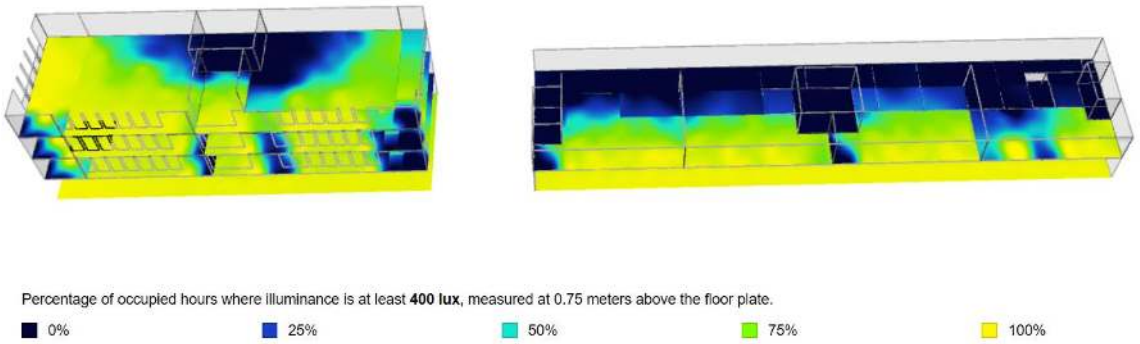
Os resultados focam nas análises do projeto de retrofit mostrando em algumas estratégias a comparação de desempenho em relação à edificação existente. São mostrados a seguir resultados das principais estratégias adotadas.

ESTRATÉGIAS PARA ILUMINAÇÃO NATURAL

A análise inicial de iluminação natural realizada com o software Sefaira (Figura 4), mostrou no Bloco B, uma situação mais crítica com relação à iluminação natural nos ambientes de sala de aula por conta da profundidade do ambiente, por ter-se janelas

somente numa orientação (sul) e por conta ainda da proposta do projeto arquitetônico da fachada dupla em tela solar - tensoface (elemento que finalmente não foi instalado).

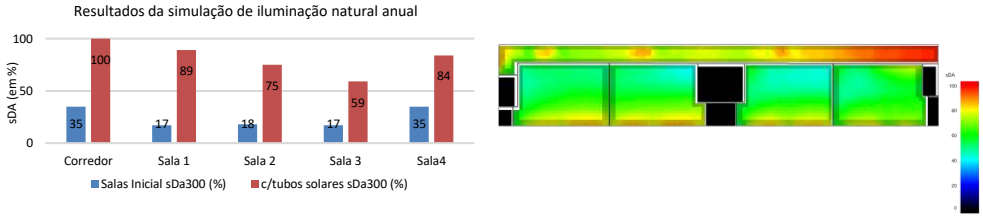
Figura 4: Análise inicial de iluminação natural nos Blocos A (à esquerda) e B (à direita)

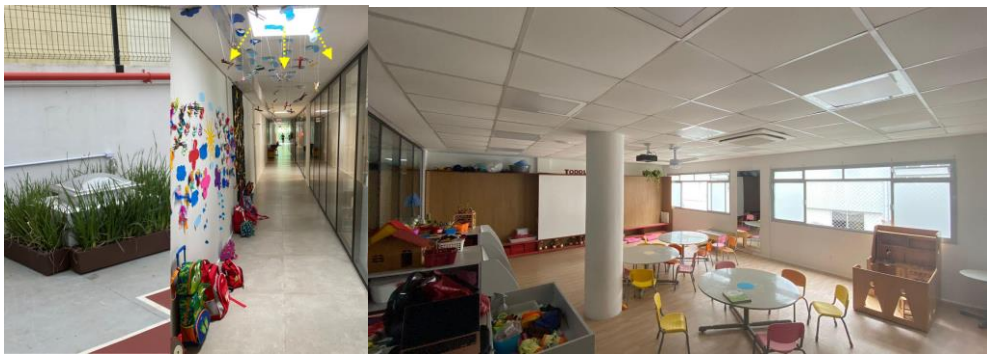


Software Sefaira. Fonte: o autor.

