

# Guia de Eficiência Energética em Instituições de Ensino

Elaboração: **mitsidi**  
PROJETOS

Autores: Luisa Zucchi  
Rosane Fukuoka  
Bruno Chaves  
Madson Batista  
Alexandre Schinazi

Para: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)  
GmbH

Coordenação e  
revisão técnica: Marco Antonio Juliatto (SETEC/MEC)  
Roberta H. Knopki (GIZ)

1ª versão – Dezembro de 2020  
São Paulo, SP, Brasil

Informações Legais:

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Conseqüentemente, nem a GIZ nem o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.
2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GIZ.

---

6

9

14

26

35

39

67

# SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas	<b>IFCE</b>	Instituto Federal do Ceará
<b>AC</b>	Ar Condicionado	<b>IFSC</b>	Instituto Federal de Santa Catarina
<b>ACV</b>	Análise de Ciclo de Vida	<b>IL</b>	Iluminação
<b>ANVISA</b>	Agência Nacional de Vigilância Sanitária	<b>IoT</b>	Internet of things (Internet das coisas)
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers	<b>IPMVP</b>	International performance measurement and verification
<b>AVAC</b>	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado	<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>CAG</b>	Central de Água Gelada	<b>LCAA</b>	Análise de custo de ciclo de vida
<b>Capex</b>	Capital expenditur	<b>LabEEE</b>	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
<b>CGEE</b>	Coordenação Geral de Eficiência Energética	<b>LabSOLAR</b>	Laboratório de Energia Solar
<b>CPD</b>	Centro de Processamento de Dados	<b>LED</b>	Light-emitting diode
<b>CP</b>	Calor de Processo	<b>LEED</b>	Leadership in Energy and Environmental Design
<b>COP</b>	Coefficiente de desempenho	<b>MACDE</b>	Modelo de Avaliação de Contratos de Demanda de Energia
<b>DPI</b>	Densidade de Potência de Iluminação	<b>MEC</b>	Ministério da Educação
<b>DALI</b>	Digital Addressable Lighting. Interface	<b>MEE</b>	Medidas de Eficiência Energética
<b>EE</b>	Eficiência Energética	<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>EPT</b>	Educação Profissional e Tecnológica	<b>O&amp;M</b>	Operação & Manutenção
<b>FV</b>	Fotovoltaico	<b>PGEN</b>	Programa de Gerenciamento Energético
<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH		

<b>PMOC</b>	Plano de Manutenção, Operação e Controle
<b>RE</b>	Resolução
<b>RF</b>	Refrigeração
<b>RTQ</b>	Regulamento Técnico da Qualidade
<b>SETEC</b>	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
<b>TAE</b>	Tomada de Ar Externo
<b>TC</b>	Transformadores de Corrente
<b>TIR</b>	Taxa Interna de Retorno
<b>VAV</b>	Volume de Ar Variável
<b>VBA</b>	Visual Basic for Applications
<b>VRF/VRV</b>	Variable Refrigerant Flow

# 1 PALAVRA DOS COORDENADORES

# 1. Palavra dos coordenadores

## MEC

O Programa EnergIF se configura como um programa nacional de governança e busca aprimorar os trabalhos desenvolvidos pelas Instituições da Rede Federal, facilitando a identificação de sinergias e direcionando recursos de forma estruturada, pautado num arcabouço robusto de estratégias e ações. Dessa forma se permite ganhos de eficiência no uso de recursos públicos com vistas a excelência na gestão energética e na ampliação da oferta de cursos e profissionais para a sociedade brasileira, no segmento das Energias Renováveis e da Eficiência Energética.

Materiais, como esse guia, que trazem ações de capacitação para gestores de unidades escolares, em ações voltadas às energias renováveis e à eficiência energética, são capazes de trazer reduções importantes nos gastos com energia elétrica de cada unidade de ensino das Redes Federais e demais escolas e têm um alinhamento com a sustentabilidade e o desenvolvimento de ações voltadas à formação profissional e às reais demandas da sociedade e dos setores produtivos, que se encontram em crescimento exponencial, terão sempre o apoio do Programa EnergIF.

**Marco Antônio Juliatto**

Coordenador Nacional do Programa EnergIF – Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética na Rede Federal

## MME

O Ministério de Minas e Energia, por meio da CGEE, tem entre suas atribuições promover, articular e apoiar políticas e programas de uso sustentável e conservação de energia. A CGEE vem trabalhando em parceria com a GIZ em uma série de projetos e iniciativas que contribuem diretamente para o uso sustentável e a conservação de energia, entre eles o projeto Sistemas de Energia do Futuro, ao qual o programa EnergIF está relacionado e que apoiou a elaboração deste Guia.

Esta publicação é considerada estratégica para o MME, pois contribui para inserção da temática da eficiência energética no planejamento do espaço escolar. Considerando que os principais usos finais de energia nas edificações escolares são a iluminação e os sistemas de condicionamento de ar e ventilação, fica evidente a importância de projetos que considerem os melhores desempenhos desses sistemas, incluindo as adequações térmicas dos componentes construtivos da envoltória e a adoção de soluções de projeto adaptadas às condições climáticas locais. Por meio da experiência adquirida com os estudos de caso apresentados, o Guia permite uma melhor compreensão do impacto das estratégias de eficiência energética no ambiente construído e do seu potencial para a conservação de energia com uma menor demanda de investimentos.

**Alexandra Albuquerque Maciel e Carlos Alexandre Príncipe Pires**

Analista de infraestrutura e Diretor do Departamento de Desenvolvimento Energético

## GIZ

A Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH tem como principal compromisso apoiar o governo alemão na cooperação internacional para o desenvolvimento sustentável em cerca de 130 países. A produção de energia limpa e a redução do consumo por meio de ações de eficiência energética se alinham diretamente a esse objetivo e, por isso, a GIZ apoia amplamente essas atividades no Brasil. Este material foi desenvolvido como parte da iniciativa Profissionais para Energias do Futuro, parceria entre o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, o Ministério da Educação (MEC), por meio do Programa EnerGIF, e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Com este material, queremos estimular as instituições de ensino, principalmente as do setor público, a olharem para suas instalações e refletirem sobre os potenciais de economia existentes. Por meio dessas ações, recursos financeiros economizados podem ser revertidos em investimento nas suas funções-fim: ensino e qualificação profissional de estudantes. Desejo a todos e todas uma ótima leitura!

**Christoph Büdke**

Diretor adjunto do Programa Energia da GIZ e Coordenador da iniciativa Profissionais para Energias do Futuro

## Mitsidi Projetos

A Mitsidi Serviços e Projetos Ltda é uma empresa de consultoria em eficiência energética que realiza capacitações, diagnósticos energéticos, ferramentas digitais e projetos de pesquisa para entidades nacionais e internacionais na área de energia.

Neste guia, estão descritos os principais conceitos e procedimentos para a difusão de diagnósticos energéticos na rede dos Institutos Federais (IFs), com base nos aprendizados de anos de trabalho executados nos IFs, e especialmente nos resultados dos diagnósticos energéticos realizados no IFSC e IFCE em 2020.

Dessa forma, destacamos o potencial de replicabilidade das medidas de eficiência energética e gestão de energia identificadas nas instituições de ensino, principalmente com a implementação de medidas de zero e baixo custo que já apresentam ganhos financeiros relevantes. Esperamos que esse conteúdo sirva de exemplo e inspiração para ações de eficiência energética em outras edificações.

Desejamos a todos um bom proveito do material e uma excelente leitura!

**Rosane Fukuoka**

Gerente de Edificações na Mitsidi Projetos



## 2. Contextualização

O diagnóstico energético tem como um dos objetivos descobrir quanto cada sistema de energia está consumindo, e com isso, estimar qual sistema pode ter seu consumo reduzido através de medidas de eficiência energética. Isso pode ser feito em residências, edifícios, indústrias e comércios.

Este guia trará informações sobre diagnóstico energético em edificações, mais especificamente em escolas, tendo como base dois estudos de caso de diagnósticos realizados em edifícios da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (Rede Federal): o primeiro no Bloco C do campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), de modo presencial, e o segundo no Bloco de Artes do campus Fortaleza do Instituto Federal do Ceará (IFCE), realizado de modo remoto. Com as informações aqui apresentadas, espera-se que gestores de mais escolas se sintam motivados a realizar diagnósticos e implementar ações de eficiência energética, reduzindo assim seus consumos energéticos.

### 2.1 A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e o EnergIF

A Rede de Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs) é composta atualmente por 663 unidades autorizadas espalhadas por todo o país. Sua principal atribuição é oferecer cursos de educação profissional e tecnológica (EPT) em todas as suas configurações, além de cursos de licenciatura, bacharelado e pós graduação.

Segundo o [MEC](#), os IFs têm como obrigação oferecer no mínimo 50% de vagas para cursos técnicos de nível médio prioritariamente na forma de cursos integrados, e no mínimo 20% de suas vagas devem ser de cursos de licenciatura e programas especiais de formação pedagógica para formar professores para educação básica nas áreas de ciências, matemática e educação profissional. Além disso, também realizam pesquisas e ações junto às comunidades para avanço social e financeiro local. Desde 2017, a Rede Federal conta com o Programa [EnergIF](#) para desenvolvimento em energias renováveis e eficiência energética. Por meio dele, os IFs têm sido estimulados a investir em ações de eficiência energética e em geração de energia renovável, a ampliar a infraestrutura de seus laboratórios nessas áreas e a realizar pesquisa e oferecer novos cursos voltados para a demanda desses setores.

O programa foi idealizado a partir de uma parceria entre a Secretaria



de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação (SETEC/MEC) e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ (GmbH), denominada “Profissionais para Energias do Futuro”, que faz parte de um projeto mais amplo de cooperação técnica coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e a GIZ, denominado “Sistemas de Energia do Futuro”.

A iniciativa Profissionais para Energias do Futuro tem como objetivo principal fomentar a atualização e criação de novos cursos nas áreas de energia solar fotovoltaica, eficiência energética em indústrias e edificações, mobilidade elétrica e digitalização do setor de energia mais voltados à demanda do setor produtivo. A partir dela, a SETEC/MEC ampliou o escopo das ações e incorporou novos temas, como eólica, biogás e biometano, biocombustíveis e hidrogênio renovável, criando assim o Programa EnergIF.

Com o EnergIF espera-se obter ganhos de eficiência no uso de recursos públicos com vistas à excelência na gestão energética das instituições de ensino e na ampliação da oferta de cursos, que formem profissionais mais aderentes às necessidades do mercado de trabalho, no segmento das energias renováveis e da eficiência energética.

*Figura 1. Distribuição territorial das unidades da Rede Federal.*

*Figura 2. Eixos de atuação do Programa EnergIF. Fonte: EnergIF.*

## 2.2 Consumo de energia nos Institutos Federais

Ao todo, foram gastos cerca de 187 milhões de reais em serviços de energia nos institutos federais no ano de 2019. Foi o quarto maior gasto dessas instituições, só perdendo para as despesas de apoio administrativo, técnico e operacional, serviços de limpeza e conservação, e vigilância ostensiva. É equivalente a 11,5% do total de despesas des-

sas instituições, como é possível ver na [Figura 3](#).

Quando se analisa apenas os serviços (energia elétrica, água e esgoto, telecomunicações, teleprocessamento, combustíveis e lubrificantes e processamento de dados), energia elétrica é o maior consumidor, com 66,5% do total de R\$282 milhões, conforme a [Figura 4](#).