Para melhoria da iluminação natural nas salas de aula no espaço que se encontrava mais crítico – 1 andar do Bloco B foi proposta a adoção de 4 tubos solares de dimensão 0,60 x 0,60 m no corredor contíguo às salas de aula (face Norte). Os resultados da simulação final de iluminação natural mostraram a sua eficácia para melhoria da autonomia à luz solar. São mostrados os resultados numéricos e gráficos somente para o indicador sDA 300 lux das 4 salas de aula do Bloco B e do corredor. Na Figura 5 são vistos os resultados de sDA (em %) para a proposta original e após a proposta dos tubos solares. Além da melhoria na qualidade ambiental para crianças e professores, foi estimada economia de energia anual de 2.103 kWh/ano e uma economia anual de R$1.535.

Figura 5: Resultados da simulação de iluminação natural para sDA 300 lux nas salas de aula 1 andar Bloco B para situação inicial e proposta com tubos solares (à esquerda acima); simulação com tubos solares (à direita acima); tubos solares instalados (à esquerda abaixo) e iluminação natural numa sala de aula (à direita abaixo)



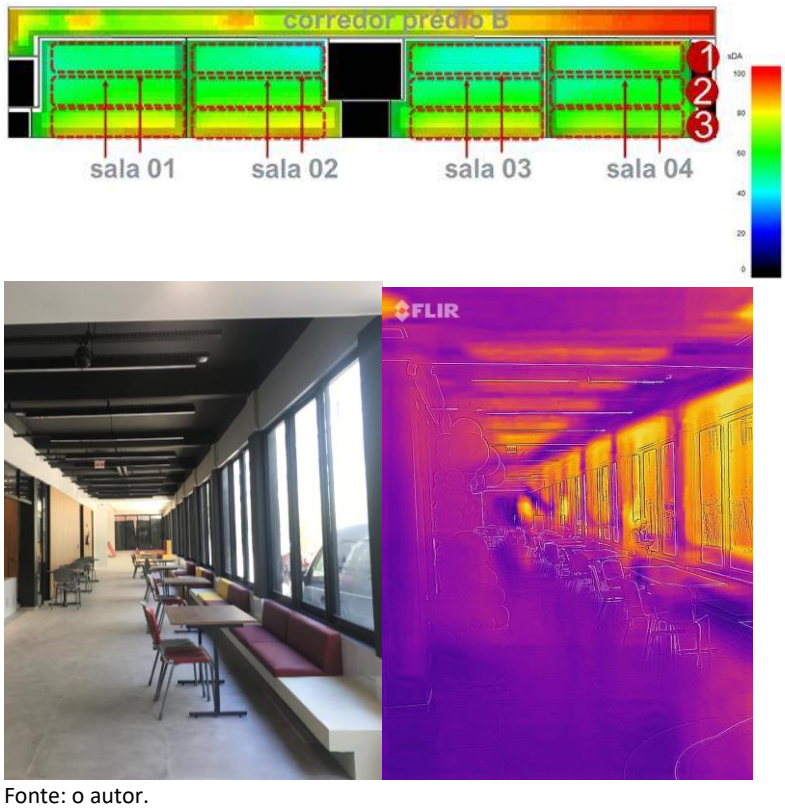


Fonte: o autor.

ESTRATÉGIAS PARA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EFICIENTE INTEGRADA COM A ILUMINAÇÃO NATURAL

Todas as lâmpadas instaladas na edificação foram do tipo LED com eficiência superior a 90 Lumens/W. A densidade de potência instalada para iluminação na escola foi de 4,49 W/m^2. Sensores fotoelétricos e de presença foram usados nos banheiros, espaços dos corredores, escadas e áreas de uso coletivo eventual como o espaço de refeitório no térreo do bloco B. Como complemento, em todos os ambientes o acionamento das luminárias perto das janelas foi independente e a iluminação setorizada conforme os resultados de iluminação natural. Nas salas de aula, o acionamento das luminárias foi separado em três circuitos (Figura 6), sem sensores dando maior controle ao usuário.

Figura 6: Distribuição do acendimento das luminárias nas salas de aula do Bloco B no 1 pavimento integradas com a iluminação natural (acima); luminárias integradas com sensores fotoelétricos e de ocupação no refeitório (abaixo à esquerda) e imagem termográfica do refeitório (abaixo à direita)

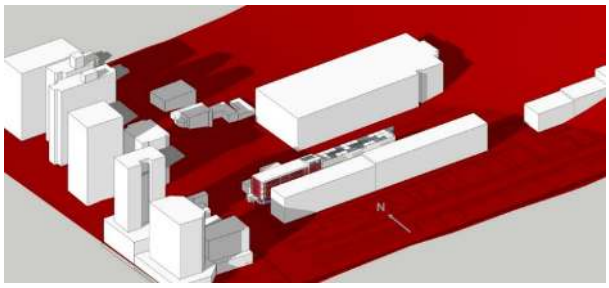


Fonte: o autor.

SOMBREAMENTO EM EQUILÍBRIO COM A ILUMINAÇÃO NATURAL

Análises de sombreamento realizadas, incluindo o entorno imediato (Figura 7) mostraram quão necessária seria a sombra nos ambientes. No sombreamento o maior problema foi na fachada frontal (oeste) onde as edificações do entorno não tinham grande influência. A proposta do projeto de retrofit previa um brise externo à fachada num elemento colorido vermelho em chapa metálica perfurada. A análise desse elemento e da dimensão da perfuração se tornou importante pois os ambientes atrás dele eram salas de aula nos 3 andares superiores do bloco A, sendo importante considerar o equilíbrio entre luz e carga térmica admitida nesses ambientes.

Figura 7: Análise da edificação no contexto. Análise de sombreamento



Fonte: o autor.

A Figura 8 mostra os resultados para as análises de sombreamento com radiação incidente realizadas para o elemento do brise metálico para a fachada frontal, na situação inicial do prédio e já considerando a sua otimização. Foram realizadas análises do brise para condições de abertura de 23%, 26%, 29% e 35%. A sugestão ideal conforme os resultados de carga térmica e iluminação natural dos ambientes da sala de aula contíguos à fachada oeste seria o brise ter diferentes graus de abertura por pavimento otimizando o desempenho em todos os andares. Porém, não foi uma premissa possível dentro do projeto arquitetônico, pelo que foram sugeridas como opções ideais abertura de 26% ou 29%, sendo adotado pela equipe de arquitetura de 29%. Os resultados das simulações mostram a importância do brise para minimizar a radiação incidente na fachada oeste, assim como a imagem com a câmara termográfica (à direita) evidencia o seu efeito real de sombreamento.

Figura 8: Resultados das análises de sombreamento com radiação incidente na fachada. Situação inicial (à esquerda); situação final proposta com brise na fachada oeste frontal (ao centro) e imagem termográfica do brise na fachada oeste (à direita)

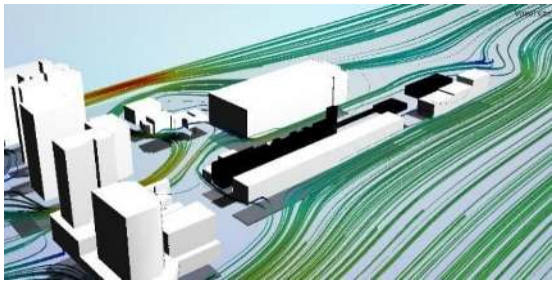


Fonte: o autor.

POSSIBILIDADE DE USO HÍBRIDO NA OPERAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A análise dos ventos no entorno realizada com o software *Flow Design* da Autodesk, mostrou uma baixa influência direta por conta das orientações mais frequentes dos ventos em Florianópolis serem nos quadrantes norte e nordeste, e o projeto não contar com fachada para a orientação Norte (Figura 9).