Esse valor também representa 2,7% do total das despesas do MEC.

Por esses números podemos ver quão significativo é o gasto das escolas com energia elétrica e o quanto uma redução deste consumo pode trazer benefícios tanto financeiros, como ambientais para o governo e para cada uma dessas instituições.

*Figura 3. Gastos por item de todas as despesas dos Institutos Federais em 2019.*

*Fonte: Painel de custeio administrativo.*

*Figura 4. Gastos por item de despesa de serviços dos Institutos Federais em 2019.  
Fonte: Painel de custeio administrativo.*

# 3

## DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

- 3.1. ETAPA 1: Planejamento e Coleta de Dados .....18
- 3.2. ETAPA 2: Obtenção de Informações Técnicas e Vistoria do Edifício .....20
- 3.3. ETAPA 3: Análise e Definição das Medidas de Eficiência Energética (MEEs) .....22
- 3.4. ETAPA 4: Relatório e Apresentação.....22
- 3.5. Diagnóstico Remoto .....22

## 3. Diagnóstico Energético

Neste guia, serão explicadas e exemplificadas duas formas de se realizar diagnósticos energéticos: o presencial e o remoto. Cada um deles conta com vantagens e desvantagens, mas se forem bem executados, ambos mostram resultados satisfatórios.

Existem diversas motivações que levam um gestor ou proprietário a realizar um diagnóstico energético em seu edifício, por exemplo:

- Redução e otimização de consumo energético em um edifício e consequente redução de custos com energia elétrica;
- Parte de um programa de gestão energética predial;
- Parte de um programa de gestão energética amplo com vários edifícios (política de empresa);
- Melhoria da imagem do edifício no mercado para atrair mais locatários e compradores;
- Melhoria de conforto térmico dos usuários;
- Redução de impactos ambientais e emissões atmosféricas.

É recomendável que o diagnóstico energético faça parte de um programa de gestão de energia, que tenha como objetivo obter uma visão global do consumo de energia na edificação, permitindo assim, a otimização contínua de seu desempenho com base em sistemas e processos padronizados e no monitoramento de indicadores estratégicos. O diagnóstico seria, então, a primeira etapa desse programa de gestão de energia. Trata-se de uma análise completa do uso e consumo de energia, identificando as áreas de uso mais significativo a fim de identificar oportunidades para melhoria do desempenho energético.

Assim, o diagnóstico é uma ferramenta essencial para compreensão e planejamento de ações.

É importante que o diagnóstico leve em conta as definições levantadas pela gestão energética, como por exemplo qual seria o retorno financeiro mínimo aceitável pela direção para implementação de medidas ou informações sobre reformas planejadas no edifício.

Os seus resultados devem gerar uma compreensão do perfil de consumo existente, habilitando os responsáveis a traçar uma linha de base que permitirá calcular futuras economias, estabelecer metas de consumo e criar um plano de ação para implantação ou estudo detalhado de medidas de eficiência energética.

O diagnóstico energético muitas vezes pode ser realizado pela própria equipe gestora do edifício, mas dependendo do porte e complexidade, muitas vezes será necessário a contratação de uma consultoria especializada e qualificada.

Independentemente do nível de profundidade que se espera, todo diagnóstico deve seguir algumas eta-

A norma ABNT NBR ISO 50.002: Diagnósticos energéticos foi criada para orientar especificamente a realização dos diagnósticos e pode ser consultada como referência. O propósito da norma é “definir o conjunto mínimo de requisitos que levem à identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho energético”.

Essa decisão depende principalmente do nível de profundidade das informações e análises que se espera obter.

A definição mais aceita dos níveis de diagnósticos energéticos é da ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers), que pode ser vista no esquema a seguir.

Estimativa de redução no consumo  
e nos custos

pas. Uma definição que pode ser seguida é a da ISO 50.002, apresentada na [Figura 5](#). Na sequência cada uma dessas etapas será detalhada.

### 3.1. ETAPA 1: Planejamento e Coleta de Dados

*Figura 5. Fluxograma do processo de diagnóstico energético. Fonte: ISO 50.002.*

O primeiro passo do planejamento é a definição dos objetivos do diagnóstico. Nessa etapa são definidos:

O responsável pelo diagnóstico deve solicitar e analisar todos os dados possíveis antes da primeira visita técnica ao local, a fim de otimizar

- Expectativas do trabalho;
- Metas específicas;
- Critérios econômicos utilizados para tomada de decisões de investimento;
- Seleção dos edifícios;
- Nível de detalhamento do diagnóstico;
- Usos finais de energia a serem incluídos na análise;
- Prazo do trabalho;
- Envolvidos e seus papéis;
- Continuidade do trabalho.

a visita com base em informações preliminares.

Um checklist pode ser utilizado para controlar a obtenção da documentação necessária.

Após a aquisição dos dados preliminares é possível realizar o *benchmarking* do edifício para compreender o seu potencial de redução de

Check list para obtenção de informações preliminares:

- Aspectos sobre o histórico do edifício;
- Ações de eficiência energética já realizadas;
- Planejamento de reformas a serem feitas no futuro;
- Dados de consumo de energia de no mínimo 12 meses;
- Fatura de eletricidade (no mínimo 1);
- Quadro de áreas, incluindo área útil, área de escritórios e área de estacionamentos;
- Layout básico do edifício, número de andares e de elevadores;
- Plantas de arquitetura, ar condicionado e iluminação;
- Usos principais e secundários do edifício;
- Número de ocupantes, taxa de ocupação e perfil dos ocupantes;
- Compreensão inicial dos sistemas de ar condicionado e ventilação;
- Caso estejam disponíveis: dados de medições já realizadas, curvas de carga, perfis de consumo.

consumo com base em outros edifícios de mesma tipologia no Brasil.

O *benchmarking* compara e classifica o prédio com um edifício com as mesmas características, tendo como base um referencial de mercado. Assim pode-se ter a percepção sobre a eficiência energética

do edifício que está sendo analisado. O processo de *benchmarking* gera então valores de referência para uma dada realidade (*benchmarks*).

A criação de *benchmarks* proporciona a identificação de edifícios com operação eficiente e de edifícios com potencial para melhoria. Experiências internacionais demonstram que o uso de *benchmarking* na gestão energética traz reduções no consumo e na emissão de gases do efeito estufa (GEEs), e que ele é uma importante ferramenta para implantação de programas de eficiência.

No Brasil, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) já desenvolveu *benchmarks* para 3 tipologias: agências bancárias (2014), edifícios comerciais de escritório (2016) e edifícios públicos administrativos (2017).

Está em andamento o projeto do CBCS para desenvolvimento de *benchmarks* de outras 15 tipologias (hotéis de grande porte e resorts, hotéis de médio porte, hotéis de pequeno porte e pousada, shoppings centers, supermercados, comércios de varejo e de grande porte, comércios de pequeno porte, restaurantes e preparação de alimentos, escolas infantis, escolas de ensino fundamental e médio, universidades e instituições de ensino técnico, hospitais, postos de saúde e assistência social, data centers e CPDs).

O *benchmarking* energético de edificações pode ser verificado gratuitamente no site [CBCS\\*](#)

*Benchmarking* realizado e tomando como base os dados preliminares, é possível definir a necessidade de realizar medições pontuais ou prolongadas em determinados sistemas e equipamentos do edifício. O plano de medição deverá ser aprimorado durante a realização da vistoria técnica. O responsável pelo diagnóstico deve estudar o edifício previamente, conhecer o *layout* e os sistemas gerais para planejar a visita pelo edifício, identificando os locais que devem ser monitorados por meio de medições. O agendamento deve ser feito previamente, solicitando a presença do gestor do edifício bem como de pessoas chave da sua equipe de manutenção. O auditor deve informar a duração da visita e a quantidade de pessoas que o acompanharão.

### 3.2. ETAPA 2: Obtenção de Informações Técnicas e Vistoria do Edifício

- Atualmente o *Benchmarking* de energia disponível no site é apenas para as tipologias: agências bancárias, edifícios corporativos e edifícios públicos de escritório. Outras 15 tipologias, incluindo escolas, estão em fase de desenvolvimento.

A investigação do edifício é o momento em que é adquirida a maior parte das informações necessárias para o diagnóstico energético. Portanto, ela deve ser otimizada. É considerado uma boa prática utilizar um checklist com todos os locais a serem visitados e todas as informações a serem obtidas durante a vistoria. O responsável também deve garantir que terá em mãos todos os equipamentos necessários para realizá-la.

A vistoria começa com um alinhamento entre a equipe do diagnóstico e a equipe de gestão do edifício. São coletadas informações sobre a operação do edifício.

### Materiais a serem utilizados durante a vistoria



Máquina fotográfica



Caderno e caneta ou tablet



Checklist de locais a visitar e informações a obter na visita



EPIs, como botas, luvas de proteção, capacete, protetor auricular, etc



Equipamentos de medição pontual, tais como:

Alicate-amperímetro

Equipamentos de medição portáteis

Transformadores de corrente (TCs)

Data-loggers

Sensores de temperatura e/ou umidade

Luxímetro

Anemômetro

O objetivo da vistoria é investigar os fatores que afetam o desempenho de todos os sistemas consumidores de energia do edifício.

Todos os sistemas centrais devem ser visitados, como central de água

#### Informações a serem obtidas:

- Funcionamento detalhado de todos os sistemas do edifício;
- Horários de operação e seus responsáveis;
- Procedimentos de manutenção, segurança e limpeza;
- Perfis dos ocupantes e hábitos dos funcionários;
- Dificuldades da equipe de gestão em termos de uso de energia;
- Problemas que ocorrem no edifício, que podem ser dicas para a identificação de melhorias.

gelada (CAG), casas de máquinas de ventilação e de elevadores e salas elétricas, por exemplo.

Deve-se selecionar junto ao gestor alguns pavimentos-tipo para visitar. Neles, é importante analisar detalhadamente a sala de máquinas de ar condicionado, e sala de automação, se houver, e investigar aspectos como renovação de ar, *setpoint*, difusores e grelhas, abertura e fechamento de válvulas, temperatura e pressão, horários de operação. Já nos demais ambientes, pode-se verificar os sensores de presença, temperatura, tipo de iluminação (natural e artificial), envoltória (cobertura, paredes e fachadas externas e esquadrias) e sombreamento, além de outras fontes de consumos como estações de trabalho e com-

putadores, equipamentos e áreas de uso coletivo e densidade de ocupação. Ao longo da visita, o responsável deve identificar os pontos que requerem medições pontuais ou prolongadas. Pode-se usar o alicate-amperímetro para obter dados de potência instantânea dos equipamentos ou instalar um medidor portátil de energia com registrador de dados para coletar informações de consumo de equipamentos específicos ao longo do(s) dia(s) da visita, ou deixá-lo medindo por um tempo maior, como uma semana.

Durante a visita, a equipe deve fazer uma lista de todas as possíveis MEEs que pareçam interessantes, para serem analisadas posteriormente. Falaremos mais sobre as MEEs nos capítulos adiante.