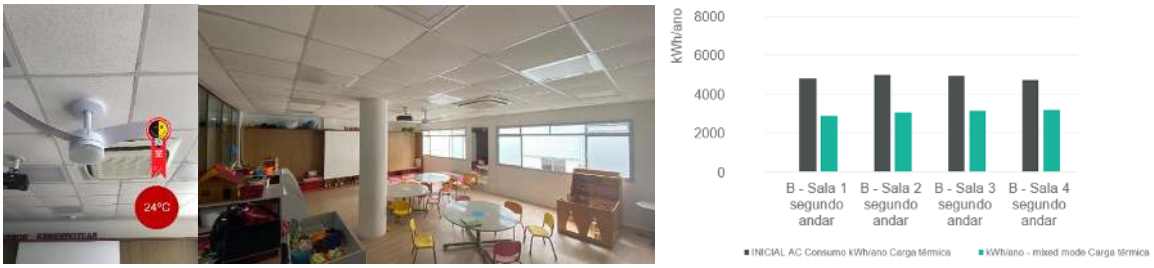
Figura 9: Análise da edificação no contexto. Análise de ventilação



Fonte: o autor.

O projeto manteve a possibilidade de uso da ventilação natural existente, sendo otimizada quando necessário. Nas salas de aula, o uso previsto foi híbrido (com ar condicionado e/ou ventilação natural). Simulações computacionais indicaram o benefício desta forma de operação para redução da carga térmica desses ambientes (Figura 10 à direita). Para possibilitar o uso da ventilação natural, as janelas são de correr com basculantes superiores. Os fechamentos internos foram feitos com gesso acartonado e vidro nas salas de aula, colocando janelas operáveis acima das portas das salas de aula para otimizar a ventilação. Os ventiladores, instalados nas salas de aula, reduzem a necessidade de ar-condicionado, aumentando a sensação térmica de conforto, podendo ser usados sozinhos ou em conjunto com o ar-condicionado permitindo manter um setpoint de temperatura mais elevado. Para complementar, foi adotado um sistema de ar condicionado eficiente, com renovação de ar conforme as normas para escolas. As salas administrativas e de aula dos pavimentos 2, 3 e 4 do Bloco A possuem ar-condicionado split Daikin COP 3,81 (IDRS 6,2), e a sala de aula no térreo do Bloco A e todas as salas do Bloco B possuem ar-condicionado cassete Daikin COP 3,29 (IDRS 6,1) (Figura 10). Todos os equipamentos possuem funções de resfriamento e aquecimento e a orientação na operação é pelo uso de setpoint de 24^{o}C. As máquinas externas foram instaladas em locais de fácil manutenção: no bloco B, junto à fachada externa, e no bloco A, na cobertura, por falta de espaço interno. Por outro lado, os corredores são todos naturalmente ventilados promovendo ventilação cruzada.

Figura 10: Possibilidade de funcionamento híbrido. Ar condicionado e ventiladores instalados (à esquerda); aberturas para ventilação natural (ao centro) e carga térmica anual em kWh/ano para salas de aula - Bloco B na simulação com uso de ar condicionado e modo misto (à direita)



Fonte: o autor.

MELHORIA NO DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO DA EDIFICAÇÃO

A estratégia para a envoltória considerou uma baixa absortância solar nas fachadas e o uso de elementos de isolamento em paredes internas de sistema drywall e forro termoacústico com câmara de ar entre pavimentos e na cobertura, o que permitiu além de um maior conforto acústico no ambiente, isolamento térmico, reduzindo a transferência de calor entre ambientes e consequentemente a necessidade de uso de sistemas de refrigeração ou aquecimento. A tinta adotada para as paredes externas possui uma baixa absortância solar (0,4), reduzindo a absorção de radiação solar pelas paredes contribuindo para a redução da carga térmica da edificação e, consequentemente, no consumo de energia elétrica para refrigeração (Figura 11).

Figura 11: Baixa absortância solar nas paredes externas. Fachada frontal (à esquerda); fachada lateral sul do Bloco A (à direita)



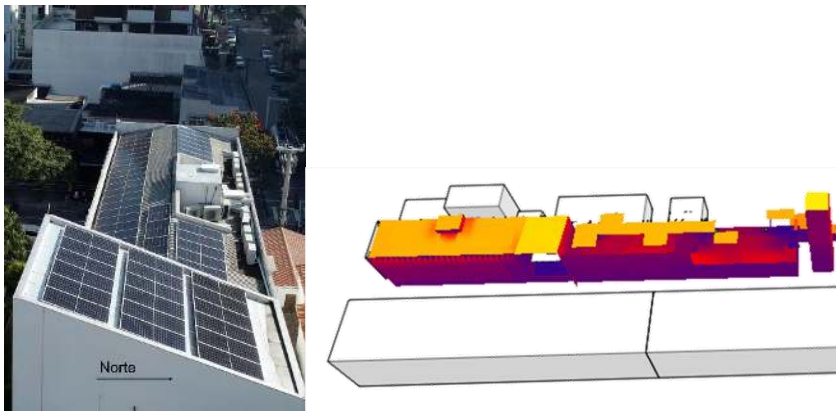
Fonte: o autor.

INCORPORAÇÃO DE SISTEMA DE ENERGIA RENOVÁVEL

Análises de radiação nas fachadas (Figura 12 à direita) mostraram as coberturas do Pórtico e do Bloco A como melhores locais para instalação dos módulos fotovoltaicos com maior radiação solar incidente. A escola instalou duas usinas fotovoltaicas distintas, uma com os módulos voltados a face Norte de 30kWp e outra voltada para face sul de 20kWp (Figura 12). O objetivo foi uma usina não influenciar na outra visto a orientação solar distinta dos módulos fotovoltaicos. Os módulos fotovoltaicos foram de 540W sendo instalados no total 93 módulos com geração potencial estimada pela

empresa responsável pelo sistema de 5.149 kWh/mês. A instalação ocorreu no primeiro semestre de 2023.

Figura 12: Módulos fotovoltaicos instalados na edificação (à esquerda) e análise da radiação solar incidente nas fachadas (à direita).

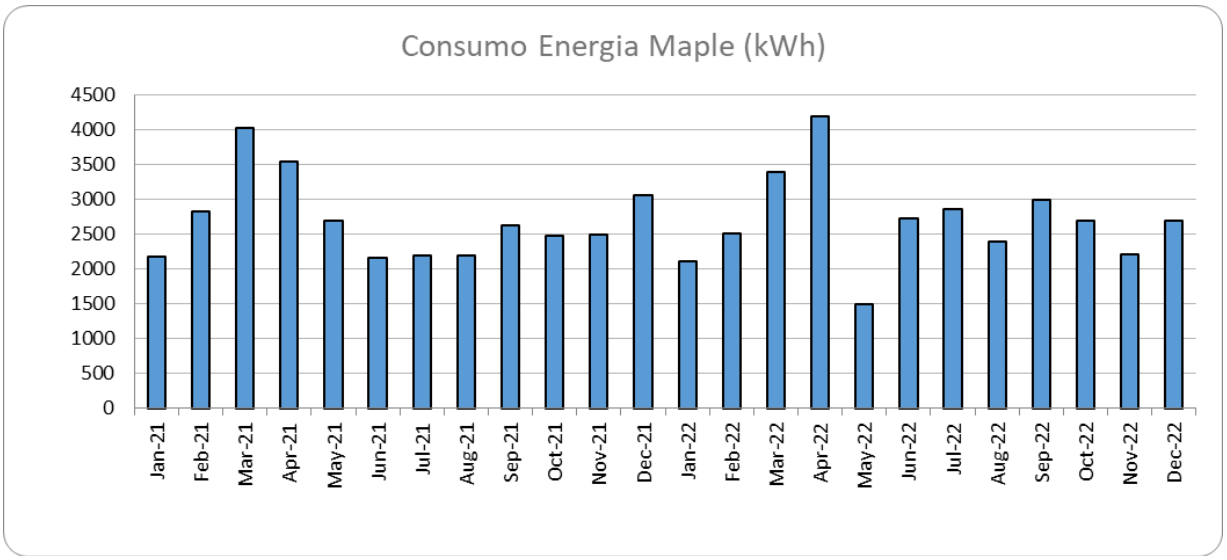


Fonte: Escola Maple Bear Florianópolis Ilha e o autor.