Os principais sistemas consumidores de energia geralmente são os seguintes:

- Ar condicionado e ventilação
- Iluminação
- Cargas de tomada nos escritórios
- Data Centers ou centrais de processamento de dados (CPDs)
- Elevadores
- Bombas de água

### 3.3. ETAPA 3: Análise e Definição das Medidas de Eficiência Energética (MEEs)

Todas as informações coletadas durante a visita devem então ser analisadas com objetivo de identificar possíveis soluções de melhorias relacionadas ao consumo de energia. Por exemplo: o consumo de energia deve ser avaliado em termos de sazonalidade e usos finais, e as medições realizadas devem gerar curvas de carga. Durante a análise, pode surgir a necessidade de pedir informações adicionais à equipe predial.

Os dados de medição do consumo em tempo real do edifício, se disponíveis, devem ser usados para determinar o consumo noturno e aos fins de semana, buscando oportunidades de melhoria.

A lista de MEEs criada durante a vistoria deve ser aprimorada e ajustada. Para cada medida, deve ser feita uma estimativa de custos de implantação e calculado o potencial de economia, determinando a viabilidade através de análises financeiras como *payback*, análise de ciclo de vida (ACV) e/ou taxa interna de retorno (TIR).

### 3.4. ETAPA 4: Relatório e Apresentação

Os resultados do diagnóstico energético devem ser agrupados em um relatório.

É uma boa prática agendar uma reunião com o responsável do edifício

a fim de apresentar os resultados e as MEEs sugeridas, visando garantir que as medidas serão compreendidas e aumentar a probabilidade de que a maioria delas sejam implementadas.

### 3.5. Diagnóstico Remoto

A metodologia de um diagnóstico energético remoto segue o mesmo direcionamento de um diagnóstico presencial, se pautando nas normas ISO 50001, ISO 50002, CIBSETM22, ASHRAE e o Protocolo IPMVP. Entretanto, há algumas diferenças, que serão detalhadas nesse tópico. Convencionalmente, a vistoria técnica à edificação é requerida para que se tenha uma leitura confiável dos aspectos físicos pertinentes ao diagnóstico, tais como a listagem de equipamentos, sistemas, rotinas de manutenção, aspectos de conservação, operação e demais outras particularidades que interfiram no consumo de energia. Diagnosticar remotamente, implica que o levantamento de todos os aspectos físicos se faz sem a presença de um consultor, mas pode contar ou não com vistoria no edifício. Esse processo requer maior validação dos dados e interação com os usuários pelo auditor para garantir a qualidade do levantamento.

O processo de levantamento para um diagnóstico remoto considera duas possíveis abordagens, com a participação presencial de um usuário local ou 100% remoto. A primeira requer que um usuário, que conheça bem o edifício, percorra todos os ambientes da edificação listando todos os aspectos físicos de equipamentos elétricos e seus horários de operação. Para isso, é preciso que ele esteja dotado de recursos e suporte adequados de modo a manter o padrão de qualidade que se obteria com um diagnóstico energético com visita técnica do consultor.

Essa abordagem de levantamento com visita técnica é a que gera maior similaridade entre a atuação do usuário e a de um consultor. Além disso, garante maior confiabilidade sobre os aspectos físicos observados, especialmente os não detectáveis a partir dos documentos da edificação. As interações entre a equipe do edifício e auditores externos descritas nas etapas apresentadas na [Figura 6](#) foram desenvolvidas a fim de mitigar possíveis inconsistências nos dados coletados e para minimizar as dificuldades enfrentadas pelo responsável pela coleta de informações do levantamento, que não é um consultor. Esse processo exige intensa interação entre consultor externo e a equipe do edifício, mas traz como uma grande vantagem o aprendizado por parte dessa equipe.

O levantamento sem visita técnica se dá em circunstâncias atípicas, nas quais não é possível uma abordagem com a presença nem do consultor externo, nem da equipe do edifício percorrendo os ambientes da edificação. Neste caso, todos os aspectos relativos ao diagnóstico da edificação passam a ser estabelecidos por meio do conhecimento prévio do local e por documentações do edifício (plantas arquitetônicas, elétricas, dos sistemas de climatização, PMOC, projeto de siste-

mas centrais de refrigeração etc.). Os processos apresentados na [Figura 5](#) são aplicáveis a esta abordagem, entretanto esta linha de trabalho tende a exigir um esforço e tempo maior das equipes para que se mantenha o padrão de qualidade dos resultados próximo ao que se obtém em levantamentos com visitas técnicas.

*Figura 6. Plano de trabalho na etapa de levantamento.*

#### *Planilhas e formulários*

- Planilhas e formulários eletrônicos (Microsoft Excel e VBA; google forms)
- Materiais para impressão e suporte no momento da coleta de dados.
- Planilhas e formulários para o levantamento dos ambientes e equipamentos, disponível no Anexo 1
- Planilha de dados iniciais e dados de leitura, com abrangência espacial do diagnóstico (quantidade de edificações) e faturas de consumo das diferentes fontes energéticas, disponível no Anexo 2.



#### *Recursos de comunicação*

- Reuniões e chamadas de vídeo
- Esclarecimentos por e-mail e por telefone
- Materiais instrutivos.



#### **Recursos, suporte e qualidade**

A realização de um diagnóstico energético remoto demanda uma adequada coordenação das atividades e requer recursos de ambas as equipes para se obter o padrão de qualidade esperado.

Todo o levantamento deve ser acompanhado remotamente pelo consultor externo. O acompanhamento das atividades tem três objetivos principais: O primeiro é o provimento dos insumos necessários para cumprir as atividades do diagnóstico. O segundo é o controle em termos da qualidade dos dados que alimentam a rotina de cálculo. E o terceiro é a documentação destas atividades a fim de se permitir uma gestão de conhecimento na equipe de gestores e responsáveis pelos aspectos de energia da edificação e também para possibilitar uma replicação das ações em outros edifícios, caso seja de interesse dos gestores.

O canal de comunicação entre consultores externos e equipe do edifício deve ser claramente estabelecido, inclusive com a definição dos responsáveis, e deve levar em consideração a complexidade da edificação a diagnosticar, a formação técnica da equipe, a disponibilidade por parte dos envolvidos e a urgência dos prazos estabelecidos.

### Energy Brain

O Energy Brain é uma plataforma web, criada pela Mitsidi Projetos, com o objetivo de prover diagnóstico energético remotamente, tendo como pilares a ISO 50001, ISO 50002, TM22 (Energy Assessment and Reporting Methodology), IPMVP (International performance measurement and verification protocol) e a expertise adquirida em diagnósticos presenciais.

A plataforma está orientada a atender pequenos e médios negócios, propiciando a compreensão sobre o consumo de energia, bem como suas respectivas formas de agregar eficiência e reduzir custos. Ela se baseia na ideia do “faça você mesmo”, buscando conciliar a apresentação de medidas de eficiência energética com a formação do usuário ao longo do processo de auditoria energética em seu próprio estabelecimento.

A plataforma tem disponível, de maneira gratuita, os serviços de avaliação preliminar de potenciais de economia para algumas tipologias de edificações e análise de faturas. O diagnóstico energético completo encontra-se em fase final de testes, mas o motor de cálculos já vem sendo empregado em diagnósticos de inúmeras edificações em diversas tipologias, como no diagnóstico realizado no IFCE, apresentado nesse guia.

Também existem outras ferramentas disponíveis gratuitamente no mercado como a [Enguia](#) e o [MACDE](#), que trataremos mais adiante, além dos simuladores de consumo das concessionárias de energia.

# 4 MEDIDAS DE EE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO EXISTENTES

4.1	Medidas de Infraestrutura.....	27
4.2	Contratação de Energia .....	30
4.3	Gestão de Energia e Medição .....	32
4.4.	Autogeração de Energia .....	33

## 4. Medidas de EE em Instituições de Ensino Existentes

Com base nas informações explicadas e nos estudos de caso (apresentados no próximo capítulo), aqui são apontadas sugestões de medidas de eficiência energética (MEE) que podem ser adequadas de maneira geral para instituições de ensino.

### 4.1. Medidas de Infraestrutura

São medidas que tratam principalmente de iluminação, ar condicionado e equipamentos elétricos frequentemente encontrados nessas instituições.

As medidas podem ser classificadas, de acordo com o seu custo de implementação, em medidas de zero custo, baixo custo e medidas de médio-alto custo de investimento.

Zero custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas que podem ser feitas por pessoal interno.</li> <li>• Não há necessidade de Capex específico para o projeto</li> <li>• Em geral, são medidas operacionais.</li> </ul>
Baixo custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas que exigem compra ou substituição de algum equipamento de baixo custo.</li> <li>• Implementação, geralmente simples, possível com base em estudos preliminares de payback.</li> </ul>
Médio - alto custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessitam de investimento considerável a alto.</li> <li>• Precisam de estudos de payback e de risco.</li> <li>• Deve-se aproveitar "momentos de oportunidade"*, para a realização de retrofits** nos sistemas consumidores de energia.</li> </ul>

\* Momentos de oportunidade podem ser entendidos como momentos em que estejam sendo feitos investimentos na infraestrutura do edifício, como reformas e retrofits arquitetônicos.

\*\* Retrofits nos sistemas consumidores de energia consistem na atualização dos sistemas para tecnologias mais avançadas e que consumam menos energia.

*Figura 7. Classificação das MEEs por custo. Fonte: Mitsidi Projetos.*

A seguir estão listadas algumas medidas mais comuns que podem ser replicadas em edifícios de instituições de ensino.

Tabela 1. Lista de MEEs replicáveis.

Sistema	Zero custo	Baixo Custo	Médio-alto custo
Iluminação	Campanha de conscientização	Rebaixar as luminárias quando o pé-direito for muito alto	Substituir lâmpadas existentes por LED
	Aproveitar ao máximo a luz natural, desligando luminárias próximas às janelas, por exemplo, sempre que possível		Usar luminárias reflexivas de alta eficiência como as com refletores de alumínio anodizado
		Fazer limpeza periódica das luminárias e lâmpadas	Instalar sensores de luminosidade nas lâmpadas próximas às janelas, se possível com dimerização automática
			Verificar necessidade de instalar banco de capacitores para corrigir Fator de Potência
			Implantar automação predial para a iluminação, com sistema DALI

Sistema	Zero custo	Baixo Custo	Médio-alto custo
Climatização	Desligar o aparelho quando o ambiente estiver desocupado e em períodos noturnos (se não houver necessidade de uso)	Estabelecer práticas de manutenção periódica	Retrocomissionamento do sistema de ar condicionado
	Adequar horários à realidade do prédio, programados com timer ou procedimento formal	Seguir as recomendações do fabricante com relação à troca e limpeza dos filtros descartáveis	Redimensionamento/rebalanceamento da rede de ar condicionado
		Fazer a correta vedação de janelas em ambientes condicionados, para reduzir a infiltração de ar externo	Garantir vazão da Tomada de Ar Externo (TAE) conforme projeto e em atendimento à RE-09 da ANVISA
	Manter janelas e portas fechadas durante o uso do equipamento	Verificar a existência de vazamentos nos dutos e fazer a correta manutenção	Para edificações com perfis de ocupação variáveis e ambientes fechados que necessitem de controle individual de temperatura, pode-se optar pelo sistema VAV (Volume de Ar Variável) na distribuição de ar refrigerado nos andares
		Avaliar a troca de splits ou Ar Condicionado Janela por sistema VRF / VRV	Troca ou substituição de equipamentos AVAC obsoletos por outros mais eficientes, com COP mais elevado ou com tecnologia inverter, por exemplo

Sistema	Zero custo	Baixo Custo	Médio-alto custo
Computadores	Desligar o computador ao final do dia ou quando não estiver em uso (não deixar em stand-by)		Adquirir equipamentos eficientes, com certificação Energy Star, por exemplo
	Programar o computador para entrar em modo de espera após cinco minutos sem uso		
	Dar preferência para descanso de telas em tons escuros, pois estes consomem menos energia		
	Desligar o monitor, a impressora, o estabilizador, a caixa de som, o microfone e outros acessórios, sempre que não estiverem em uso		

## 4.2. Contratação de Energia

### Tipos de contratações, tarifas e ajuste de demandas contratadas

Além de medidas de eficiência energética, analisar o tipo de contrato que se tem com a concessionária de energia também pode trazer redução nos gastos com energia elétrica e, por isso, sugere-se aos gestores de edificações que se informem sobre as alternativas. Existem alguns tipos de contratação de energia, com tarifas diferentes:

- A tarifa monômnia, ou Grupo B, é voltada para consumidores de baixa tensão, inferior aos 2.300 Volts. Nesta categoria há tarifação somente do consumo (R\$/kWh). Neste grupo se encontram as tipologias residencial, rural, iluminação pública e outras classes.
- O Grupo A (tarifa binômnia) é voltado para consumidores de média tensão, entre 2.300V e 69.000V, e de alta tensão, superior a 88.000V. Nesta categoria há duas tarifações, a tarifação da demanda (R\$/kW) e do consumo (R\$/kWh)

### Tarifa Branca

É um novo tipo de tarifa que pode ser aplicada para ambos os grupos e que incentiva o uso de energia fora do horário de pico (hora ponta). No caso da tarifa convencional, é cobrado um mesmo preço pela energia elétrica em todos os horários e dias da semana. Já na tarifa branca, são cobrados valores diferentes de acordo com a hora e o dia, sendo os horários de ponta e intermediários mais caros em relação aos demais horários. Instituições de ensino que não têm aulas à noite, por exemplo, podem se beneficiar com este formato de tarifa.

Horário de ponta: 18h às 21h de segunda a sexta.  
Horário intermediário: das 17h às 18h e das 21h às 22h de segunda a sexta-feira.

Uma das principais atribuições do gestor predial é o monitoramento e análise das faturas de energia, bem como do perfil de carga de consumo do edifício. Como resultado, o gestor deve ser capaz de identificar possíveis melhorias no modelo de contratação de energia, que possam trazer economias financeiras ao edifício. Algumas possíveis análises são:

lises são:

- Avaliar possibilidade de deslocamento da demanda, reduzindo o consumo nos horários de pico e deslocando-os para horários com menor demanda;
- Avaliar a contratação da demanda e modelo tarifário, com base nas faturas de energia;
- Para prédios com contratos de baixa tensão, avaliar a possibilidade de mudar para média tensão, que tem tarifa mais baixa.

No grupo de tensão A4 estão disponíveis as modalidades tarifárias horo-sazonal verde e azul. A modalidade verde prevê um valor de tarifa para demanda e valores diferentes para energia consumida no horário de ponta e fora de ponta. A azul prevê valores diferentes, de acordo com o período ponta e fora de ponta tanto para consumo de energia, quanto para demanda. Quando identificada uma oportunidade frente a alteração de modalidade tarifária, o pedido deve ser feito junto à sua concessionária de energia. Algumas instituições de ensino de menor porte podem entrar neste grupo, entretanto a escolha da modalidade tarifária depende de uma série de fatores, que devem ser analisados pela equipe gestora.

### Modelo de Avaliação de Contratos de Demanda de energia - MACDE

Existe uma ferramenta online e gratuita que avalia os contratos de demanda de energia chamada Modelo de Avaliação dos Contratos de De-

manda de Energia (MACDE), que foi criada no âmbito do projeto IFSC Sustentável - ações de gestão da sustentabilidade no IFSC, entre 2017 e 2018. Para obter a informação sobre o melhor tipo de contrato para sua edificação, basta inserir dados de demanda e de energia consumida nas horas ponta e fora ponta e alguns outros parâmetros auxiliares. É uma ótima ferramenta para uma análise simplificada.

Acesse a  
ferramenta  
[MACDE](#)

### 4.3. Gestão de Energia e Medição

Como mencionado no capítulo 3, o diagnóstico energético deve fazer parte de um sistema de gestão de energia, de forma que as ações identificadas e implementadas possam ser avaliadas constantemente sobre sua real efetividade. Por isso, é desejável que os gestores de edifícios também tomem as seguintes medidas administrativas:

- Designar um gestor predial ou síndico, com apoio de uma equipe local de técnicos de manutenção;
- Exigir das concessionárias de energia elétrica o envio das faturas individualizadas por edifício (no caso de haver mais de um edifício e de as medições serem individualizadas);
- Distribuir as faturas aos edifícios, para que cada gestor possa controlar o seu consumo energético mensal;
- Buscar se conscientizar sobre a importância de realização de medidas de eficiência energética;
- Realizar trabalho de conscientização ambiental para curto, médio

e longo prazo com os usuários;

- Aplicar incentivos por premiação ou recompensa para as edificações que alcançarem suas metas, como publicações mensais com rankings das edificações.

O gestor predial deve primeiramente conhecer seu edifício e seus sistemas básicos de água, energia, condicionamento artificial, manutenção e operação, sempre buscando medidas de melhorias tais como:

- Monitorar as faturas de energia, mantendo controle em planilhas e conferindo mensalmente a leitura dos medidores;
- Buscar causas de anomalias de consumo, o motivo de aumento ou redução de gastos, considerando fatores externos tais como variação da ocupação do edifício, efeitos da temperatura externa, período de férias e variação do período de leitura da fatura mensal;
- Realizar um inventário e manter uma planilha de lâmpadas e equipamentos de ar condicionado presentes no edifício;
- Identificar os equipamentos maiores consumidores de energia, e manter controle sobre sua utilização e períodos de manutenção;
- Identificar corretamente o quadro dos disjuntores e solicitar sua manutenção quando necessário;
- Fazer uma distribuição controlada das lâmpadas nas luminárias das salas e corredores, de acordo com a necessidade, podendo fazer a alternância de lâmpadas em ambientes pouco utilizados, sem prejudicar, no entanto, a iluminação necessária para exercer cada atividade;
- Aproveitar a iluminação natural dos ambientes quando possível, desligando as lâmpadas quando não há necessidade;
- Estabelecer procedimentos formais para horários de operação da iluminação e ar condicionado;

- Estabelecer procedimentos de controle do uso da bomba de água de acordo com sua utilização.

### Labsmart IFSC

O Labsmart do IFSC criou o Programa de Gerenciamento Energético (PGEN), que visa a inovação tecnológica em dispositivos para o gerenciamento energético inteligente, baseando-se na interação entre medidores eletrônicos de energia (concessionária) e no uso da Internet das Coisas (IoT).

Para gerenciar o desempenho energético, são elaborados gráficos com as curvas de carga diárias dos edifícios escolhidos e o histórico de consumo, mostrando em que dias o consumo foi alto, médio ou baixo.

Acesse o site do [Labsmart](#) ou do [PGEN](#)

Figura 8. Histórico de consumo no prédio do IFSC. Fonte: LabSmart.

## 4.4. Autogeração de Energia

Uma alternativa para redução dos gastos com energia elétrica é a autogeração por meio da geração distribuída, que pode ser realizada por diversas fontes primárias. A mais utilizada, devido sua eficiência e praticidade é a energia solar fotovoltaica, que consiste no aproveitamento da radiação solar para geração de eletricidade e é gerada a partir de painéis fotovoltaicos, que podem ser instalados nos telhados dos edifícios ou em solo. A eletricidade gerada pode ser utilizada instantaneamente (off-grid), armazenada em baterias ou injetada na rede elétrica através da conexão on-grid.

Instituições de ensino geralmente possuem espaço para a instalação de sistemas fotovoltaicos e, por isso, essa opção deve ser levada em consideração pelos seus gestores. Há casos em que a instituição pode gerar até mais energia do que o consumido por ela. Nesses casos, o excedente pode ser injetado na rede elétrica, por meio da conexão on-grid, gerando créditos para a instituição.

A viabilidade da instalação desses sistemas depende de alguns fatores:

- Tarifa de energia elétrica do local (R\$/kWh), pois quanto maior a tarifa menor será o tempo de retorno do investimento;
- Taxa de financiamento do sistema, nos casos em que não há investimento com recursos próprios;
- Radiação solar durante o ano;
- Inclinação;
- Orientação correta;

- Existência de sombreamento;
- Área disponível de instalação.

Uma primeira análise da viabilidade pode ser feita por meio de simuladores, que, com base no consumo mensal de energia, simula o custo de instalação de energia solar.

Com apenas o seu consumo e a sua cidade é possível calcular o custo médio do projeto fotovoltaico, bem como a quantidade de painéis fotovoltaicos, a geração anual de energia solar, a área necessária para a instalação e o peso médio por m<sup>2</sup> de placa solar instalada.

Simuladores e mais informações:

[Guia de EE  
SINDUSCON](#)

[CRESESB](#)

[América  
do Sol](#)

[Portal  
solar](#)

# 5 MEDIDAS DE EE EM NOVAS INSTITUI- ÇÕES DE ENSINO

- 5.1. Arquitetura Bioclimática .....36
- 5.2. Medição de Energia.....37
- 5.3. Divisão de Circuitos e Projeto Luminotécnico.....37

## 5. Medidas de EE em Novas Instituições de Ensino

Quando se planeja a construção de uma nova escola, deve-se, desde o início de seu projeto pensar em medidas de eficiência energética. Quando o projeto é pensado com esse olhar, recursos financeiros são poupados ao longo da vida útil do edifício, além de estabelecer um ambiente mais agradável aos seus usuários.

Em um [estudo](#) realizado pelo LabEEE e pelo LabSolar da Universidade Federal de Santa Catarina, estimou-se que um projeto bem pensado, consegue reduzir os gastos com energia em até 50% em uma edificação residencial. A seguir são apresentadas algumas ações que podem ser pensadas ainda na fase de projeto de novas edificações.

### 5.1. Arquitetura Bioclimática

#### Zero custo

- Projeto: é nessa fase que estão as melhores oportunidades para diminuir os gastos energéticos de uma edificação durante sua operação. Um bom projeto considera as melhores estratégias de implantação, orientação, materiais, ventilação e condicionamento de ar.
- Como medidas básicas, deve-se priorizar estratégias de ventilação

cruzada e noturna e sombreamento adequado, se necessário com o auxílio de brises, cobogós etc.

- A escolha das cores das paredes também deve levar em consideração a sua absorção de calor. Cores mais claras absorvem menos calor do que as mais escuras. Cores claras nas paredes externas reduzem a carga térmica por radiação direta e nas paredes internas reduzem a absorção de luz e aumentam a iluminação no plano de trabalho.

#### Baixo custo

- Fazer o isolamento térmico em coberturas, usando materiais isolantes com baixo índice de transmitância térmica (“U”), de acordo com a NBR 15220-Desempenho térmico de edificações, 2003.

#### Médio e alto custo

- Fazer uma avaliação com um profissional e verificar a necessidade de fixação de películas de controle solar nas janelas ou sombreamentos externos como brises e se necessário, fazer a instalação.
- Fazer uma avaliação com um profissional e verificar a possibilidade de realização de um telhado verde na cobertura da edificação. Além

de propiciar um ambiente mais agradável, esta estratégia pode reduzir cerca de 30% a radiação solar, diminuindo as temperaturas e aumentando a umidade dos locais onde estão instalados.

- Para edifícios complexos, há ainda a possibilidade de realização de simulações computacionais para avaliar as melhores estratégias de reduções energéticas aliadas ao conforto térmico dos usuários por empresas especializadas.

## 5.2. Medição de Energia

Uma medida importante, é a instalação de um medidor de energia individual para cada edifício ou a medição de cargas representativas, por exemplo para o sistema de ar condicionado. Com essa medida, é possível monitorar desde o início o consumo do prédio ou sistema individual em questão, possibilitando a verificação de anomalias de consumo.

## 5.3. Divisão de Circuitos e Projeto Luminotécnico

Apesar da divisão dos circuitos de iluminação na fileira mais próxima às janelas poder ser feita após a construção do edifício, recomenda-se que ela seja feita na etapa de projeto, sendo um dos requisitos para obtenção do nível A do PBE Edifica. Isso pode ser realizado através de um

projeto luminotécnico em consonância com o projeto arquitetônico. Além disso, através do projeto, é importante verificar se a Densidade de Potência de Instalada DPI ( $W/m^2$ ) está adequado às normas vigentes.

## Edifício NET Zero

Net Zero Energia é um conceito utilizado para edifícios que têm seu balanço energético igual a zero. Isso quer dizer que toda a energia que é consumida no local é também gerada no local. Assim, é possível ter uma economia financeira nos serviços de energia, além de ser ambientalmente sustentável.

## Creche Hassis, Florianópolis

A Creche Hassis, localizada em Florianópolis, Santa Catarina, é um bom modelo de edifício educacional sustentável. Foi a primeira creche no mundo e o primeiro edifício público no Brasil a receber a classificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), que é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações e também está registrado para obtenção da certificação GBC Zero Energy, na qual o edifício comprova que o consumo de energia local da operação anual é zerado através da combinação de ações de eficiência energética e geração de energia por fontes renováveis.

Para se construir um edifício como esse, as ações começam na fase de

projeto. No caso da creche, foram realizadas análises de eficiência e sustentabilidade que indicaram que a certificação era possível com algumas alterações no projeto inicialmente pensado. As alterações são responsáveis atualmente por uma economia R\$ 17.400 por ano.

As inovações referentes à eficiência energética e geração de energia no projeto incluem:

- Geração de energia fotovoltaica: com 21kW de potência instalada em painéis fotovoltaicos, geração suficiente para suprir 100% da energia da creche. O sistema de energia fotovoltaica é interligado à rede elétrica pública, dispensando os bancos de baterias. A creche chega a gerar até mais do que seu consumo em alguns meses. O excedente de energia gerada é injetado na rede elétrica como crédito para a prefeitura usar em outras unidades escolares.
- Aquecimento de água por energia solar: coletores solares instalados no telhado absorvem a energia solar e aquecem a água dentro de um reservatório térmico.
- Lâmpadas com sensores de movimento e luminosidade.
- Aproveitamento da luz natural.
- Ventilação natural através da utilização de elementos vazados de concreto ao longo dos beirais, que possibilita a renovação e circulação do ar nos forros e áreas de circulação, promovendo também conforto térmico.

# 6 ESTUDOS DE CASO

6.1 Diagnóstico Presencial no IFSC .....	40
6.2 Diagnóstico Remoto no IFCE .....	50
6.3 Lições Aprendidas do Diagnóstico Energético Remoto .....	64

## 6. Estudos de Caso na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica

Conforme comentado no capítulo 2, as sugestões de medidas de eficiência energética aqui apresentadas foram direcionadas a instituições de ensino com base nos diagnósticos realizados em dois campi da Rede Federal EPCT: o campus Florianópolis do IFSC e o campus Fortaleza do IFCE. Um dos critérios de escolha dos dois campi foi estarem em regiões do país que possuem diferentes características climáticas, de forma que fosse possível observar diferenças no consumo energético, ampliando o alcance das sugestões a um maior número de escolas espalhadas pelo país.

### 6.1 Diagnóstico Presencial no Bloco C do IFSC

A Equipe da Mitsidi Projetos realizou um diagnóstico energético presencial no Bloco C do IFSC, em Florianópolis, nos dias 13 e 14 de fevereiro de 2020. Neste trabalho, foram seguidas as etapas colocadas no capítulo 3 e seus resultados são resumidos a seguir.

#### ETAPA 1: Planejamento e Coleta de Dados

##### OBJETIVOS

- **Metas específicas:** o diagnóstico teve a finalidade de identificar medidas de eficiência e gestão energéticas viáveis para a edificação.
- **Critério para seleção da escola:** consumo de energia, componentes da instalação elétrica (quadros de distribuição e medição, circuitos elétricos e plantas) que favoreciam a realização das análises de eficiência energética de forma didática e replicável em outros campi.
- **Edificação:** Bloco C do IFSC – Campus Florianópolis

##### DADOS PRELIMINARES

- **Documentos recebidos:** Diagramas elétricos e arquitetônicos, faturas de energia e um documento com levantamento prévio dos equipamentos instalados no bloco C.
- **Ações de EE já realizadas:** Levantamento de equipamentos elétricos realizado pela equipe IFSC Sustentável. Instalação de sistema fotovoltaico, instalação de medidores inteligentes (no âmbito do Programa Labsmart) e avaliação da contratação de energia, por meio da ferramenta MACDE.

- **Dados de consumo de energia de no mínimo 12 meses:** 1.339.734 kWh/ano
- **Fatura de eletricidade:**

*Figura 10. Fatura de energia elétrica. Fonte: IFSC.*

- **Área total:** aproximadamente 43.000 m<sup>2</sup> (todo o instituto) e 7.060m<sup>2</sup> (apenas o bloco C)
- **Layout básico do edifício, com nº de andares e de elevadores:** térreo e 3 andares; um elevador
- **Perfil dos ocupantes:** Professores, alunos e servidores que trabalham em 3 turnos de aula (manhã, tarde e noite)
- **Horário de operação e seus responsáveis:**  
Horário de início das atividades na edificação: 06:30

*Figura 11. Esquema de blocos do Instituto. Fonte: IFSC.*

- **Horário de término das atividades na edificação:** 23:00
- **Dias de operação por semana:** 5
- **Dificuldades encontradas pela equipe de gestão:** computadores e lâmpadas ligadas entre os turnos de aula, uso do elevador pelos alunos para descer apenas 1 andar.
- **Problemas que ocorrem no edifício:** queima de lâmpadas fluorescentes, sistema de renovação de ar das salas de aula com mal funcionamento, integração da iluminação natural e artificial, com divisão de circuitos elétricos na fachada.
- **Compreensão inicial AVAC:** splits das salas de aula, informática e departamentos.

- **Medições já realizadas:** disponível no site [Labsmart](#)
- **Curvas de carga:**

*Figura 12. Curva de carga do Intituto. Fonte: Labsmart.*

- **Perfil de consumo:** do mês de fevereiro

*Figura 15. Perfil de consumo. Fonte: Labsmart.*

\*É importante destacar que a imagem mostra apenas um exemplo de consumo mensal. O consumo pode variar bastante de mês para mês em instituições de ensino.

*Figura 13. Curva de carga do Intituto. Fonte: Labsmart.*

*Figura 14. Gráfico de curva de carga relacionada com a temperatura. Fonte Labsmart..*

## ETAPA 2: Obtenção de Informações Técnicas e Vistoria

### LOCAIS VISITADOS

Com apoio do técnico local, foram visitadas as áreas de refeitório no térreo, xerox, escadas e rampas, salas de aula, banheiros, depósitos, salas de informática, laboratórios, salas dos professores, departamentos e cobertura. Além disso, também foi feita uma visita técnica ao CPD/ sala de TI do campus, visita em áreas externas, sistema fotovoltaico instalado e quadras.

### MATERIAIS

Os materiais utilizados para o diagnóstico foram: câmera, prancheta para anotações, alicate amperímetro, luvas de borracha, termômetro infravermelho, trena à laser e luxímetro.

### SISTEMAS ANALISADOS

As informações a seguir foram obtidas por meio de dados fornecidos pela equipe gestora do edifício e dos levantamentos e diagnósticos dos sistemas de iluminação interna e externa, cargas de tomada, ar condicionado, CPD do campus e outros (elevadores, refeitórios, etc) realizados na visita técnica, inclusive com medição de cargas instantâneas em quadros elétricos.

- Sistemas elétricos  
O edifício é atendido pela concessionária CELESC, Grupo A4 na modalidade tarifária horária verde, poder público.

- Iluminação interna  
A iluminação interna do bloco C do Campus Florianópolis – IFSC é feita predominantemente por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 32W de potência (1.456 de um total de 1.482 lâmpadas no prédio), sendo que 5,4% dessas lâmpadas estão queimadas. A distribuição de cada tipo de lâmpada é mostrada em resumo na [Tabela 2](#).

Tabela 2. Distribuição das lâmpadas no IFSC - bloco C. Fonte: Mitsidi Projetos.

Iluminação Interna				
Ambiente	Sistema atual	Tipo de Lâmpada	Potência Lâmpadas (W)	Perdas Reatores (W)
Salas	6 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	192	9
	490 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	640	30
	18 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	576	27
	2 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT10 40W	80	3
	5 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	320	15
	4 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	256	12
Corredores, Escadas, Halls e Rampas	72 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	1536	72
	8 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	128	6
	9 Luminária(s) de 1 lâmpada(s)	FC	135	0
	8 Luminária(s) de 1 lâmpada(s)	FC	120	0
	1 Luminária(s) de 1 lâmpada(s)	FC	20	0
	2 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	64	3
Banheiros	16 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	256	12
	18 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	384	18

- **Iluminação externa**  
Há presença de lâmpadas no exterior no piso térreo da edificação, a [Tabela 3](#) apresenta a composição.

Tabela 3. Distribuição das lâmpadas externas no IFSC - bloco C. Fonte: Mitsidi Projetos.

Iluminação Externa				
Ambiente	Sistema atual	Tipo de Lâmpada	Potência Total Lâmpadas (W)	Perdas Reatores (W)
Pátio Externo - Térreo	23 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT8 32W	1472	69
	2 Luminária(s) de 2 lâmpada(s)	FT10 40W	160	6

- **Cargas de tomada e ar condicionado**  
Além da iluminação, também foram quantificados outros equipamentos elétricos. No edifício do IFSC há diversos equipamentos, como de escritório, eletrodomésticos, de climatização etc. Através do levantamento desses equipamentos construiu-se a [Tabela 4](#).

Tabela 4. Quantificação dos equipamentos do IFSC - bloco C. Fonte: Mitsidi Projetos.

Equipamento	Quantidade
Computadores	376
Monitores	390
Microondas	6
Impressoras	16
TVs	7
Frigobares	5
Ar condicionado	95

### Etapa 3: Análise e Definição das Medidas de Eficiência Energética (MEEs)

#### ANÁLISE

- **Consumo histórico de energia:**

Com as faturas de energia de 12 meses, foi feita uma análise do consumo anual de energia. No IFSC, com os dados de novembro de 2018 a outubro de 2019, foi possível perceber que o maior consumo ocorreu no mês de maio, por ser um mês de alto índice de ocupação do prédio e o menor, no mês de fevereiro, por ser um mês com menos dias úteis. As tarifas de energia mais recentes, obtidas na última fatura de energia disponível (novembro de 2019), são de 1,74 R\$/kWh na ponta e 0,44 R\$/kWh fora ponta.

É importante destacar que apesar de climatização ser o maior sistema consumidor, não foi o sistema que mais gerou possibilidade de economia. Ao final, pode-se ver que a maior economia foi com iluminação interna.

*Figura 16. Gráfico de consumo elétrico anual do edifício IFSC - Florianópolis de novembro de 2018 a outubro de 2019.*

- **Consumo por uso final:**

Com os dados obtidos, foi possível construir o gráfico apresentado na [Figura 17](#) com a estimativa de participação de cada uso final no consumo de energia elétrica da edificação.

A [Tabela 5](#) mostra a separação de equipamento por grupo.

Percebeu-se que a climatização é a grande consumidora de energia (62%), seguida da iluminação interna (24%), equipamentos de informática (10%), sistemas de refrigeração (2%) e outros (2%), o que indica maior potencial de ações de eficiência nos equipamentos de condicionamento de ar.

*Figura 17. Gráfico de consumo por uso final. Fonte: Misidi Projetos*

Tabela 5. Separação de equipamento por grupo.

Iluminação interna	Iluminação externa	Aquecimento	Climatização	
Salas	Corredores	Banho Maria	Ar condicionado	
Corredores	Pátios externos cobertos ou não	Estufas	Ventiladores	
Pátios	Estacionamentos	Microondas	Umidificadores	
Outras áreas internas	Quadras cobertas ou não	Chuveiros	Aquecedores	

  

Sistemas de refrigeração	Equipamentos hospitalares	Equipamentos de informática	Data centers	Outros
Geladeiras	Cadeira dentista	Computadores	Rack	Máquina de lavar
Freezers	Compressores	Impressoras	Outros semelhantes	Cafeteiras
Câmara fria	Autoclave	Monitores		Liquidificadores
Frigobares	Bamba à vácuo			Outros

## LISTA DE MEDIDAS

Com base nas análises realizadas, foram levantadas medidas de zero, baixo e médio-alto custo que podem ser realizadas no bloco C do Campus Florianópolis – IFSC, listadas na [Tabela 6](#) a seguir.

Tabela 6. Lista de MEEs para o IFSC - bloco C. Fonte: Mitsidi Projetos.

### Medidas de zero custo

#### Desligamento correto dos equipamentos de escritório e da iluminação

**Descrição:** Muitos equipamentos de escritórios e iluminação acabam ficando ligados ou em modo de suspensão durante a noite e finais de semana, desperdiçando energia, principalmente os computadores das salas de informática e iluminação de salas de aula. Essa medida propõe a conscientização dos usuários para garantir que os equipamentos de escritório e iluminação, tais como computadores, monitores e lâmpadas sejam desligados corretamente.

**Ação imediata:** Colocar etiquetas educativas, encaminhar e-mails de divulgação e realizar sensibilização das boas práticas para orientar os gestores e usuários sobre a utilização desses equipamentos e demonstrar o impacto das suas ações no consumo geral da edificação.

### Aproveitamento da Iluminação Natural

**Descrição:** As salas de aula voltadas para a fachada norte possibilitam a utilização da iluminação natural, ação que pode reduzir o consumo de energia da edificação. Essa medida propõe que os usuários priorizem a utilização da iluminação natural, o que proporciona um maior conforto ambiental e um menor consumo de energia. Um bom exemplo para essa ação é o desligamento das lâmpadas próximas às janelas nos períodos favoráveis à utilização da iluminação natural, o que é possível na maioria das salas do Bloco C.

**Ação imediata:** Realizar sensibilização das boas práticas para orientar os gestores e usuários sobre a utilização da iluminação natural e demonstrar o impacto das suas ações sobre o consumo geral da edificação.

### Boas práticas no uso dos equipamentos de ar condicionados

**Descrição:** Durante a vistoria, foram vistos alguns equipamentos de ar condicionado com setpoint de 18° C, com pouquíssimas pessoas na sala. Algumas práticas de boa utilização dos equipamentos de ar condicionado resultam em economia de energia, como por exemplo:

Fixar a temperatura de setpoint entre 22°C e 24°C;

Desligar o equipamento quando o ambiente estiver desocupado;

Fechar portas e janelas enquanto o equipamento estiver ligado.

**Ação imediata:** Colocar etiquetas educativas, encaminhar e-mails de divulgação e realizar treinamentos para orientar os gestores e usuários sobre as boas práticas de utilização e demonstrar o impacto das suas ações no consumo geral da edificação.

### Medidas de médio-alto custo

Substituição de 2 equipamentos de ar condicionado Split de 60000BTUs por outros mais eficiente e de mesma capacidade térmica. (CPD)

Substituição de 1454 lâmpadas FT8 de 2X32W por 1454 lâmpadas LEDT8 de 2X20W

Substituição de 8 lâmpadas FT10 de 2X40W por 8 lâmpadas LEDT8 de 2X20W

Substituição de 15 lâmpadas FC de 1X15W por 15 lâmpadas LEDBulbo de 1X9,5W

Instalação de 36 sensores de presença nos banheiros, sendo um por luminária instalada.

### POTENCIAL DE ECONOMIA

Na [Tabela 7](#) e na [Figura 18](#) seguem, de forma detalhada, os ganhos energéticos e financeiros esperados para cada ação de eficiência energética recomendada para a edificação.

*Tabela 7. Tabela de ganhos no IFSC - Bloco C. Fonte: Mitsidi Projetos.*

Uso Final	Ganhos Energéticos (kWh/ano)	Ganhos Financeiros (R\$/ano)	Investimentos (R\$)	Payback (anos)
Iluminação Interna	51.845	R\$ 36.376	R\$ 65.248	1,8
Iluminação Externa	624	R\$ 438	R\$ 2.210	5,0
Troca de Ar Condicionados	4.350	R\$ 3.052	R\$ 14.600	4,8
Sensores de Presença	1.556	R\$ 1.091	R\$ 3.164	2,9
<b>TOTAL</b>	<b>58.377</b>	<b>R\$ 40.959</b>	<b>R\$85.223</b>	<b>2,1</b>

*Figura 18. Potencial de economia com ações de eficiência energética por uso final.*

Dentre as medidas sugeridas, a troca da iluminação interna é a que possui maior potencial de economia (89%), seguido da troca de ar condicionados (7%), instalação de sensores de presença (3%) e troca com a iluminação externa (1%). Além disso se previu um ganho financeiro de aproximadamente 41 mil reais ao ano, o que levaria a um payback de 2,1 anos, tendo alto índice de viabilidade.

## 6.2 Diagnóstico Remoto no IFCE

### ETAPA 1: Planejamento e Coleta de Dados

#### OBJETIVOS

- **Metas específicas:** Os principais objetivos do Diagnóstico Energético foram mapear o perfil de consumo e identificar os potenciais de economia. Paralelamente, por se tratar de uma aplicação remota, documentar os processos e interações entre as equipes do Energy Brain e o IFCE, no intuito de aproveitar essa experiência na capacitação dos docentes e evidenciar a escalabilidade deste processo em demais instituições de ensino.
- **Critérios para seleção da escola:** consumo de energia, componentes da instalação elétrica (quadros de distribuição e medição, circuitos elétricos e plantas) que favoreciam a realização das análises de eficiência energética de forma didática e replicável em outros campi.
- **Edificação:** Bloco das Artes do Campus Fortaleza do IFCE.

#### DADOS PRELIMINARES

- **Documentos recebidos:** Diagramas elétricos e arquitetônicos, faturas de energia, fotos e um documento com levantamento prévio dos equipamentos instalados.
- **Ações de EE já realizadas:** Nenhuma.
- **Dados de consumo médio de energia em 12 meses:** 41.477 kWh/ano
- **Fatura de eletricidade:**

Figura 19. Fatura de energia elétrica. Fonte: IFCE.

- Casa de Artes e Espaço Zen: A partir de setembro a fatura foi vinculada à do Mestrado de Artes.
- Mestrado de Artes: alimentada em média tensão, A4, e modalidade tarifária horo sazonal verde incluindo o prédio da Coordenadoria do Mestrado de Artes e Licenciatura em Teatro. A partir do mês de outubro, passou-se a incluir todas as edificações antes alimentadas pela fatura da Casa de Artes e o Espaço Miráima entrou em funcionamento.
- **Área total:** Espaço Miraima com 249m<sup>2</sup>, Espaço Zen com 57m<sup>2</sup>, Casa das Artes com 124m<sup>2</sup> e Coordenadoria da Licenciatura em Teatro e Mestrado em Artes com 668m<sup>2</sup>.
- **Layout básico do edifício, com nº de andares e de elevadores:** 1 pavimento.
- **Número de ocupantes:** Espaço Zen e Miraima com 57 ocupantes, Casa das artes com 39 ocupantes, Coordenadoria com 101 ocupantes. Total: 197.
- **Perfis dos ocupantes:** Professores, alunos e servidores que trabalham em 3 turnos de aula (manhã, tarde e noite)
- **Horário de operação e seus responsáveis:**
  - Os horários de operação foram fornecidos pela equipe do IFCE:
    - O prédio funciona 12h por dia, 5 dias por semana e 45 semanas no ano
    - Ao todo são 50 dias parados ao ano.
- **Dificuldades encontradas pela equipe de gestão:** A equipe que fez a vistoria não comentou nenhuma dificuldade encontrada.
- **Problemas que ocorrem no edifício:** A equipe que fez a vistoria não comentou problemas no edifício.

Figura 20. Layout básico. Fonte: IFCE.

- **Compreensão inicial AVAC (Aquecimento, ventilação e ar condicionado):** Ar condicionado split e parede
- **Medições já realizadas:** Nenhuma
- **Curvas de carga:** Nenhuma
- **Perfil de consumo:** os meses que precedem o período de férias (junho e novembro) representam uma elevação do consumo, o que é esperado em função do aumento da demanda por parte das atividades acadêmicas. Os meses de setembro e outubro tiveram acréscimo considerável o que se relaciona com o processo de comissionamento e início das operações do Espaço Miraíma que se deu em outubro. Este espaço, em função da elevada carga de climatização, é um ponto de atenção frente à instalação como um todo.

## ETAPA 2: Obtenção de Informações Técnicas e Vistoria

### LOCAIS VISITADOS

- Foram visitados o espaço Zen, pátio lateral, Salão Miraíma, banheiros, depósito e hall de entrada. Na casa das artes foram visitados o DCE, espaço administrativos, copa, recepção, hall das escadas, escadas, sala de artes plásticas, varanda externa, banheiros, sala de teatro e LPCT. Já na Coordenadoria, foram visitadas as áreas de circulação, recepção, banheiros, salas de aula e salões, depósito, copa, gabinetes dos professores, sala da coordenadoria e escadas. Todas as visitas foram feitas pela equipe do IFCE, por se tratar de um diagnóstico remoto.

### MATERIAIS

- Os materiais utilizados para o diagnóstico foram câmera e prancheta.

### SISTEMAS ANALISADOS

- A fase de levantamento permitiu identificar todos os equipamentos presentes por ambiente que compõe o Bloco de Artes, bem como avaliar algumas particularidades da racionalidade de uso energético nestes locais. A organização dos equipamentos por uso final objetiva mapear o consumo e permitir a estruturação de medidas de eficiência energética; dentre eles, temos: Iluminação (IL), Ar Condicionado (AC), Refrigeração (RF), Calor de Processo (CP) e Carga de Tomadas. Além disso, foram realizados levantamentos e diagnósticos dos sistemas de iluminação interna e externa, cargas de tomada, ar condicionado, e outros. As tabelas a seguir resumem os levantamentos realizados.

Tabela 8. Iluminação interna do bloco de artes.

ILUMINAÇÃO				
EDIFICAÇÃO	Aplicação	Tipo de Lâmpada	Potência Lâmpadas (W)	Quantidade
MESTRADO DE ARTES	Salas de Aula	DIC	50	8
		FC	20	4
		LEDT12	36	75
	Salas Administrativas	LED T12	36	14
		FT5	20	2
	Halls	FC	20	24
		LEDT8	18	2
		FT8	36	4
		DIC	50	5
	Depósitos	FC	20	2
		FT8	36	4
	Banheiros	FC	20	6
Copa	FC	20	2	
CASA DE ARTES	Salas de Aula	LED T8	18	6
		LED T12	36	22
	Salas Administrativas	LED T12	36	16
	Halls	LED T8	18	9
		LED C	9	2
	Depósitos	LED C	9	1
	Copa	LED T12	36	2
	Banheiros	LED T8	18	2
LED T12		36	4	

EDIFICAÇÃO	Aplicação	Tipo de lâmpada	Potência Lwâmpadas (W)	Quantidade
ESPAÇO ZEN E MIRAÍMA	Salas de Aula	LED T12	36	108
	Hall	LED T8	18	2
		LED C	15	1
	Banheiro	LED T8	18	4
	Estoque	LED T8	18	2

Tabela 9. Equipamentos de ar condicionado do Bloco de artes.

AR CONDICIONADO						
EDIFICAÇÃO	APLICAÇÃO	EQUIPAMENTO	POT. (BTU/H)	QTDE. (W/W)	ETIQUETA	COP
MESTRADO DE ARTES	Salas de Aula	Split - Springer	36000	6	C	2,91
		Split - Samsung	24000	1	A	3,3
		Split - Panasonic	18000	1	A	3,46
	Salas Administrativas	Split - Panasonic	18000	4	A	3,46
	Estoque	Split - Panasonic	18000	1	A	3,46
CASA DE ARTES	Salas de Aula	Parede - Springer	10000	1	C	2,5
		Parede - Elgin	10000	1	C	2,5
		Split - Fujitsu	27000	1	A	3,41
		Split - Samsung	12000	1	A	3,51
		Split - York	9000	1	C	2,79
	Salas Administrativas	Split - Midea	18000	1	A	3,25
		Parede - Springer	7000	2	C	2,5
Copa	Parede - Springer	7000	1	C	2,5	
ESPAÇO ZEN E MIRAÍMA	Salas de Aula	Split - Elgin	30000	10	A	3,24
		Split - Samsung	18000	2	A	3,4

Tabela 10. Outros equipamentos encontrados no bloco de artes.

OUTROS EQUIPAMENTOS				
	Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Uso Final
MESTRADO DE ARTES	Cafeteira	1	600	Calor de Processo
	Frigobar – 122 L	1		
	Proj. Data Show	1		Refrigeração
	Equip. Som	1	100	Carga de Tomada
	Computador com monitor	5	300	
CASA DE ARTES	Computador com monitor	3	300	
	Impressora Laser	1	200	
	Switch de internet		120	
	Equip. Som	1	150	
	Televisor 29”		200	
	Ventilador	1	140	
	Refrigerador 120 L	1		Refrigeração
ANEXOS	Bebedouro 50 L	1		Refrigeração

### Etapa 3: Análise e Definição das Medidas de Eficiência Energética (MEEs)

#### ANÁLISE

- **Consumo histórico de energia:** Com as faturas de energia de 12 meses, foi feita uma análise do consumo anual de energia. No IFCE, com os dados de janeiro de 2019 a dezembro de 2019, foi possível perceber que o maior consumo ocorreu no mês de novembro, por ser um mês de alto índice de ocupação do prédio e muito quente, e o menor, no mês de julho, por ser um mês de férias.

*Figura 21. Gráfico de consumo total. Fonte: Energy Brain.*

- **Consumo por uso final:**

No gráfico do balanço energético, apresentado na página a seguir ([Figura 22](#)), observa-se a preponderância da climatização sobre o consumo energético correspondendo a 74%, seguido por iluminação com 18%. Cargas de tomada, refrigeração e calor de processo tiveram participação pouco expressiva, o que já era esperado em função das instalações identificadas.

#### LISTA DE MEDIDAS

Após a coleta dos dados, estabelecimento de hipóteses acerca dos dados operacionais e utilizando rotinas de cálculo de balanço energético para o cenário atual e propostos das instalações, mesclado com análise de viabilidade econômica, foi possível identificar uma série de oportunidade de redução do consumo e gasto com energia. Para tanto, considerou-se os equipamentos mais eficientes disponíveis no mercado, adequação de instalações luminotécnicas a fim de reduzir a operação em períodos sem ocupação, mecanismos e adaptações para redução de carga térmica e reavaliação da contratação junto à concessionária Enel – CE. O conjunto das principais recomendações são listadas na [Tabela 11](#).

*Figura 22. Balanço energético do Bloco das artes. Fonte: Energy Brain.*

Tabela 11. MEEs identificadas no IFCE.

### Medidas de zero custo

#### Recontratação de demanda da unidade consumidora mestrado de artes

**Descrição:** No grupo de tensão A estão disponíveis as modalidades tarifárias horo-sazonal verde e azul. A modalidade verde prevê um valor de tarifa para demanda e valores diferentes para energia consumida no horário de ponta e fora ponta. A azul prevê valores diferentes, de acordo com o período ponta e fora ponta tanto para consumo de energia, quanto para demanda.

**Ação imediata:** Fazer uma análise mais aprofundada, podendo se valer da ferramenta gratuita MACDE, e contatar a concessionária de energia.

#### Boas práticas no uso dos equipamentos de ar condicionados

**Descrição:** Durante a vistoria, foram vistos alguns equipamentos de ar condicionado com setpoint de 18° C, tanto no Mestrado de Artes (recepção, algumas salas de aula, todos os gabinetes, entre outros), quanto na Casa de Artes (administração, copa, sala de artes plásticas etc). Algumas práticas de boa utilização dos equipamentos de ar condicionado resultam em economia de energia, como por exemplo:

Fixar a temperatura de setpoint entre 22°C e 24°C;

Desligar o equipamento quando o ambiente estiver desocupado;

Fechar portas e janelas enquanto o equipamento estiver ligado.

**Ação imediata:** Colocar etiquetas educativas, encaminhar e-mails de divulgação e realizar treinamentos para orientar os gestores e usuários sobre as boas práticas de utilização e demonstrar o impacto das suas ações no consumo geral da edificação.

#### Substituição de aparelhos menos eficientes para modelos mais eficientes (após o fim da vida útil)

**Descrição:** Foram mapeados uma série de equipamentos com baixo nível de eficiência, porém, com operação limitada a poucas horas por dia (entre 3 e 6). Ao fazer a avaliação de substituição desses aparelhos, mostraram-se como investimentos de payback muito elevado (mais de 10 anos), não sendo sugerida a troca no momento, mas sim ao fim das suas vidas úteis. Também é o caso de equipamentos de refrigeração, que podem ter uma participação significativa na fatura de energia, principalmente os mais antigos e com tecnologias obsoletas, que ainda podem apresentar perda de eficiência com o passar dos anos. Essa depreciação ocorre de forma exponencial e começa a ser notada mais fortemente após 10 anos de uso. Uma avaliação da viabilidade da troca deve ser feita a partir dessas informações.

**Ação (ao final da vida útil dos equipamentos):** Para os aparelhos de 36000 BTUs (modelo Silvermaxi) avalia-se a substituição por aparelhos split cassetes com nível de eficiência (EER) de 3,35; para os aparelhos de 9000 BTUs, avalia-se a substituição por split com tecnologia inverter com nível de eficiência (EER) de 3,49.

Obs.: essa medida foi considerada de zero custo, por considerar que o equipamento é necessário e sendo indicada a substituição somente ao final da vida útil dos existentes.

### Medidas de baixo custo

#### Substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED em ambientes internos

**Descrição:** Observou-se uma presença majoritária de lâmpadas do tipo LED, o que já demonstra um esforço para alcançar maior eficiência. Entretanto, ainda resta uma quantidade significativa de lâmpadas fluorescentes. Nesse sentido, propõe-se a substituição de 41 lâmpadas fluorescentes de 20W por lâmpadas LED de 9,8W. Tal substituição leva em conta a correspondência entre os fluxos luminosos destas duas tecnologias.

**Ação imediata:** substituir as 41 lâmpadas (hall principal e externo, recepção, banheiros, copa etc).

#### Instalação de temporizador no espaço Miraíma

**Descrição:** O Espaço Miraíma é um ponto de atenção em função da elevada carga de climatização instalada. Em função disso e avaliando cenários possíveis do cotidiano, que envolvem o esquecimento de aparelhos de ar condicionado operando em períodos sem ocupação, propôs-se meios de mitigar esse risco. Dentre as medidas possíveis, a instalação de um temporizador foi escolhida.

A avaliação da implementação de um temporizador partiu da hipótese de esquecimento médio de 12 horas/mês, o que corresponde aproximadamente ao esquecimento no período noturno e desligamento no período diurno, ao menos uma vez por mês.

**Ação imediata:** Instalar 1 temporizador no espaço Miraíma.

### Medidas de médio-alto custo

#### Pintura do telhado do mestrado de artes da cor branca

**Descrição:** Uma das fontes de calor dos ambientes, que podem ser atenuadas, provém da radiação absorvida pela envoltória da edificação que se converte em aumento da temperatura. Para reduzir a absorvidade de calor, a técnica mais simples é a pintura da cobertura de branco ou outras cores claras.

**Ação imediata:** Pintar 150m<sup>2</sup> de telhado do mestrado.

#### Instalação de sensores de presença em ambientes internos e de circulação

**Descrição:** A proposição desta medida centra-se em reduzir o tempo de funcionamento da iluminação em ambientes internos de circulação ao evitar a operação em períodos ou intervalos sem ocupação. A análise leva em consideração o preço médio da tarifa para medidas de iluminação (R\$ 0,67 /kWh), a potência e quantidade das lâmpadas, o perfil de operação atual e o proposto com redução horária. Para tanto, considerou-se 1 sensor por luminária (somando um total de 15).

**Ação imediata:** instalação de 9 sensores na Coordenadoria (banheiros e circulação), 4 sensores na Casa das artes (banheiro e circulação), 2 sensores nos anexos (banheiros)

**Substituição de ar-condicionado da coordenadoria de licenciatura por modelo mais eficiente**

**Descrição:** Em função do tempo elevado de operação do ambiente da Coordenadoria de Licenciatura em Teatro e do baixo nível de eficiência dos equipamentos de ar-condicionado ali instalados (EER de 3,05), sugere-se a troca por outros de maior eficiência e igual capacidade.

**Ação imediata:** Substituir aparelhos existentes na Coordenadoria por um modelo multisplit com 2 unidades de 9000 BTUs cada, com nível de eficiência (EER) de 5,27, tecnologia inverter.

**Instalação de persianas nas janelas da casa de artes**

**Descrição:** Uma das fontes de calor dos ambientes que pode ser mitigada provém da radiação que passa através dos vidros elevando a temperatura interna dos ambientes. Uma forma de mitigação é a instalação de persianas na parte interna desses ambientes.

**Ação imediata:** Instalar persianas na Casa das artes (DEC, administração, copa, recepção, LPCT, hall, escada e figurino 3).

**Instalação de brises em janelas**

**Descrição:** Uma das fontes de calor que pode ser retirada dos ambientes provém da radiação que passa através dos vidros, elevando a temperatura interna dos ambientes. Um dos meios possíveis de reduzir a sujeição a essa fonte de calor é a instalação de brises na parte externa dos ambientes.

**Ação imediata:** Instalar brises no Mestrado das artes (sala de aula cena 4) e na Casa das artes (copa e recepção).

### Potencial fotovoltaico

A análise do potencial fotovoltaico foi realizada de modo a avaliar dois cenários distintos de oportunidade que o campus de Fortaleza do IFCE dispõe. O primeiro cenário, I, parte do pressuposto de aproveitamento das 68 placas fotovoltaicas já disponíveis de modo avulso na instituição. O cenário II pressupõe o direcionamento de um projeto de unidade de autogeração fotovoltaica, com 32 placas FV, já adquirido pela instituição, e que contempla desde os custos dos equipamentos à instalação.

O cenário I demandou uma área de instalação de aproximadamente 170 m<sup>2</sup>, o que aparentemente está disponível, seja no telhado do prédio do Mestrado das Artes, ou no do Espaço Miraíma; caberia avaliar, do ponto de vista estrutural, se há compatibilidade para uma estrutura com carga distribuída de 14,82 kg/m<sup>2</sup>. Considerando uma potência instalada de 21,12 kWp e a produtividade média de Fortaleza (2.060 kWh/m<sup>2</sup> ano), tem-se um potencial de geração anual média de 31.754 kWh, o que representa uma economia anual de R\$ 21.275.

O cenário II, por ser menor em relação ao cenário I, requer uma área de instalação da ordem de 85m<sup>2</sup>, com uma densidade de carga para a estrutura de 14,82 kg/m<sup>2</sup>; o que caberia avaliar, do ponto de vista estrutural, em qual telhado instalar. Com uma potência instalada de 10,64 kWp e produtividade média de Fortaleza (2.060 kWh/m<sup>2</sup> ano), estima-se uma geração anual média de 15.877 kWh, representando uma economia anual média de R\$ 10.638.

Considerou-se, para ambos os cenários, módulos fotovoltaicos com potência de 330Wp e tarifa média de 0,67 R\$/ kWh. A avaliação considerou, além dos parâmetros já listados, os custos de aquisição de equipamentos e instalação. Em virtude de não estar claro a disponibilidade de mão de obra no campus frente a estes cenários, optou-se por não avaliar o payback para não incorrer no risco de viés na análise.

### POTENCIAL DE ECONOMIA

No Gráfico da [Figura 23](#), é possível ver que o IFCE tem grande potencial de economia com a instalação dos dois sistemas fotovoltaicos, de acordo com os cenários supracitados. Percebe-se também que a instalação dos dois sistemas poderia ser responsável por mais de 70% do consumo energético do campus. Entretanto, o melhor cenário seria considerar primeiro as ações de eficiência energética, que visam diminuir o consumo de energia e apenas depois pensar em geração de energia. Assim, é possível otimizar e reduzir a geração de energia solar, economizando em sua instalação. Das ações de eficiência energética propriamente ditas, percebe-se que a maior economia com MEEs se daria pelo aumento do setpoint do ar condicionado, uma medida de custo zero, como pode ser visto em detalhes na [Tabela 12](#).

Tabela 12. Ganhos financeiros, energéticos, investimentos e payback das MEEs no IFCE.

Medidas de Eficiência Energética	Ganhos Energéticos (kWh/ano)	Ganhos Financeiros (R\$/ano)	Investimentos (R\$)	Payback (anos)
Aumento de setpoint em aparelhos de ar condicionado	8.160,0	R\$5.475,00	Zero	Imediato
Pintura do telhado do mestrado de artes da cor branca	3.320,0	R\$2.230,00	R\$1.500,00	0,7
Recontratação de demanda da unidade consumidora no mestrado das artes	Zero	R\$760,00	Zero	Imediato
Instalação de sensores de presença em ambientes internos e de circulação	320,2	R\$241,60	R\$1.406,40	6,3
Substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED em ambientes internos	605,0	R\$406,00	R\$327,60	0,75

Tabela 12 (continuação). Ganhos financeiros, energéticos, investimentos e payback das MEEs no IFCE.

Medidas de Eficiência Energética	Ganhos Energéticos (kWh/ano)	Ganhos Financeiros (R\$/ano)	Investimentos (R\$)	Payback (anos)
Instalação de temporizador no espaço Miraíma	2.724,7	R\$1.131,30	R\$257,00	0,2
Substituição de ar-condicionado da coordenadoria de licenciatura por modelo mais eficiente	2.375,0	R\$1.594,00	R\$4.800,00	3,0
Instalação de persianas em janelas da casa de artes	380,0	R\$255,00	R\$2.100,00	8,0
Instalação de brises em janelas	250,0	R\$165,00	R\$2.800,00	16,0
Potencial fotovoltaico cenário I	31.734,0	R\$21.275,30	-	-
Potencial fotovoltaico cenário II	15.877,0	R\$10.637,60	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>65.745,9</b>	<b>44.170,50</b>	<b>13.191,00</b>	<b>0,3</b>

Figura 23. Potencial de Economia do IFCE. Fonte: Energy Brain.

### 6.3 Lições Aprendidas do Diagnóstico Energético Remoto

A gestão de lições aprendidas partiu da análise das atividades desenvolvidas no projeto, por ambas as equipes, como detalhado na [Tabela 13](#) a seguir. Os pontos mencionados são os que foram observados como de mais difícil execução ou que variaram muito do diagnóstico presencial para o remoto.

*Tabela 13. Lições aprendidas do Diagnóstico do Bloco de Artes do IFCE.*

FASES	LIÇÕES APRENDIDAS	IMPACTO NO RESULTADO DO DIAGNÓSTICO	
		NÍVEL	JUSTIFICATIVA
Levantamento de dados iniciais	Envolvimento de equipe ou área de gestão financeira (responsável pelas faturas de energia e combustíveis)	Alto	Confiabilidade das fronteiras de medição, consumos históricos e tarifas praticadas.
	Levantamento do histórico de consumo de unidades consumidoras que compreenda alterações solicitadas à concessionária	Médio	Em usuários com múltiplas faturas, é possível ter mudanças das unidades consumidoras, agrupamentos e importes. O uso de dados sem considerar as alterações pode levar a análises erradas.
Levantamento de equipamentos e horários	Envolvimento ou consulta aos coordenadores ou gestores dos edifícios (usuários)	Alto	Confiabilidade dos horários de operação dos ambientes e/ou equipamentos, sua sazonalidade e outros detalhes relevantes.
	Instrução sobre os tipos de sistemas presentes nas tipologias, suas características básicas e a localização das informações a serem levantadas	Médio	A explicação preliminar dos tipos e sistemas, suas características principais e orientações para o levantamento de dados melhora a confiabilidade dos dados de potência e eficiência coletados.
	Desenvolver uma estratégia para levantar dados de esquecimento de equipamentos ligados indiretamente	Médio	Dados de tempo ocioso ou esquecimento de equipamentos ligados são difíceis de obter diretamente, pois não são declarados abertamente. A avaliação de automação para evitar consumo desnecessário depende desta informação.

FASES	LIÇÕES APRENDIDAS	IMPACTO NO RESULTADO DO DIAGNÓSTICO	
		NÍVEL	JUSTIFICATIVA
Balanço de energia - Breakdown	Realizar uma sessão de levantamento dos horários de operação dos ambientes, a serem usados como premissas de cálculo	Alto	Em um diagnóstico baseado em levantamento de dados pelo usuário, o balanço de energia é extremamente sensível ao tempo de operação.
Cálculo de Medidas de eficiência energética e ferramentas de gestão	Em instituições públicas, recomenda-se o estabelecimento de uma política de compras “eficiente” que inclua critérios de eficiência energética	Baixo	Medidas de troca de equipamentos por modelos mais eficientes, avaliadas individualmente, mostram-se com retornos longos.
	Realizar uma sessão de levantamento de dados arquitetônicos com pessoal responsável de construção ou reformas	Baixo	Parâmetros da envoltória (geometria e materiais) são geralmente mais difíceis de levantar e por sua vez permitem o cálculo de medidas relacionadas à carga térmica de aparelhos de AVAC.
Análise econômica	Considerar a inclusão de análises de custo-benefício no formato do Programa de Eficiência Energética da ANEEL	Baixo	Permite que os resultados dos diagnósticos nos Institutos Federais possam ser apresentados como insumo técnico para aplicação em chamadas públicas das concessionárias.
	Desenvolver uma lógica didática de cálculo de tarifa para avaliação de viabilidade econômica para cada tipo de ação	Baixo	Permite que os usuários compreendam e reconstruam o cálculo de economia em função dos postos tarifários (Ponta/Fora Ponta/Intermediário)

# 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 7.1. Anexo 1: Planilha de Preenchimento de Equipamentos e Ambientes para Diagnósticos Remotos .....68
- 7.2. Anexo 2: Planilha de Preenchimento com Dados de Consumo de Energia para Diagnósticos Remotos .....68
- 7.3. Anexo 3: Planilha de Preenchimento com Dados Gerais para Diagnósticos.....68

## 7. Considerações Finais

Destaca-se que o conteúdo aqui proposto é de caráter informativo e tiveram o objetivo de incentivar gestores de instituições de ensino, principalmente das redes públicas a buscar informações sobre suas edificações, visando ações que possam reduzir seus custos com energia elétrica. As informações e conhecimentos aqui compartilhados foram baseados em literatura, na experiência dos consultores da Mitsidi Serviços e Projetos Ltda. e nos dois diagnósticos realizados, no IFSC e IFCE, em 2020. As medidas listadas são apenas algumas, destacadamente as mais replicáveis, das diversas possíveis e não têm caráter exaustivo.

É importante enfatizar que a eficiência energética é um assunto multidisciplinar que envolve principalmente, as áreas de arquitetura, engenharia mecânica, elétrica, civil, ambiental, energia entre outras e, portanto, sugere-se fortemente a inclusão desse tema nesses cursos, capacitando assim um maior número de profissionais aptos a desempenhar funções relativas à eficiência energética.

Por fim, percebe-se que existe um grande potencial de eficiência energética nas instituições de ensino existentes, com medidas de zero, baixo, médio-alto custo de investimento, além de melhorias de conforto, infraestrutura e também aprendizados que podem ser repassados em novas edificações.

**7.1. Anexo 1: Planilha de Preenchimento de Equipamentos e Ambientes para Diagnósticos Remotos**

**7.2. Anexo 2: Planilha de Preenchimento com Dados de Consumo de Energia para Diagnósticos Remotos**

**7.3. Anexo 3: Planilha de Preenchimento com Dados Gerais para Diagnósticos**

**mitsidi**  
PROJETOS