ACOMPANHAMENTO DA EDIFICAÇÃO NA OPERAÇÃO

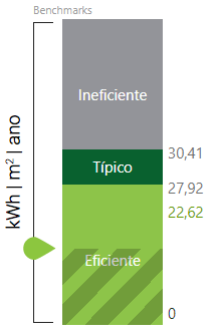
O consumo de energia da edificação foi acompanhado desde a inauguração da escola em janeiro de 2021, tendo-se dado, por convite da escola, treinamentos à equipe de professores para mostrar as estratégias presentes de eficiência e como o comportamento dos usuários pode beneficiá-las. Aqui são mostrados os dados de consumo de energia elétrica da edificação de 2021 e 2022 (Figura 13) antes da instalação do sistema fotovoltaico. O consumo médio mensal para a edificação para 2022 foi de 2.693 kWh totalizando 32.316 kWh/ano sendo de 14,08 kWh/m^2/ano, que avaliado com a plataforma de Desempenho Energético Operacional - DEO do CBCS mostra a escola como sendo eficiente quando comparada com escolas nacionais com características similares (Figura 14). A certificação EDGE Advanced foi obtida pela escola em julho de 2024.

Figura 13: Consumo de energia elétrica nos anos de 2021 e 2022.



.Fonte: o autor.

Figura 14: para Benchmarking calculado na plataforma DEO resultado de dados de entrada de 08/2021 a 07/2022



Fonte: o autor.

Os resultados mostram na prática a eficácia das soluções adotadas.

CONCLUSÃO

O retrofit da escola em Florianópolis mostrou uma possibilidade de transformação de um edifício educacional em modelo de eficiência energética e sustentabilidade. As estratégias adotadas, como sombreamento em equilíbrio com uma iluminação natural otimizada, a possibilidade de operação híbrida da edificação, potencializando o uso da ventilação natural com sistema de condicionamento do ar eficiente usado quando necessário e o uso das simulações computacionais na fase de projeto para otimizar as estratégias propostas pelo projeto, contribuíram significativamente para a redução do consumo energético e para o aumento do conforto dos usuários. A operação da edificação, que considerou também treinamento para os usuários, mostrou um consumo de 14,08 kWh/m^2/ano para 2022 mostrando o sucesso das ações e sendo considerada uma edificação eficiente quando comparada com indicadores nacionais. A incorporação de um sistema fotovoltaico numa edificação eficiente traça o caminho para uma edificação zero energia. Este projeto serve como um exemplo de como intervenções bem planejadas podem resultar em edifícios alinhados com objetivos ambientais e educacionais mais amplos.

REFERÊNCIAS

[1] IEA International Energy Agency.. **Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector**. 2021. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf. Acesso em: 03 maio 2024.

[2] LIU, T.; MA, G.; WANG, D. Pathways to successful building green retrofit projects: Causality analysis of factors affecting decision making. **Energy and Buildings**, v. 276, 1 112486, dec. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112486

[3] IEA, UNEP Global ABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Latin America 2020-2050: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. Disponível em: https://globalabc.org/sites/default/files/inline-

files/2.%20GlobalABC_Regional_Roadmap_for_Buildings_and_Construction_in_Latin_America_2020-2050.pdf. 2020. Acesso em: 01 agosto 2024.

[4] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2023 Synthesis Report: Summary for Policymakers. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. 2023. Acesso em: 01 agosto 2024.

[5] CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Programa Cidades Eficientes. Programa Floripa Cidade Eficiente: Requerimentos de Eficiência Energética como Política Pública para Edificações de Florianópolis. 2021. Disponível em: https://cidadeseficientes.cbcs.org.br Acesso em: 01 agosto 2024.

[6] KOLB, M.; FRÖHLICH, L. SCHMIDPETER, R. Implementing sustainability as the new normal: Responsible management education – From a private business school's perspective. The International Journal of Management Education, v. 15, Issue 2, Part B, p. 280-292, julho 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.03.009

[7] BREMBILLA, E.; MARDALJEVIC, J. Climate-Based Daylight Modelling for compliance verification: Benchmarking multiple state-of-the-art methods. Building and Environment, v. 158, p. 151-164, julho 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.051

[8] BRASIL. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Portaria: n°372. 2010. Disponível em: https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf