

GUILHERME CAIXETA BRANDÃO

**ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA ESCOLA DE
ARQUITETURA DA UFMG: ANÁLISE DO USO DE ENERGIA E DE
MEDIDAS DE CONSCIENTIZAÇÃO**

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2017

GUILHERME CAIXETA BRANDÃO

**ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA ESCOLA DE
ARQUITETURA DA UFMG: ANÁLISE DO USO DE ENERGIA E DE
MEDIDAS DE CONSCIENTIZAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Mestrado da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Área de concentração: Bens Culturais, Tecnologia e Território

Linha de Pesquisa: Tecnologia do Ambiente Construído.

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2017

FICHA CATALOGRÁFICA

B818a

Brandão, Guilherme Caixeta.

Estudo de caso do sistema de iluminação da Escola de Arquitetura da UFMG [manuscrito] : análise do uso de energia e de medidas de conscientização / Guilherme Caixeta Brandão. - 2017.

152 f. : il.

Orientadora: Roberta Vieira Gonçalves de Souza.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Energia elétrica – Conservação - Teses. 2. Energia elétrica – Consumo - Teses. 3. Edifícios - Iluminação - Teses. 4. Conscientização – Consumo de energia - Teses I. Souza, Roberta Vieira Gonçalves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 720.472

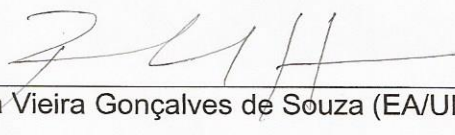
Ficha catalográfica: Biblioteca Raffaello Berti, Escola de Arquitetura/UFMG

Guilherme Caixeta Brandão

"Estudo de caso do sistema de iluminação da Escola de Arquitetura da UFMG: análise do uso de energia e de medidas de conscientização"

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

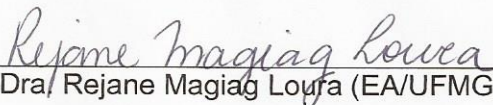
Comissão Examinadora:



Prof. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza (EA/UFMG orientadora)



Prof. Dra. Andréa Franco Pereira (EA/UFMG)



Prof. Dra. Rejane Magiag Louca (EA/UFMG)

Belo Horizonte, 20 de outubro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Ildio e minha mãe Regina, por guiar meus passos com amor incondicional e apoio constante.

Às minhas irmãs Aline e Caroline, por acreditarem e me incentivarem durante mais esta caminhada.

À Fernanda, por compreender as angústias e dividir os sonhos. Pelo amor e amizade. Por compartilhar mais esta etapa com paciência e incentivo.

À minha orientadora, Profa. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza, pelo aprendizado, orientações e compreensão neste longo processo. Por compartilhar sua paixão pela iluminação natural e seu incansável esforço no desenvolvimento da eficiência energética no país. Agradeço pelos conselhos profissionais e, principalmente, pela amizade.

Às professoras Rejane Loura e Patrícia Jota pelas valiosas contribuições durante a qualificação.

Às professoras Rejane Loura e Andrea Franco Pereira por aceitarem participar na banca examinadora.

Ao diretor Prof. Dr. Frederico de Paula Tofani e ao Vice-Diretor Paulo von Kruger por acreditarem no trabalho, felicitarem o acesso às informações e disponibilizarem recursos para a confecção dos materiais utilizados neste trabalho.

Aos funcionários da Escola de Arquitetura, que contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa através de explicações e sugestões a respeito do funcionamento e das rotinas da Escola. Em especial à Adriana e Fernanda, secretarias da diretoria, sempre dispostas a me receber e distribuir, para servidores técnico-administrativos e professores, os intermináveis e-mails, essenciais para a conclusão do trabalho.

À Victoria, secretária do MACPS, pelo suporte técnico e apoio ao longo do curso.

Aos bolsistas de graduação do curso de arquitetura Raphaela Alves e Carolina Miguez pelo apoio e contribuição em todas as etapas da pesquisa. Esse trabalho também é de vocês.

À professora Grace Gutierrez por compartilhar conhecimento e auxiliar na medição das absorções das superfícies da Escola de Arquitetura.

Aos colegas de Labcon, pelo apoio e conhecimento compartilhado durante todos esses anos.

Aos demais alunos e professores da Escola de Arquitetura, por serem a essência desta pesquisa e facilitarem, em todos os aspectos, sua conclusão.

À Universidade Federal de Minas Gerais por me propiciar as melhores oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional.

À CAPES/REUNI pelo apoio financeiro.

Aos companheiros de trabalho, sócios e amigos, Ana, Caio, Pati e Paula, por dividirem o dia a dia, de maneira divertida, em busca de um sonho comum.

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo a compreensão da influência do comportamento do usuário no consumo de energia elétrica de uma edificação institucional condicionada naturalmente. Para tanto foi utilizada como estudo de caso a Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. O trabalho, assim como o programa do mestrado, apresenta cunho multidisciplinar por associar estudos de iluminação artificial, iluminação natural, consumo energético e comportamento do usuário para compreender quais as relações diretas e indiretas entre estes. Desta forma, este trabalho visa verificar o desempenho dos sistemas responsáveis pelo consumo de energia elétrica na edificação, estabelecer estratégias de eficiência energética e desenvolver procedimentos de conscientização que estimulem o usuário a atuar de maneira mais eficiente sobre o sistema de iluminação artificial da edificação. A metodologia aplicada teve início com o diagnóstico energético através da inspeção de ambientes e análise das faturas de energia da edificação dos dois últimos anos e a análise do nível de eficiência energética do sistema de iluminação através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia de edifício construído, emitida em 2012. Posteriormente foram planejadas medidas de conscientização que buscaram informar aos usuários o padrão de consumo de energia elétrica da Escola de Arquitetura e a importância do comportamento do usuário para a manutenção dos níveis de conforto e desempenho dos sistemas instalados na edificação. Os resultados demonstram que a implantação de medidas de intervenção, que envolvem consideráveis investimentos na atualização da tecnologia existente, nem sempre é uma opção, seja pelos custos envolvidos, seja por outros fatores que envolvem a gestão de edificações escolares. Alterações em rotinas de operação e manutenção e, principalmente, mudanças no comportamento dos ocupantes, se apresentam como soluções viáveis e de considerável poder de alcance na busca pela redução do consumo de energia.

Palavras-chave: eficiência energética, comportamento do usuário, iluminação artificial.

ABSTRACT

The present work aims to analyze the user behavior influences in the energy consumption of a naturally conditioned institutional building. For this the Architecture School of the Federal University of Minas Gerais was used as a case study. The work, as well as the master's program, presents a multidisciplinary nature when it associates studies of artificial lighting, natural lighting, energy consumption and user behavior to understand the direct and indirect relationships between these. Thus, this study aims to verify the performance of the systems responsible for the consumption of energy in the building, establish energy efficiency strategies and develop awareness procedures that encourage the user to act on the artificial lighting system of the building. The methodology applied began with the energetic diagnosis carried out with inspection of the building and an analysis of the energy bills of the building in the last two years and the verification of the energy efficiency level obtained by the National Energy Conservation Label of the built building, issued in 2012. Subsequently awareness measures were planned aimed to inform users of the pattern of energy consumption of the School of Architecture and the importance of the user behavior to maintain the comfort levels and the installed systems performance. Results show that intervention measures implementation, which involve considerable investment in technology upgrading is not always an option because of the costs involved, or by other factors involving the management of buildings. Changes in operation and maintenance routines, and especially changes in the occupants behavior present themselves as viable and considerable power range solutions in efforts to reduce energy consumption.

Keywords: energy efficiency, user behavior, artificial lighting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferença entre o desempenho energético estimado e o consumo real medido em edifícios no Reino Unido	15
Figura 2 – Participação de renováveis na Matriz Elétrica Brasileira	19
Figura 3 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)	23
Figura 4 – Classificação Geral	23
Figura 5 – Fotos da sala 101A	48
Figura 6 – Foto da sala 105	48
Figura 7 – Fotos da sala 107.....	49
Figura 8 – Foto da sala 109	49
Figura 9 – Fotos da sala 118.....	49
Figura 10 – Foto da sala 124C.....	49
Figura 11 – Fotos da sala 124D	49
Figura 12 – Foto da sala 124E	49
Figura 13 – Fotos da sala 200.....	50
Figura 14 – Foto da sala 202B	50
Figura 15 – Foto da sala 310	51
Figura 16 – Foto da sala 315	51
Figura 17 – Foto da sala 318	51
Figura 18 – Foto da sala 320A	51
Figura 19 – Foto da sala 400	52
Figura 20 – Foto da sala 400	52
Figura 21 – Foto da sala 413A.....	52
Figura 22 – Foto da sala 414	52
Figura 23 – ENCE obtida pela Escola de Arquitetura.....	58
Figura 24 - Área de influência das luminárias próximas à abertura – Sala 414	60
Figura 25 - Exemplo de um dos mapas de Circuitos afixados em uma das salas estudadas por Gonçalves (2014).....	64
Figura 26 - Exemplo de um dos cartazes afixados em uma das salas estudadas com alteração no esquema de cores e adição de escala da disponibilidade de luz natural	64
Figura 27 - Exemplo dos cartazes afixados nas portas da EA.....	65
Figura 28 - Exemplo de e-mail informativo enviado para os usuários da EA	66
Figura 29 – Consumo de energia elétrica medido pela CEMIG entre Julho de 2012 e Junho de 2014.....	70
Figura 30 – Consumo estimado por grupo de ambientes da EAUFMG	71
Figura 31 – Consumo desagregado estimado por usos de equipamentos e iluminação da EAUFMG em 2014.....	73
Figura 32 – Consumo desagregado por grupo de ambiente por uso do sistema de iluminação da EAUFMG.....	74
Figura 33 - Consumo desagregado por grupo de ambiente por uso de equipamentos da EAUFMG	74
Figura 34 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 101A	80
Figura 35 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 105.....	81
Figura 36 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 107.....	82
Figura 37 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 109.....	83
Figura 38 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 118.....	84

Figura 39 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 124C	85
Figura 40 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 124D	86
Figura 41 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 124E	87
Figura 42 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 202B	88
Figura 43 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 208A	89
Figura 44 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 310A	90
Figura 45 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 310D	91
Figura 46 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 400.....	92
Figura 47 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 413A	93
Figura 48 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 414.....	94
Figura 49 - Potencial de redução de consumo de energia elétrica a partir do aproveitamento da iluminação natural.....	96
Figura 50 – Comparação do Potencial de Redução de Consumo em relação aos Consumos Energia Elétrica da Escola de Arquitetura	97
Figura 51 – Nível de iluminação Geral do Ambiente e no Plano de Trabalho.....	98
Figura 52 – Áreas desagradavelmente escuras / claras no ambiente	99
Figura 53 – Obstrução da visão ao olhar para o exterior do ambiente	100
Figura 54 – Avaliação do sistema de controle da iluminação	101
Figura 55 – Interação dos usuários da Escola de Arquitetura com o sistema de iluminação artificial	102
Figura 56 – Percepção dos alunos a respeito da responsabilidade do professor em acionar o sistema de iluminação artificial.....	103
Figura 57 - Consumo de energia elétrica na EAUFMG durante a aplicação da Campanha	105
Figura 58 - Percepção dos usuários em relação à Campanha de Consumo Consciente de Energia	105
Figura 59 - Compreensão das informações fornecidas nos cartazes afixados próximos aos acionamentos das luminárias.....	106
Figura 60 - Relevância das informações fornecidas por e-mail	108
Figura 61 – Cartaz afixado nas portas da Escola de Arquitetura.....	134
Figura 62 – Cartaz sala 101A.....	135
Figura 63 – Cartaz sala 105.....	136
Figura 64 – Cartaz sala 107.....	137
Figura 65 – Cartaz sala 109.....	138
Figura 66 – Cartaz sala 118.....	139
Figura 67 – Cartaz sala 200.....	140
Figura 68 – Cartaz sala 310.....	141
Figura 69 – Cartaz sala 320A.....	142
Figura 70 – Cartaz sala 400.....	143
Figura 71 – Cartaz sala 413A.....	144
Figura 72 – Cartaz sala 414.....	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fluxograma	46
Tabela 2 - Regularização do consumo para 30 dias	69
Tabela 3 - Consumo Estrutural x Consumo Escolar.....	71
Tabela 4 – Consumo Estrutural x Consumo Escolar – Separando o consumo da biblioteca	72
Tabela 5 – Consumo desagregado por uso de iluminação por grupo de ambientes	74
Tabela 6 - Consumo desagregado por uso de equipamentos por grupo de ambientes	74
Tabela 7 – Comparação DPI Escola de Arquitetura x DPILIMITE A (RTQ-C)	75
Tabela 8 – Avaliação do Sistema de Iluminação da Escola de Arquitetura	76
Tabela 9 – Nível de Eficiência dos Ambientes da Escola de Arquitetura	77
Tabela 10 – Nível de eficiência do Sistema de Iluminação com o atendimento aos pré-requisitos específicos do sistema de iluminação	77
Tabela 11 - Refletância da superfície dos materiais adotados	79
Tabela 12 – Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 101A	80
Tabela 13 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 105....	81
Tabela 14 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 107....	82
Tabela 15 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 109....	83
Tabela 16 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 118....	84
Tabela 17 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 124C.	85
Tabela 18 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 124D.	86
Tabela 19 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 124E.	87
Tabela 20 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 202B.	88
Tabela 21 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 208A.	89
Tabela 22 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 310A.	90
Tabela 23 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 310D.	91
Tabela 24 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 400....	92
Tabela 25 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 413A.	93
Tabela 26 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 414....	94
Tabela 27 – Consumo de energia elétrica do sistema de iluminação artificial e potencial de redução de consumo a partir da utilização da iluminação natural	95
Tabela 28 – Consumos de Energia Elétrica na Escola de Arquitetura.....	97
Tabela 29 – Regularização do consumo de energia elétrica para 30 dias.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APO	Avaliação Pós-Ocupação
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.
BEN	Balanco Energético Nacional.
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável.
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia.
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DAYSIM	DAYSIM.
DPI	Densidade de Potência de Iluminação.
DPIL	Densidade de Potência de Iluminação Limite.
EA	Escola da Arquitetura.
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética.
GERE	Grupo Executivo do Programa Nacional de Racionalização da Produção e Uso de Energia
HQE	Haute Qualité Environnementale.
IEA	International Energy Agency
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
ISO	International Organization for Standardization.
LABCON	Laboratório de Conforto e Eficiência Energética.
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design.
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira.
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem.
PIB	Produto Interno Bruto
PROCEL	Programa Brasileiro de Conservação de Energia Elétrica.
RAC-C:	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações
RTQ-C	Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais.
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina.
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Justificativa.....	14
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo geral.....	16
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.2.3. Premissas.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Contexto energético nacional e internacional.....	17
2.2. O projeto para eficiência energética.....	19
2.3. Eficiência energética em edifícios – históricos no Brasil e no mundo.....	21
2.4. Diagnostico energético	25
2.4.1. Visita preliminar à instalação.....	26
2.4.2. Levantamento de dados	26
2.4.2.1. Técnica de medição.....	26
2.4.3. Análise e tratamento de dados.....	28
2.4.3.1. Consumo Global.....	28
2.4.3.2. Consumo desagregado por usos finais.....	29
2.4.3.3. Indicadores do uso de energia elétrica	29
2.4.4. Determinação do potencial de conservação de energia elétrica.....	29
2.4.5. Estudo de alternativas para os usos finais identificados.....	30
2.4.5.1. Medidas de Intervenção.....	30
2.4.5.2. Medidas de conscientização	30
2.4.6. Técnica de questionário	30
2.5. Integração luz natural	32
2.5.1. Simulação computacional para verificação da disponibilidade de luz natural	34
2.6. O papel do usuário na eficiência energética.....	34
2.6.1. Medidas de conscientização dos usuários.....	36
2.7. Eficiência energética em edificações escolares	38
2.7.1. Melbourne University – Australia	39
2.7.2. UFSC	40
2.7.3. UFMG	41
2.7.4. Rede de escolas da Prefeitura de Belo Horizonte	43
2.8. CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia.....	43

3. METODOLOGIA	46
3.1. Definição do objeto de estudo	47
3.2. Levantamento de dados	52
3.2.1. Pré-inspeção	52
3.2.2. Inspeção.....	53
3.2.3. Pós-inspeção	54
3.3. Diagnóstico da edificação.....	54
3.3.1. Análise das contas de energia elétrica	55
3.3.2. Consumo Global.....	55
3.3.3. Consumo desagregado por uso final.....	55
3.4. Verificação do nível de eficiência da edificação.....	58
3.5. Determinação do potencial de redução de consumo	58
3.6. Análise da disponibilidade de luz natural.....	59
3.6.1. Características físicas dos ambientes	60
3.6.2. Refletância dos materiais	60
3.7. Questionários	61
3.8. Medidas de conscientização.....	63
4. RESULTADOS	68
4.1. Resultados do diagnóstico	68
4.1.1. Análise das faturas de energia elétrica.....	68
4.1.2. Consumo global	70
4.1.3. Consumo desagregado por uso final.....	73
4.1.4. Etiqueta PBE Edifica	74
4.2. Resultados do potencial de redução de consumo.....	77
4.2.1. Disponibilidade de luz natural.....	78
4.3. Percepção do usuário	97
4.4. Campanha de Consumo Consciente de Energia na Escola de Arquitetura.....	104
4.4.1. Análise das faturas de energia elétrica.....	104
4.4.2. Aplicação de questionários.....	105
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
5.1. Considerações iniciais	109
5.2. Análise de resultados.....	110
5.2.1. Eficiência energética da Escola de Arquitetura.....	110
5.2.2. Percepção dos usuários	111
5.3. Considerações finais.....	115
5.3.1. Limitações para realização do trabalho	116

5.4. Sugestões de continuidade da pesquisa.....	117
5.5. Sugestões para trabalhos futuros	117
6. REFERÊNCIAS	118
ANEXO 1 – Questionário Fase 1 - Percepção da luz e da responsabilidade do usuário - Aluno	124
ANEXO 1 – Questionário Fase 1 - Percepção da luz e da responsabilidade do usuário – Professor	126
ANEXO 1 – Questionário Fase 1 - Percepção da luz e da responsabilidade do usuário – Servidor Técnico-Administrativo.....	128
ANEXO 2 – Questionário Fase 2 – Percepção da Campanha de Consumo Consciente de Energia na Escola de Arquitetura - Aluno.....	130
ANEXO 2 – Questionário Fase 2 – Percepção da Campanha de Consumo Consciente de Energia na Escola de Arquitetura - Aluno.....	132
ANEXO 3 – Cartazes afixados nas salas e nas portas da Escola de Arquitetura	134
ANEXO 4 – Mensagens enviadas por e-mail aos usuários	146

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa

O Balanço Energético Nacional (BEN, 2015) indica que 35% do consumo de energia elétrica no país é proveniente dos edifícios residenciais e de serviços e 6,8% proveniente do setor público, englobando os edifícios. Desta forma, a implantação da eficiência energética nestes, apresenta-se como uma das alternativas para a redução do consumo de energia elétrica. No Brasil estão sendo aplicados alguns sistemas de rotulagem de eficiência energética e sustentabilidade em edificações. Estas edificações, apesar de apresentarem grande potencial de economia de energia, não necessariamente refletem esse potencial em economia efetiva, conforme afirma o engenheiro Borgstein:

“Indicadores de projeto demonstram a capacidade de o edifício possuir um baixo consumo, mas não mostram resultados e números reais da fase de uso [...] O consumo real de energia em um edifício muitas vezes não reflete as metas previamente estipuladas. Isso acontece por falhas de compatibilização entre os projetos conceitual e executivo, que podem se repetir também na fase da obra e no próprio funcionamento e gerenciamento do edifício”. (CBCS, 2013b, p. 3 e 4)

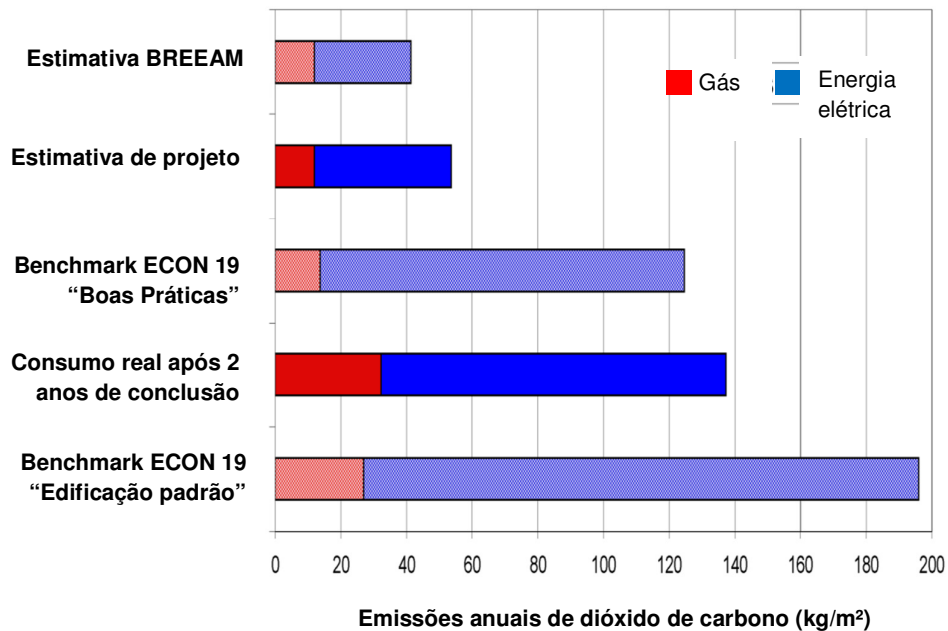
O Manual para aplicação do RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) também chama atenção para essa possibilidade:

Cabe salientar que nenhuma regulamentação por si garante um edifício de qualidade. Maiores níveis de eficiência podem ser alcançados através de estratégias de projeto e por iniciativas e cooperação dos diversos atores ligados à construção dos edifícios (arquitetos, engenheiros civis, eletricitistas, mecânicos e empreendedores). Igualmente, tão importantes e frequentemente esquecidos, os usuários têm participação decisiva no uso de edifícios eficientes através dos seus hábitos, que podem reduzir de forma significativa o consumo de energia, aumentando assim a eficiência das edificações e reduzindo desperdícios. Todos os envolvidos na concepção e utilização dos edifícios e seus sistemas podem

contribuir para criar e manter edificações energeticamente eficientes (PROCEL/ELETROBRAS, 2012, p.8).

A diferença entre o consumo de energia projetado e o consumo real de edificações eficientes é um problema recorrente em edificações projetadas de acordo com os preceitos da eficiência energética. Segundo Curwell et al (1999) o consumo real destes edifícios pode chegar a duas vezes o consumo estimado em fase de projeto, conforme levantamento de edifícios monitorados no Reino Unido. A figura 1 demonstra a diferença de desempenho energético destes edifícios.

Figura 1 – Diferença entre o desempenho energético estimado e o consumo real medido em edifícios no Reino Unido



Fonte: Modificado de Curwell et all, 1999

A falta de conhecimento do comportamento real do usuário na edificação está diretamente relacionada com a lacuna existente entre consumo projetado e consumo real. Segundo Mahdavi e Proglhof (2009) informações gerais a respeito da tipologia da edificação (residencial, comercial), dos sistemas de condicionamento e das informações organizacionais (horas de trabalho) podem gerar apenas cenários gerais em contraposição à enorme influencia da presença e ações do usuário no edifício.

Por outro lado, o usuário não deve ser completamente responsabilizado pelo aumento do consumo de energia elétrica de uma edificação. As características físicas, de seus sistemas e controles possuem o mesmo grau de responsabilidade em relação ao desempenho energético do edifício. O pesquisador Donald A. Norman (2010) sugere que os projetistas assumam também a responsabilidade, juntamente com os usuários, pela não eficiência dos sistemas propostos.

Projeto ruim e muitas vezes maus procedimentos, fraca infraestrutura, e práticas operacionais deficientes são os verdadeiros culpados: as pessoas são simplesmente o último degrau neste complexo processo [...] Devemos projetar nossas tecnologias de acordo com o modo como as pessoas realmente se comportam, não como nós gostaríamos que elas se comportassem. (NORMAN, 2010, p.18).

Desta forma, faz-se necessário uma investigação a respeito da forma com que o usuário compreende e interage frente aos sistemas presentes nas edificações para, posteriormente, avaliar a eficiência energética dos sistemas separadamente e da edificação como um todo.

Esta pesquisa pretende, a partir da extensão da pesquisa desenvolvida por Gonçalves, 2014, discutir questões relativas à influência do usuário no uso de energia elétrica em edificações institucionais. Para tanto, o trabalho visa avaliar a situação atual da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais em relação ao consumo de energia elétrica e a relação entre este consumo e o comportamento dos usuários. A partir do diagnóstico, desenvolver medidas de conscientização do usuário, para posteriormente avaliar a efetividade das medidas aplicadas. Esta avaliação ocorrerá antes e depois do processo de aplicação das ações, de forma a verificar a efetividade das medidas no comportamento dos usuários.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Analisar a influência do usuário na utilização da energia elétrica com foco no sistema de iluminação em uma edificação institucional.

1.2.2. Objetivos específicos

- Compreender o consumo de energia elétrica desagregado no objeto de estudo;
- Diagnosticar o desempenho dos sistemas responsáveis pelo consumo de energia elétrica na edificação;
- Desenvolver um procedimento de conscientização dos usuários da edificação, levando em consideração as diferentes rotinas de operação da mesma;
- Analisar o consumo de energia elétrica antes e depois da implantação das medidas de eficiência;
- Analisar alterações no comportamento e na percepção do usuário em relação à sua responsabilidade quanto ao consumo de energia na edificação.
- Analisar as potencialidades e as barreiras para implantação de cada uma das medidas de eficiência energética propostas.
- Estabelecer estratégias de eficiência energética voltadas para o usuário de edificações institucionais condicionadas naturalmente.

1.2.3. Premissas

- A compreensão do comportamento do usuário é essencial para diminuir a diferença entre o consumo de energia elétrica projetado e o consumo de energia elétrica real nas edificações.
- A eficiência energética de uma edificação está diretamente relacionada com a forma com que o usuário se relaciona com os sistemas instalados na mesma.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Contexto energético nacional e internacional

A crise hídrica que atinge grande parte do país foi prevista em 2001 pelo especialista em recursos hídricos Marcos Freitas, então diretor da Agência Nacional das Águas (ANA). À época Freitas projetou que o país, mesmo tendo o maior volume de água doce do planeta, viveria uma grave crise hídrica em 2015. Segundo

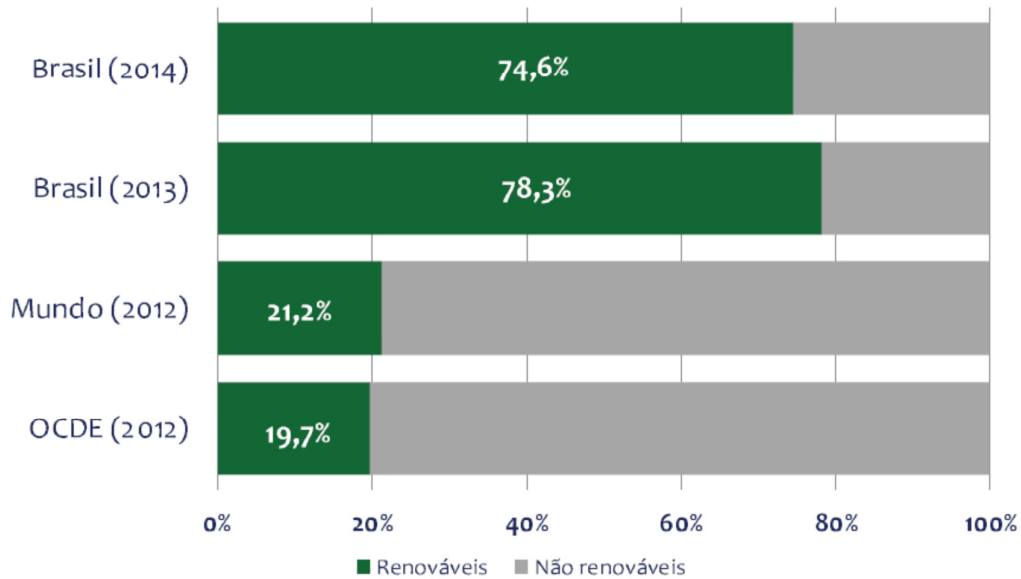
Freitas a crise estiagem que afeta a região Sudeste foi apenas uma das causas que contribuíram para o agravamento do problema. O descuido com as fontes de água, a falta de investimento das empresas para evitar desperdício e a gestão inadequada, que tratou a água como fonte inesgotável também são responsáveis pela crise atual (CALDAS, 2015).

Mesmo que a estiagem se concentre no Sudeste do Brasil, os impactos da crise são notados em todo o país através da alta nos preços da energia elétrica que impactam diretamente na economia.

Em 2001, ano da crise do setor energético brasileiro, a produção de energia hidráulica no Brasil era de 267.876 GWh. Devido a importância dessa fonte de energia para a matriz energética brasileira, foram realizados investimentos que resultaram no incremento de 60% da produção que chegou a 428.333 GWh em 2011, último ano antes da baixa da oferta hidrológica (MME, 2013).

Segundo o Balanço Energético Nacional 2015 – ano base 2014 a redução da oferta de energia hidráulica refletiu diretamente na matriz elétrica brasileira que teve a participação da energia hidráulica cair de 70,6% em 2013, para 65,2% em 2014. A figura 2 demonstra que a utilização da geração térmica como forma de suprir a diminuição da oferta de energia hidráulica fez com que a participação de energias renováveis na matriz elétrica brasileira caísse de 78,3% em 2013, para 74,6% em 2014. Estes valores, no entanto, estão acima da média mundial de 2012 que é de 21,2%.

Figura 2 – Participação de renováveis na Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: EPE: Agência Internacional de Energia. Elaboração: EPE

Do total do consumo de energia elétrica no Brasil em 2014 o setor residencial correspondeu a 21,2% do total nacional e o setor comercial e de serviços representou 14,5% do total (EPE, 2015).

2.2. O projeto para eficiência energética

A eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia (Lamberts, Dutra e Pereira, 2014). Segundo Fonseca (2009), conservar energia é racionalizar, e não, racionar. É eliminar desperdícios sem perder a qualidade de vida, o conforto e a segurança. É produzir o máximo de desempenho com o mínimo de consumo de energia.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) o arquiteto deve perseguir basicamente três ideias durante o processo de concepção arquitetônica:

- Usar sistemas naturais de condicionamento de ar e iluminação sempre que possível;

- Usar sistemas artificiais mais eficientes e
- Buscar integração entre os dois (artificial e natural).

Esta integração, que deve ser feita não somente entre os sistemas projetados para a edificação, mas também entre projetistas, surge como ponto chave no desenvolvimento de edificações energeticamente mais eficientes.

Para tanto é importante que o trabalho do arquiteto não se limite apenas ao projeto arquitetônico. Este deve ter conhecimento básico de todas as condicionantes que impactarão no desempenho energético da edificação de forma a possibilitar uma eficiente multidisciplinaridade de seu projeto. Surge assim a necessidade do desenvolvimento do projeto integrado, que oriente a tomada de decisões referentes ao consumo de energia, aos recursos naturais e à qualidade ambiental.

No projeto integrado é necessário encarar as variáveis do projeto como um todo unificado, utilizando-as como ferramentas para a solução de problemas. Cada decisão de projeto tem inúmeras consequências, e não um efeito isolado, exigindo o entendimento das inter-relações de cada um dos materiais, sistemas e elementos espaciais. Ele exige que todos os atores encarem o projeto de maneira holística, em vez de concentrar-se exclusivamente em uma parte individual (Keeler e Burke, 2010).

Após a análise de todas as variáveis envolvidas no desenvolvimento do projeto é aconselhável a verificação da conformidade destas variáveis através da simulação termo energética da edificação projetada. Desta forma, é possível analisar o desempenho da edificação após sua conclusão e, se necessário, alterar parâmetros previamente determinados em projeto.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) um projeto arquitetônico adequado ao clima e consciente das vantagens da utilização de estratégias naturais de iluminação, aquecimento e resfriamento dos ambientes tem um grande potencial em reduzir a demanda de energia esperada para os próximos anos.

Souza (2008) afirma, por exemplo, que um bom projeto de iluminação natural irá englobar aspectos relacionados à adequação de dimensionamento e forma das aberturas para melhor aproveitamento da luz e irá fazer uso de sistemas de iluminação artificial complementares, apenas quando necessário, para obter níveis

adequados de iluminação para o desenvolvimento das tarefas visuais requeridas no ambiente.

2.3. Eficiência energética em edifícios – históricos no Brasil e no mundo

Até a década de 70 não havia preocupação mundial com a questão energética nos transportes, tampouco no setor dos edifícios. Nos Estados Unidos, por exemplo, os grandes edifícios do setor comercial consumiam até 100kWh/m² ao mês. Não existiam políticas públicas ou governamentais que interferissem na questão de forma a disciplinar os consumos nos edifícios de comércio, serviços ou residenciais. Nesse aspecto, o choque do petróleo deflagrou um processo absolutamente novo na história dos edifícios no cenário internacional: a aplicação em larga escala de regulamentos com força de lei visando à redução dos consumos energéticos em edifícios e políticas de incentivo que objetivam o mesmo fim (ROMERO e REIS, 2012).

Em 1974 o governo francês publica em seu diário oficial uma regulamentação energética baseada nas existentes regras *Th-K* que, embora elaboradas pelo CSTB para questões técnicas relacionadas às propriedades térmicas dos materiais de construção, não eram regulamentadas. À medida que o mercado absorvia a regulamentação vigente, novas regulamentações foram propostas, introduzindo novos parâmetros que, a cada regulamentação, refletia na diminuição de aproximadamente 25% do consumo energético dos edifícios franceses. Os Estados Unidos inicia a implantação de regulamentos energéticos, também em 1974, atrelados a uma elevação do preço das tarifas e, como consequência, a variação média do consumo no período entre 1974 e 1985 foi de 0%, embora a qualidade de vida e o PIB tenham aumentado (ROMERO e REIS, 2012).

A partir da década de 1990 surgem as ferramentas de certificação voluntária, visando à sustentabilidade como uma resposta do terceiro setor para a questão ambiental, com os chamados selos verdes, como por exemplo o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), sistema de rotulagem norte-americano, e o *Haute Qualité Environnementale* (HQE), sistema de rotulagem francês (ROMERO e REIS, 2012).

No Brasil, a crise do setor energético ocorrido em 2001 com o apagão deixou em alerta as autoridades do setor. O Governo Federal iniciou uma série de investimentos com o objetivo de desenvolver pesquisas que apontassem diretrizes para a racionalização de energia no país, com a promulgação da Lei nº. 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001a) e o Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001b) que regulamentou a Lei estabelecendo “níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas”.

Com criação do Procel Edifica – hoje PBE Edifica – pela Eletrobrás/Procel, em 2003, iniciaram-se discussões visando à construção das bases necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil, que resultaram na publicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) em 2009 e do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) em 2010.

O RTQ-C avalia três sistemas da edificação: envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar, que podem atingir níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). A etiqueta, demonstrada na Figura 3, é concedida em dois momentos: na fase de projeto e após a conclusão do edifício e a análise pode ser feita para o edifício completo ou parte dele. Neste caso a envoltória pode ser analisada separadamente; em conjunto com o sistema de iluminação artificial; ou em conjunto com o sistema de condicionamento de ar.

Figura 3 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)



Fonte: BRASIL, 2013b.

Para classificação geral da edificação as avaliações parciais dos sistemas recebem pesos, distribuídos da seguinte forma:

- Envoltória = 30%
- Sistema de Iluminação = 30%
- Sistema de Condicionamento de Ar = 40%

A ponderação dos níveis de eficiência obtidos em cada um dos sistemas avaliados resultará em uma nota que poderá variar de 0 a 5, que determinarão a classificação geral do nível de eficiência da edificação, conforme tabela a Figura 4.

Figura 4 – Classificação Geral

PT	Classificação Final
≥4,5 a 5	A
≥3,5 a <4,5	B
≥2,5 a <3,5	C
≥1,5 a <2,5	D
<1,5	E

Fonte: BRASIL, 2010c.

Além dos 5 pontos possíveis com a avaliação da envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, é possível obter 1 ponto extra na classificação geral através de bonificações. . As bonificações são iniciativas que aumentam a eficiência da edificação, como por exemplo: sistemas de racionalização do uso de água, fontes renováveis de energia, cogeração, dentre outros. Essas iniciativas devem ser justificadas e sua economia de energia gerada deve ser comprovada.

O sistema de iluminação artificial é avaliado no RTQ-C a partir dos limites de potência instalada e do atendimento aos seguintes pré-requisitos específicos de acordo com o nível de eficiência pretendido: divisão dos circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação. Para atingir nível “A” é necessário o cumprimento dos três pré-requisitos, para nível “B” apenas os dois primeiros e para nível “C” apenas o primeiro pré-requisito.

Divisão de Circuitos

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. Caso não seja possível visualizar todo o ambiente iluminado, é necessário informar ao usuário, através de uma representação gráfica da sala, qual a área abrangida pelo controle manual. Por questões de segurança, ambientes de uso público poderão ter o controle manual em local de acesso a funcionários.

Para ambientes maiores do que 250 m², cada dispositivo de controle instalado deve controlar:

- uma área de até 250 m² para ambientes até 1000 m²;
- uma área de até 1000 m² para ambientes maiores do que 1000 m².

Contribuição da luz natural

Ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s)

abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível. Unidades de edifícios de meios de hospedagem são exceção a este pré-requisito.

Desligamento automático do sistema de iluminação

O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m²; ou
- um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou
- um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

(BRASIL, 2010c.)

2.4. Diagnostico energético

Compreender como a edificação consome energia elétrica e quais são os sistemas responsáveis por este consumo é um importante passo na implantação de medidas de eficiência energética em edificações existentes. Segundo Alvarez (1998) o diagnóstico energético tem por objetivo determinar as condições atuais de “saúde” da instalação sob o ponto de vista do uso da energia, identificando problemas e recomendando soluções para que ela se torne eficiente.

O diagnóstico energético, por envolver uma grande diversidade de atividades, variáveis conforme a finalidade e o tipo de ocupação da edificação, apresenta diversas metodologias, cada qual com suas peculiaridades necessárias à determinação correta dos potenciais de conservação daquela instalação (ALVAREZ, 1998).

Alvarez (1998) e Thumann e Younger (2007) apresentam metodologias desenvolvidas para a realização de diagnósticos energéticos em instalações

consumidoras de energia elétrica. Para tanto, as metodologias são divididas nas seguintes etapas:

2.4.1. Visita preliminar à instalação.

A visita tem como objetivo o primeiro contato com a edificação para formação de uma visão macroscópica da mesma, permitindo traçar estratégias de levantamento de dados (ALVAREZ,1998). Thumann e Younger (2007) afirmam que a visita preliminar pode gerar uma lista de questões específicas a serem discutidas durante a visita à edificação.

2.4.2. Levantamento de dados

Todos os dados necessários à determinação do potencial de conservação de energia são obtidos nessa etapa. Os resultados finais dependem da precisão das informações coletadas no levantamento de dados. Segundo Alvarez (1998) as principais fontes de informações são as seguintes:

- Faturas de energia elétrica e memória de massa
- Medição direta
- Levantamento de dados por inspeção

O levantamento de dados por inspeção deve ser dividido em três etapas – Pré-inspeção, Inspeção e Pós-Inspeção – de forma a organizar a coleta e o tratamento das informações (THUMANN e YOUNGER, 2007).

2.4.2.1. Técnica de medição

Determinar o consumo padrão da edificação é o primeiro passo para compreender como a energia elétrica é utilizada e quais os principais fatores responsáveis por este consumo. A metodologia desenvolvida por Alvarez (1998) aponta 3 alternativas para determinação do consumo de energia.

A primeira técnica para levantamento de dados a respeito do padrão de consumo é através da análise das faturas de energia elétrica expedidas pela concessionária, que constitui uma fonte de dados confiável e de fácil acesso. Alvarez (1998) afirma que:

“É importante observar que as informações disponíveis em contas de energia elétrica são calculadas para um período de aproximadamente 30 dias, não permitindo inferir sobre o comportamento diário ou semanal da instalação. Por outro lado, a séria histórica das últimas faturas, não inferior a 12 meses, permite analisar a evolução do consumo e da demanda de energia elétrica da instalação, permitindo, inclusive, estimar valores de contrato mais adequados para os períodos futuros.” (Alvarez, 1998)

A segunda técnica para indicada por Alvarez (1998) é a medição direta que consiste na monitoração das cabinas primárias e dos demais pontos de interesse da instalação com o objetivo de determinar precisamente informações sobre as características de consumo diárias que não estão disponíveis nas contas de energia elétrica.

Por fim, o levantamento de dados por inspeção é uma terceira opção para se obter dados a respeito do uso de energia na edificação. Este é um procedimento de aquisição de informações sobre as características físicas e os hábitos de uso da instalação, que podem complementar as informações obtidas via medição direta e análise de contas de energia elétrica, bem como substituir a medição direta, quando esta não for possível.

A partir do levantamento dos equipamentos e dos padrões de ocupação de cada ambiente, é possível estimar o consumo através da soma dos consumos individuais de cada equipamento consumidor de energia elétrica presente na edificação. O consumo do equipamento é obtido a partir da potência média dissipada pelo equipamento multiplicada pelo tempo mensal de utilização. Alvarez (1998) alerta que as imprecisões contidas nas informações obtidas nesta forma de levantamento podem resultar em um consumo consideravelmente diferente em relação ao consumo presente nas contas de energia elétrica. Para redução desta diferença é aconselhável realização de ajustes nas potências médias e nos tempos de operação dos equipamentos levantados, através da adoção de valores típicos.

Alvarez (1998) destaca que apesar de os resultados obtidos através de medição direta serem mais precisos, os valores obtidos via inspeção de ambientes permite a avaliação dos consumos desagregados por usos finais.

Segundo Thumann e Younger (2007) a medição é necessária para a identificação dos sistemas consumidores de energia elétrica e determinação de como cada sistema opera durante o ano. Para isto, o consumo anual de energia elétrica deve ser dividido em consumo base e consumo sazonal. O consumo base corresponde aos sistemas de energia que operam continuamente durante o ano, como por exemplo, sistema de iluminação, equipamentos de escritório e outros. O consumo sazonal pode estar relacionado com mudanças climáticas ou de operação da edificação, como acontece em edificações escolares.

2.4.3. Análise e tratamento de dados.

É necessário compreender o perfil de consumo de energia elétrica para, posteriormente, determinar o potencial de conservação de energia da edificação. Desta forma o primeiro passo é determinar o consumo global de energia elétrica e o consumo de energia elétrica desagregado por usos finais.

2.4.3.1. Consumo Global

O consumo global de energia elétrica pode ser obtido diretamente nas faturas expedidas pela concessionária, determinado via processo de medição direta ou estimado através dos dados levantados por inspeção.

Os consumos individuais por usos finais podem ser calculados a partir da potência média dissipada pelo equipamento multiplicada pelo tempo mensal de utilização. No entanto, o consumo estimado poderá ser bastante diferente em relação ao consumo apresentado na conta de energia elétrica devido à imprecisões contidas nas informações levantadas via inspeção. A discrepância entre os valores faturado e estimado do consumo poderá ser reduzida através de ajustes realizados nas potências médias e nos tempos de operação dos equipamentos levantados, através da adoção de valores típicos. (ALVAREZ, 1998)

Alvarez e Saidel (2011) destacam que os valores obtidos em faturas de energia elétrica são extremamente úteis, por permitem verificar sazonalidades, existência de multas por ultrapassagem de demanda ou por excesso de reativos, entre outras informações.

2.4.3.2. Consumo desagregado por usos finais

A maneira mais adequada de desagregar o consumo de energia elétrica por usos finais é através de medição direta dos circuitos de alimentação do sistema de iluminação, do sistema de ar condicionado e das tomadas de uso geral para equipamentos. Quando a medição individual for tecnicamente inviável, Alvarez (1998) sugere que seja realizada a soma dos consumos individuais de cada equipamento consumidor existente na edificação. Estes consumos podem ser calculados a partir da potência média dissipada pelo equipamento multiplicada pelo tempo mensal de utilização.

2.4.3.3. Indicadores do uso de energia elétrica

Os indicadores do uso de energia elétrica retratam o perfil de consumo da instalação analisada. Esses indicadores possibilitam a determinação do potencial de conservação de energia elétrica através de comparações com valores típicos obtidos para instalações com características semelhantes. Alvarez (1998) e Jota e Souza (2004) sugerem alguns indicadores que possibilitam a comparação do consumo da edificação com outras edificações de ensino:

- Consumo mensal por área útil
- Energia gasta por aluno kWh/aluno

2.4.4. Determinação do potencial de conservação de energia elétrica.

Após a seleção de todas as alternativas tecnicamente viáveis de serem implementadas, deve-se, então, calcular o potencial de conservação de energia elétrica de cada uma dessas medidas. Alvarez (1998) afirma que cada uso final apresenta uma técnica específica de avaliação de conservação de energia elétrica. Porém, independente do uso final, o potencial de conservação é calculado comparando-se o consumo dos sistemas atuais com o consumo previsto para os sistemas após a implementação das alternativas consideradas.

Grande parte da energia consumida nas edificações é destinada a prover conforto ambiental aos usuários, por meio de sistemas artificiais de iluminação, climatização e aquecimento de água. O potencial técnico de economia em edificações existentes é estimado em 25%, enquanto que em prédios novos pode alcançar até 50%, ou

seja, quando se considera a eficiência energética nas edificações desde a concepção do projeto. (ELETROBRAS, 2013)

2.4.5. Estudo de alternativas para os usos finais identificados.

As ações que promovem a conservação de energia geralmente podem ser classificadas em dois grupos:

2.4.5.1. Medidas de Intervenção

As medidas de intervenção correspondem às soluções relacionadas com a mudança de tecnologia dos sistemas de uma instalação com o objetivo de aumentar a eficiência energética.

2.4.5.2. Medidas de conscientização

As medidas de conscientização objetivam educar os usuários no que diz respeito ao uso racional e eficiente de energia elétrica. Exemplos desse tipo de ação são as campanhas publicitárias na forma de cartazes e adesivos.

Segundo Alvarez (1998), embora muitas vezes esquecidas, as medidas de conscientização são muito importantes. Já foi verificado diversas vezes, na prática, que os investimentos em medidas de intervenção não apresentam o retorno esperado justamente por falta de treinamento dos usuários.

2.4.6. Técnica de questionário

Pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc. Construir um questionário consiste basicamente em traduzir objetivos da pesquisa em questões específicas (GIL, 1999).

Segundo Gil (1999) a técnica do questionário apresenta uma série de vantagens e limitações que devem ser levados em consideração na escolha da técnica de investigação:

Vantagens:

- a) Possibilita atingir grande número de pessoas, mesmo que estejam dispersas numa área geográfica muito extensa, já que o questionário pode ser enviado por e-mail;
- b) Implica menores gastos com pessoal, posto que o questionário não exige treinamento dos pesquisadores;
- c) Garante anonimato das respostas;
- d) Permite que as pessoas o respondam no momento em que julgarem mais conveniente;
- e) Não expõe os pesquisados à influência das opiniões e do aspecto pessoal do entrevistado.

Limitações:

- a) Impede o auxílio ao informante quando este não entende corretamente as instruções ou perguntas;
- b) Impede o conhecimento das circunstâncias em que foi respondido, o que pode ser importante na avaliação da qualidade das respostas;
- c) Não oferece a garantia de que a maioria das pessoas devolveram-no devidamente preenchido, o que pode implicar a significativa diminuição da representatividade da amostra;
- d) Envolve, geralmente, número relativamente pequeno de perguntas, porque é sabido que questionários muito extensos apresentam alta probabilidade de não serem respondidos;
- e) Proporciona resultados bastante críticos em relação à objetividade, pois os itens podem ter significado diferente para cada sujeito pesquisado. (GIL, 1999 p.122)

As formas das questões podem variar entre questões fechadas, questões abertas e questões dependentes. Nas questões abertas solicita-se aos respondentes para que ofereçam suas próprias respostas. Nas questões fechadas, pede-se aos respondentes para que escolham uma alternativa dentre as que são apresentadas numa lista. As questões dependentes, por sua vez, só fazem sentido para alguns respondentes e, por isso, estão relacionadas à outras perguntas (Gil, 1999).

Dois fatores importantes na elaboração de questionários são o número de questões e a ordem das questões. É importante que sejam incluídas apenas as questões rigorosamente necessárias para atender aos objetivos da pesquisa e que estas

questões sejam ordenadas segundo a “técnica do funil”, segundo a qual cada questão deve relacionar-se com a questão antecedente e apresentar maior especificidade (Gil, 1999).

Após a elaboração do questionário faz-se necessário a aplicação de um pré-teste, com a finalidade de evidenciar falhas na redação do questionário. Segundo Markoni e Lakatos (1990) o pré-teste irá verificar:

- a) Fidedignidade. Qualquer pessoa que o aplique obterá sempre os mesmos resultados.
- b) Validade. Os dados recolhidos são necessários à pesquisa.
- c) Operatividade. Vocabulário acessível e significado claro. (LAKATOS; MARKONI, 1990 p. 100).

2.5. Integração luz natural

“Para iluminar naturalmente os ambientes há de se lançar mão de certa maestria ao projetar. Há que se elaborar ambientes que sejam bem iluminados, fartamente claros, onde a luz do dia possa entrar em abundância, mas de forma controlada para não causar desconforto por excesso de calor.” (Souza, 2008)

Segundo Souza (2008) a luz em geral, seja ela natural ou artificial, é de extrema importância para a arquitetura. A sua presença torna possível a percepção do ambiente, embeleza a aparência dos objetos, realça seu valor artístico, dá forma e relevo à arquitetura e, finalmente, inspira bem-estar e segurança.

Para alguns arquitetos a luz é encarada como um elemento de composição arquitetônica. É ela que dá forma, realça os contornos e permite a fruição do objeto arquitetônico como um todo.

Trabalhar com a luz natural implica em limitar a profundidade dos cômodos, aumentar os pés-direitos, a fazer aberturas mais generosas, a pensar na posição do Sol, e a dimensionar corretamente os dispositivos de proteção solar. O uso da luz natural pode afetar o arranjo funcional do espaço, o conforto visual e térmico dos ocupantes, a estrutura do edifício, o uso de energia na edificação, o tipo e uso de iluminação elétrica e de sistemas de controle associados. (Souza, 2008)

Amorim (2002) afirma que a disponibilidade de luz natural nas regiões tropicais é grande, e esta deve ser usada de forma criteriosa. Não se trata de simplesmente abrir janelas ou zenitais indiscriminadamente, mas sim equilibrar sabiamente o ingresso de luz difusa, bloqueando o calor gerado pela luz solar direta, que cria problemas de conforto térmico e luminoso (ofuscamento).

Segundo Vianna e Gonçalves (2001) projetos desenvolvidos considerando a busca da luz natural chegam a alcançar a iluminância requisitada nos interiores de 80% a 90% das horas diurnas do ano economizando consideráveis quantidades de energia elétrica.

A iluminação natural em si não resulta em economia direta de energia, sua economia se dá através da redução do requerimento de iluminação artificial através da integração entre os sistemas de luz natural e artificial e através de sistemas de controle da iluminação natural. (FERREIRA e SOUZA, 2009)

Para fomentar a conservação de energia, é necessário o desenvolvimento de controles que permitam a integração dos sistemas de iluminação natural e artificial de forma a tirar o máximo proveito deste potencial de economia de energia elétrica. A localização dos interruptores, a definição de sessões de iluminação, a dimerização de lâmpadas devem, sempre que possível, ser integradas ao projeto de forma a ampliar os benefícios do uso da luz natural. (Prado, 1961)

Amorim (2002) aborda a possibilidade da redução de consumo de energia elétrica, basicamente de dois modos:

- Economia Direta: através do uso otimizado da luz natural, há uma redução do uso da luz artificial.
- Economia Indireta: através da redução da carga do ar condicionado. Quando se há um bom projeto de luz natural, proporcionando a entrada de luz natural difusa controlada, há menores ganhos de calor solar e reduzem-se os ganhos de calor gerados pela iluminação artificial. Isto diminui a carga de refrigeração do ar condicionado.

2.5.1. Simulação computacional para verificação da disponibilidade de luz natural

O software Daysim, é um programa de análise dinâmica da iluminação natural desenvolvido pelo *National Reserach Concil Canada* (NRCC), que utiliza o algoritmo do RADIANCE para calcular as iluminâncias internas de um ambiente no período de um ano (REINHART, MARDALJEVIC e ROGERS, 2006). O programa, além de realizar cálculo das iluminâncias, permite determinar, dentre outras medidas dinâmicas, a Autonomia de Luz Natural (DA - *Daylight Autonomy*).

A autonomia de luz natural em um ponto do edifício é definida como a porcentagem de horas ocupadas por ano, em que o nível de iluminância mínimo pode ser mantido apenas com a luz natural. A autonomia de luz natural considera todas as condições de céu ao longo do ano (REINHART e WALKENHORST, 2001).

A partir de um modelo tridimensional do ambiente, importado do programa Google SketchUp, com o auxílio do plug-in Su2rad, as propriedades óticas das superfícies são definidas diretamente no Daysim, enquanto dados como latitude, longitude e radiação solar, são obtidos no arquivo climático (REINHART, 2010).

2.6. O papel do usuário na eficiência energética

O comportamento do usuário frente aos sistemas instalados nas edificações está diretamente relacionado com o consumo de energia elétrica destes edifícios.

Gul e Patidar (2014) afirmam que os avanços da tecnologia estão colaborando para atingir as metas de redução no consumo de energia desejadas, mas isso não conduz necessariamente a uma redução global. Os autores afirmam que a maneira com que os ocupantes se comportam e interagem com a edificação tem grande impacto nos níveis de conforto e no consumo de energia da mesma.

Segundo Gul e Patidar (2014) o consumo de energia elétrica é de 60% a 70% maior do que o previsto em escolas e edifícios comerciais e até 85% maior em campus de universidades. Trabalho desenvolvido por Steemers (2009) afirma que o consumo energético de edifícios de escritórios em uso varia até 100% em comparação com os valores obtidos nas simulações computacionais, colocando em dúvida a

confiabilidade dos métodos utilizados em simulação computacional para prever o comportamento do usuário.

Segundo Mahdavi e Proglhof (2009) os atuais métodos de modelagem do comportamento dos usuários nos edifícios não abrangem o nível de sofisticação necessário que reflita a complexidade do impacto das pessoas no desempenho das edificações. Informações gerais a respeito do tipo de edificação (residencial, comercial) e dos sistemas de condicionamento, bem como dados de ocupação (horas de trabalho) apenas podem fornecer direções aproximadas a respeito das implicações do comportamento do usuário nas edificações.

Mahdavi e Proglhof (2009) sugerem ainda que as possíveis relações entre acionamento de sistemas e condições ambientais, dentro e fora do edifício, podem fornecer uma base subjacente para as funções de previsão do comportamento do usuário que podem ser incorporadas nas simulações dos edifícios.

Steeemers (2009) relaciona a capacidade do usuário de alterar o uso de energia da edificação a partir de estímulos relacionados às condições ambientais e cita a pesquisa de Yun, Tuohy e Steemers (2008) na qual é demonstrada a relação entre a temperatura interna e a propensão do usuário a abrir as janelas.

Jazizadeh et al (2012) citam que, embora os usuários estejam entre os principais fatores responsáveis pelo consumo de energia elétrica nos edifícios, estes não assumem a responsabilidade pelo impacto de suas ações no desempenho energético da edificação por não se responsabilizarem pelo pagamento das contas de energia, que fica a cargo dos proprietários.

Gyberg e Palm (2009) desenvolveram uma pesquisa para compreender como se motiva um usuário, em edificações residenciais, a modificar seus hábitos. Eles afirmam o usuário deve assumir a responsabilidade por suas ações, mas para isso é necessário que ele tenha conhecimento. Os autores citam a importância de informar o usuário a respeito das consequências de seus hábitos em relação ao consumo de energia, seja na economia, na saúde ou no estilo de vida.

DeWaters and Powers (2009) desenvolvem uma pesquisa que trabalha a seguinte ideia: para que os usuários tenham atitudes em relação ao consumo de energia,

eles precisam compreender o consumo e as potenciais consequências do consumo exagerado. Citam também o trabalho de Wood and Newborough (2003) que demonstra que o comportamento do usuário pode ser influenciado por informações práticas de como diminuir o consumo, disseminadas através de panfletos e cartazes e, posteriormente informações a respeito dos resultados obtidos com as ações.

Estudo experimental desenvolvido por Jazizadeh et al (2012) buscou comprovar a efetividade de fornecer ao usuário informações a respeito do consumo de energia elétrica. Para tanto, utilizaram o sistema de iluminação pelo fato deste contribuir significativamente para o consumo de energia de uma edificação e pela possibilidade de intervenção do usuário sob o sistema.

Os autores forneceram informações distintas a respeito do consumo de energia elétrica para dois grupos de funcionários do campus de uma universidade. Para o primeiro grupo, foram enviadas informações solicitando a redução do nível de iluminação nos escritórios sem, no entanto, enviar mais informações. Para o segundo grupo, foram enviadas informações solicitando a redução do nível de iluminação nos escritórios acompanhadas de informações a respeito do impacto no consumo de energia e no ambiente.

O resultado da pesquisa demonstrou que 68,18% dos participantes do segundo grupo aceitaram as sugestões e diminuíram os níveis de iluminação nos escritórios, enquanto apenas 28,79% dos participantes do primeiro grupo aderiram às sugestões. A pesquisa demonstrou que manter o usuário informado a respeito dos resultados obtidos em função de seu comportamento é mais efetivo do que simplesmente solicitar ao usuário que mude seus hábitos.

2.6.1. Medidas de conscientização dos usuários

O trabalho desenvolvido por Gyberg e Palm (2009) apresenta quatro categorias de informações (escolhas individuais; criação de incentivos; criação de um mundo mensurável; e melhorias tecnológicas) que podem ser fornecidas aos usuários com o intuito de influenciar seu comportamento frente ao consumo de energia elétrica.

A primeira categoria busca conscientizar o consumidor de que ele é responsável por suas próprias escolhas e que a partir destas escolhas o desempenho energético dos sistemas pode ser melhorado. Como pode-se notar na mensagem enviada aos

clientes, a empresa de energia Fortum trabalha a ideia de diminuir os custos com a conta de energia ao mesmo tempo que contribui para a melhoria do meio ambiente:

“Todo mundo ganha com um uso inteligente da energia. Você diminui os custos, a Fortum (concessionária de energia) terá clientes mais satisfeitos, e juntos nós iremos contribuir para um meio ambiente melhor hoje – e para as futuras gerações. Não significa reduzir seu conforto, significa utilizar a energia de forma mais inteligente – e ter dinheiro sobrando para gastar com outras coisas” (www.fortum.se apud GYBERG E PALM, 2009 – traduzido pelo autor).

A segunda categoria não está diretamente relacionada à redução do uso de energia e sim no fornecimento de informação com apelo ideológico (baseada na ideia de que algo tem que ser feito para salvar o mundo), de saúde (como por exemplo, incentivar o uso de bicicleta ao invés do carro), e materialista (com foco nas coisas que as pessoas podem ganhar com a mudança de comportamento) que possam levar o usuário a alterar seu comportamento.

A terceira categoria busca mostrar aos usuários que um estilo de vida mais eficiente demanda controle em relação ao consumo e que um comportamento diferente pode afetar a quantidade de eletricidade consumida. Para tanto, empresas de energia utilizam medidas como o kWh para demonstrar aos seus clientes as maneiras e quantidades de energia que podem ser conservadas a partir de alterações de comportamentos.

“Lâmpadas fluorescentes compactas eletrônicas são até cinco vezes mais eficientes do que lâmpadas incandescentes, e duram até dez vezes mais. Você economiza cerca de 200 crowns (moeda norueguesa) por cada lâmpada trocada” (www.energir-adgivningen.se apud GYBERG E PALM, 2009 – traduzido pelo autor).

A quarta categoria trabalha a ideia de que tecnologia é a melhor opção para diminuir o consumo de energia elétrica. Desta forma, aborda a interação entre os usuários e a tecnologia, e a conscientização a respeito de como as diversas tecnologias podem afetar a quantidade de energia consumida.

2.7. Eficiência energética em edificações escolares

Compreender o consumo de energia elétrica em edifícios escolares é uma tarefa complexa devido aos vários fatores envolvidos e as distintas atividades que ocorrem nestes espaços, como atividades administrativas, de leitura, de pesquisa, de lazer além de atividades comerciais como restaurantes e cafés. Desta forma, faz-se necessário conciliar o consumo de energia elétrica demandado pelos ocupantes e no atendimento às normas técnicas de conforto ao mesmo tempo em que se deve trabalhar para implantar medidas de eficiência energética visando à redução do consumo.

A inexistência de dados que colaborem para a análise de padrões de consumo em edificações escolares levou ao desenvolvimento alguns trabalhos que buscaram compreender como a energia é consumida nestas edificações.

Ornstein, Bruna e Romero (1995) realizaram análises de edifícios dos campus da Universidade de São Paulo (USP) e constataram que 65,5% do consumo de energia elétrica do campus era proveniente de iluminação artificial. O consumo total por unidade de área encontrado nas escolas da USP foi de cerca de 5,3 kWh/(m².mês), valores acima dos encontrados por Ludgero e Assis (2005) na Escola de Arquitetura da UFMG que foi de 2,56 kWh/(m².mês). Estes valores, no entanto, podem diferir devido à diferença do período de análise e também devido às características arquitetônicas de cada edificação (LUDGERO e ASSIS, 2005).

A análise dos dados das escolas públicas da cidade de Itabira realizada por Jota e Souza (2004) utilizou quatro variáveis (número de alunos, número de turnos, número de salas e número de turmas) para a proposição de novos índices de desempenho energético possíveis de serem utilizados no setor de edificações escolares. Segundo as autoras, o uso de vários índices possibilita comparar edificações de uma mesma classe, normalizando-as por alguma quantidade que auxilie na compreensão do uso da energia. A utilização de índice de consumo específico por área e por dias trabalhados sozinhos pode levar a conclusões equivocadas e devem ser evitados, uma vez que a área pode não ter uma relação direta com o consumo energético. (JOTA e SOUZA, 2004). Segundo Jota et al (2010) análises de índices de consumo de kWh/aluno varia consideravelmente para

escolas com a mesma quantidade de alunos, comprovando que este índice, separadamente, também não é suficiente para explicar o consumo energético do setor. Segundo os autores o consumo pode ser afetado por outras variáveis associadas ao tamanho da escola, regime de funcionamento, dentre outros.

Em seu artigo, Jota et al (2010) sugerem a divisão do consumo de energia elétrica de uma edificação em escolar em Consumo Estrutural e Consumo Escolar. O primeiro se refere à energia necessária para manter a edificação em funcionamento com as tarefas administrativas. O segundo está relacionado com a presença dos alunos na edificação, sendo que número de alunos que demandam serviços como cantina, iluminação de salas de aula, xerox e laboratórios influenciam diretamente neste consumo.

2.7.1. Melbourne University – Australia

Trabalho desenvolvido por Stefano (1999) buscou avaliar a viabilidade de implementar medidas de eficiência energética na Universidade de Melbourne a partir da substituição dos sistemas de iluminação por sistemas mais eficientes. O trabalho avaliou quatro sistemas de iluminação e avaliou o potencial de redução do consumo de energia e o custo efetivo da implantação de cada um.

Para verificação da viabilidade econômica das alternativas, foram utilizados três métodos de análise de retorno (Tempo de Retorno Simples, Valor Presente Líquido e Custo da Energia Conservada). Os resultados da pesquisa apontaram que, apesar do estudo apontar uma redução do consumo de energia de 64,9% no sistema de iluminação, nenhuma das alternativas testadas se mostravam financeiramente viáveis, analisando a universidade como um todo.

A poucas horas de utilização do sistema de iluminação, o baixo custo da energia elétrica e o alto custo dos sistemas eficientes de iluminação foram apontados como as barreiras para a implantação dos sistemas. O estudo, desta forma, chama atenção para a necessidade de verificar a viabilidade econômica da implantação de medidas de eficiência energética para evitar que estas acarretem em perdas econômicas.

2.7.2. UFSC

Trabalho realizado por Ghisi e Lamberts (1997) nas salas de aula da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) aborda as condições de iluminação natural nestas salas com ênfase na eficiência energética dos edifícios. Após a realização de medições dos níveis de iluminação natural no interior das salas e da análise das condições externas, referente à proteções solares existentes na edificação, foi realizada uma análise de economia de energia elétrica proveniente da integração da iluminação natural com o sistema de iluminação artificial existente.

Os autores consideram que sistemas de iluminação das salas de aula, compostos por conjuntos de 4 luminárias perpendiculares ao plano das janelas poderiam ser acionadas separadamente, proporcionando economia de energia elétrica. Considerando que 72% do consumo de energia elétrica ocorre durante o dia e 28% no período noturno, de acordo com os autores entre outubro e março seria possível a redução do consumo de energia pelo sistema de iluminação em 50% durante o dia e em 36%, considerando todas as lâmpadas acessas no período da noite. No período de abril a setembro, a economia seria de 18% devido à menor altitude solar.

Os autores concluíram que considerando o período letivo de nove meses no ano, as medidas de eficiência proporcionariam economia de 25%. Levando em conta que 63% do consumo de energia elétrica do Campus da UFSC é proveniente de iluminação e que as salas de aula correspondem a 23% da área construída do campus, a economia total no consumo de energia elétrica proveniente do aproveitamento da iluminação natural seria de 3,6%. Aplicando-se o mesmo raciocínio para as áreas administrativas da universidade, a economia total de energia elétrica do Campus chegaria a 9%. Com a adoção de sistemas de controle da iluminação artificial em função dos níveis de iluminação natural, a economia poderia chegar a 13%.

A partir dos resultados obtidos na pesquisa, Ghisi e Lamberts (1997) destacaram a importância da avaliação das condições de iluminação natural para a elaboração de projetos luminotécnicos, bem como no dimensionamento de proteções solares que devem, além de prover proteção contra os raios solares, proporcionar o correto aproveitamento da iluminação natural.

Matos, Westphal e Lamberts (2003) analisaram os sistemas de iluminação artificial nos edifícios da UFSC e constaram que apenas 13% da área construída possuía iluminação eficiente. As potências instaladas em salas de aulas, salas administrativas e salas de professores eram de 25 W/m², 38 W/m² e 32 W/m² respectivamente, sendo que, segundo os autores, é possível atingir valores entre 8 W/m² e 10 W/m² para estes ambientes. Estes resultados demonstram o potencial de redução de consumo de energia elétrica com a melhoria da eficiência dos equipamentos do sistema de iluminação artificial.

2.7.3. UFMG

Ludgero e Assis (2005) desenvolveram uma análise do consumo desagregado por uso final na Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. O trabalho, além de apresentar os consumos finais, demonstrou onde estes consumos ocorrem, de forma a identificar os locais de intervenção prioritária e os métodos de controle mais eficazes da iluminação.

Neste estudo, a partir da metodologia de Avaliação Pós-Ocupação (APO), foram feitos levantamentos dos sistemas de iluminação e de todos os equipamentos presentes no edifício com as respectivas potências nominais. Os ambientes e os equipamentos foram agrupados e classificados de forma a facilitar a análise. Posteriormente, foi feita uma estimativa do regime de utilização para um mês típico (letivo) e uma análise do consumo medido pela CEMIG, para comparação com o consumo estimado total.

Os resultados do trabalho apontaram para uma potência total por unidade de área útil total construída do edifício de 66,3 W/m², dos quais 33,2 W/m² provenientes do sistema de iluminação e 33,1 W/m² provenientes de equipamentos elétricos.

Ludgero e Assis (2005) destacaram que o sistema de iluminação presente na edificação na época do estudo, composto por lâmpadas fluorescentes de 40W e 20W e reatores de 12W ou 15W de potência, se modernizados, com lâmpadas fluorescentes de 32W e 18W em conjunto com reatores eletrônicos com alto fator de potência (2W) e luminárias mais eficientes, resultaria na redução do consumo total por iluminação de 43%, o que representaria 29% de economia total no consumo de energia elétrica da Escola de Arquitetura.

Levando em conta que o sistema de iluminação em 2005 era responsável por 80% do consumo de energia das salas de aula e 50% do consumo total de energia da Escola de Arquitetura, as autoras destacaram a importância de analisar medidas de eficiência energética para diminuir o consumo de energia elétrica pelo uso de iluminação artificial.

Gonçalves (2014) avaliou o comportamento dos usuários da Escola de Arquitetura da UFMG quanto ao acionamentos dos sistemas de iluminação, de ventilação e de controle de incidência solar a partir da técnica da observação direta. O objetivo do trabalho analisar de que maneira os usuários influenciam o consumo de energia e o conforto das edificações no que diz respeito ao uso destes sistemas e de que maneira as edificações e estes sistemas influenciam o comportamento dos usuários.

A autora observou que existe uma hierarquia no uso dos sistemas nas salas de aula, sendo os professores os principais autores das alterações nestas e que os sistemas, em geral, não atendem às expectativas dos usuários que, em diversos momentos, têm dificuldades quanto ao seu uso.

Gonçalves (2014) observou o comportamento dos usuários e relatou que estes tendem a atuar nos sistemas ao chegar e sair dos ambientes e, só voltam a atuar caso se sintam incomodados. A autora chama a atenção para a importância de disponibilizar informações aos usuários acerca dos sistemas instalados e da existência de soluções simples e eficientes, a fim de incentivar o comportamento do usuário.

A autora utilizou como objeto de estudo 6 salas da edificação. Nestas foram realizadas alteração nos acionamentos das luminárias de forma a possibilitar o acionamento separado das fileiras próximas às janelas, instalação e manutenção dos sistemas de controle solar. Após esta etapa, foram confeccionados e afixados cartazes informativos com instrução para o uso dos sistemas de iluminação artificial e controle solar.

No que diz respeito ao aproveitamento da iluminação natural, Gonçalves (2014) alerta que a disponibilidade de luz natural, por si só, não é um fator estimulador para que o usuário atue sobre o sistema. O usuário passou a atuar mais sobre o sistema

à medida que foram fornecidas informações a respeito da possibilidade de integração do sistema de iluminação natural com o sistema de iluminação artificial.

2.7.4. Rede de escolas da Prefeitura de Belo Horizonte

Um trabalho desenvolvido por Jota et al (2010) analisou o consumo de energia elétrica em escolas da Prefeitura de Belo Horizonte. A análise foi dividida em duas formas: Individual, na qual é verificado os dados de consumo de energia, mês a mês e da Rede, que leva em conta as diferentes soluções arquitetônicas de cada escola, que segundo os autores, influencia diretamente no uso da energia.

Na análise individual são avaliados dois cenários distintos, sendo um com o consumo nos meses letivos e outro com o consumo nos meses não letivos. Ao levar em conta que durante o período de férias as escolas continuam funcionando, e desta forma, consumindo energia, estabeleceram este como Consumo Estrutural (consumo por área). A diferença entre o Consumo Total e o Consumo Estrutural foi definido como Consumo Escolar (consumo por aluno), que está diretamente relacionado com a presença dos alunos na edificação.

Foi realizado estudo de casos de 2 escolas distintas, denominadas Escola 3 e Escola 4. A Escola 3 com área de 2.251,01m² e número de alunos variando entre 1.394 e 1.347 entre 2007 e 2009. A Escola 4 com área de 1.172,50m² e 280 alunos no período de 2007 e 2009. O Consumo Escolar da Escola 3 em comparação à Escola 4 se apresentou menor em 11 meses em 2007 e apenas 5 meses em 2008, sendo que em 2009, o consumo se apresentou maior em todos os meses. Estes valores contrariaram a tendência de consumo, pois maior quantidade de alunos provoca queda do Consumo Escolar em relação à escola com menos número de alunos.. Já a análise do Consumo Estrutural comprovou a tendência, devido ao menor número de alunos, e apresentou valores menores para a Escola 4 no período de 2007 a 2009.

2.8. CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia

Um dos dispositivos que contribui para a conservação de energia em edificações públicas é o decreto nº. 99.656, de 26 de outubro de 1990 que dispõe sobre a criação da Comissão Interna de Conservação de Energia (Cice), nos órgãos e entidades da Administração Federal direta e indireta, fundações, empresas públicas

e sociedades de economia mista controladas direta ou indiretamente pela União, que apresente consumo anual de energia superior a 600.000 kWh ou consumo anual de combustível superior a 15 tep's (quinze toneladas equivalentes de petróleo) não impedindo, no entanto, que edificações com consumo abaixo dos limites estabelecidos possam implementá-la. Nestes casos a Cice será responsável pela elaboração, implantação e acompanhamento das metas do Programa de Conservação de Energia, e divulgação dos seus resultados nas dependências do estabelecimento. O Art. 2º do decreto estabelece as atribuições básicas da Cice, sendo que esta dissertação tratará dos itens I, II e III:

I - Levantar o potencial de redução de despesas com energia, para o que poderá solicitar o suporte técnico do Grupo Executivo do Programa Nacional de Racionalização da Produção e Uso de Energia (Gere), instituído pelo Decreto nº 99.250, de 11 maio de 1990, e do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), instituído pela Portaria Interministerial nº 1.877, de 30 de dezembro de 1985, dos extintos Ministérios das Minas e Energia e da Indústria e do Comércio, quando se tratar de energia elétrica;

II - Elaborar o Programa de Conservação de Energia, com suas metas e justificativas no sentido da redução de consumo, submetendo-o ao dirigente máximo do órgão ou entidade, e divulgá-lo após sua aprovação.

III - Empreender ações visando conscientizar e envolver todos os servidores no Programa de Conservação de Energia;

IV - Participar da elaboração das especificações técnicas para projetos, construção e aquisição de bens e serviços, bem assim das conseqüentes licitações que envolvam consumo de energia;

V - Manter permanente análise dos consumos de energéticos por intermédio das cópias dos comprovantes de pagamentos que lhe serão encaminhadas pelo setor responsável;

VI - calcular os consumos específicos dos diferentes energéticos e submetê-los ao Gere, que estabelecerá índices máximos de consumo a serem respeitados;

VII - Participar da elaboração do Programa de Manutenção Preventiva, com vistas à otimização do consumo de energéticos;

VIII - Promover avaliação anual dos resultados obtidos e propor programa para o ano subsequente.

(Decreto nº. 99.656, de 26 de outubro de 1990)

Segundo o guia técnico Gestão Energética (ELETROBRÁS, 2005), a melhor forma de despertar o interesse e promover o engajamento dos empregados em relação a uma campanha contínua para evitar o desperdício de energia é apoiar-se na comunicação das informações de forma sistemática e contínua. A conservação de energia necessita ser assimilada por todos e ocorrerá em médio e longo prazo, mediante a mudança de hábitos. Para isso, os usuários deverão ser conscientizados e motivados.

O guia técnico orienta que a divulgação deve ocorrer de forma gradativa, utilizando-se de publicações internas periódicas, folders, intranet e outros. Essas comunicações devem ser aproveitadas para conscientizar o seu público por meio de dicas e recomendações de procedimentos. O Programa de Gestão Energética deve ser exibido como parte da nova política administrativa e estratégica da instituição em relação à utilização de energia. Nesse caso, a comunicação é fundamental para manter o interesse e a mudança de comportamento.

A comunicação através de e-mails permite aumentar a frequência da comunicação, reduzir seu porte (podem ser frases diárias) e atingir várias áreas simultaneamente. Ela permite a criação de comunicados personalizados ou exclusivos para vários setores da organização com informações específicas para cada público.

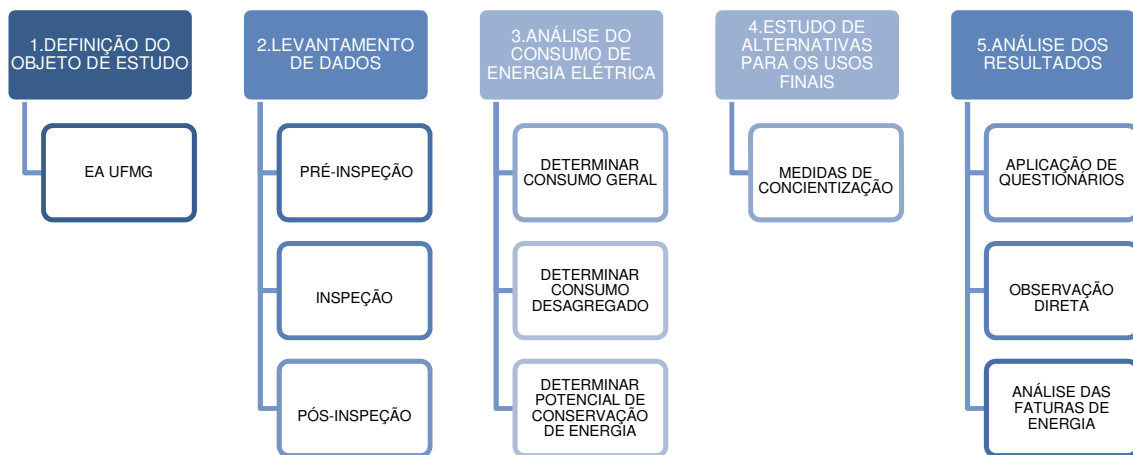
Confeccionar cartazes e adesivos para serem afixados dentro e fora das dependências também é uma forma efetiva de comunicação. Os adesivos podem ser fixados em tomadas de energia elétrica, interruptores e equipamentos que possam ser desligados quando não estiverem em uso. Esse tipo de comunicação

tem maior apelo visual e seu conteúdo deve ser uma mensagem que será válida por um tempo maior.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em cinco etapas. A primeira etapa é a análise das características físicas da edificação. A segunda etapa consiste no levantamento de dados de consumo da edificação, no qual será possível compreender os diferentes usuários, os padrões de ocupação e operação e a definição dos consumos desagregados por usos finais. A terceira etapa é constituída pela análise dos dados de consumo de energia elétrica, obtidos na etapa anterior, e do levantamento do potencial de conservação de energia da edificação. Nesta etapa, deverão ser apontados os sistemas e/ou as rotinas de uso que poderão ser aperfeiçoadas para a melhoria da eficiência energética do edifício. A quarta etapa consiste no estudo de alternativas para os usos finais através do desenvolvimento das medidas de eficiência energética, que serão aplicadas em uma única fase: medidas de conscientização. A quinta etapa será composta pela análise dos resultados através da comparação das faturas de energia elétrica da edificação, da aplicação de questionários com os usuários e de observações diretas.

Tabela 1 – Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1. Definição do objeto de estudo

O edifício sede da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais é datado do final dos anos 40 em sua primeira fase de construção tendo sido projetado pelos próprios alunos e egressos do curso, com um anexo tendo sido construído na década de 60 (entre 1964 e 1967). O edifício é considerado um memorável exemplar da arquitetura modernista em Minas Gerais tendo conservado presente suas características arquitetônicas originais.

A Escola de Arquitetura da UFMG é uma instituição educacional pública e atualmente abriga os cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo e Design do período diurno e noturno além de cursos de pós-graduação e especialização. O edifício possui 268 ambientes, entre salas de aula, laboratórios, salas de informática, sanitários, biblioteca, auditório, salas para departamentos, cantina, pátio interno e jardim, distribuídos em cinco pavimentos. (LABCON, 2013)

Os materiais utilizados na envoltória foram, basicamente, a alvenaria, vidro, laje plana impermeabilizada, telhas de fibrocimento e diversos tipos de proteções solares. O sistema de iluminação é composto basicamente por lâmpadas fluorescente tubulares de 16W, 32W e 40W, reatores eletrônicos e luminárias sem refletores ou difusores.

Dos 268 ambientes da Escola de Arquitetura, apenas 19 possuem o acionamento separado das fileiras de luminárias próximas às aberturas e, por essa razão, foram estes os ambientes estudados neste pesquisa (101A, 105, 107, 109, 118, 124C, 124D, 124E, 200, 202B, 208A, 310A, 310D, 315, 318, 320A, 400, 413A e 414) . Os demais ambientes ou possuem mais de uma fileira de luminárias com possibilidade de separação dos acionamentos para o aproveitamento da luz natural ou possuem apenas uma fileira de luminárias paralela às aberturas e, por isso, não foram utilizadas no presente trabalho.

Localizada no 1º Pavimento, a sala 101A possui 42m² e abriga dois servidores técnico-administrativos que trabalham das 8h às 18h. Esta sala possui 4 luminárias e abertura em duas fachadas (Norte e Leste), possibilitando a redução do uso do sistema de iluminação artificial a partir do aproveitamento da luz natural provenientes destas aberturas. A sala 105, abriga o Colegiado de Arquitetura e

Urbanismo e, com 52m² e uma abertura para a fachada sul, permite que 2 das 4 luminárias existentes possam ficar apagadas durante um período do dia caso haja disponibilidade de luz natural, assim como as salas 107 e 109 que são utilizadas, respectivamente, pelo Colegiado de Design e pelo MOM – Morar de Outras Maneiras. A sala 118 é utilizada como sala de aula e, apesar de ter os acionamentos das 4 luminárias localizados no corredor lindeiro, possui separação que permite manter a fileira de luminárias próxima à abertura, de orientação sudoeste, apagada caso haja disponibilidade de luz natural. O Labcon – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações utiliza as salas 124C, 124D e 124E, totalizando 93m². Estas salas são utilizadas por professores, alunos de graduação e alunos de pós-graduação. Cada ambiente possui, respectivamente, 2, 2 e 3 luminárias, sendo que seus acionamentos foram separados durante a realização da pesquisa de Gonçalves (2014), possibilitando assim o acionamento apenas das luminárias desejadas. As aberturas destas salas estão voltadas para a fachada oeste, no entanto, por estarem localizadas no primeiro pavimento, possuem proteção do muro de divisa e das edificações lindeiras que podem contribuir para a diminuição tanto da incidência de radiação solar quanto da disponibilidade de luz natural nos ambientes.

Figura 5 – Fotos da sala 101A



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6 – Foto da sala 105



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7 – Fotos da sala 107



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 – Foto da sala 109



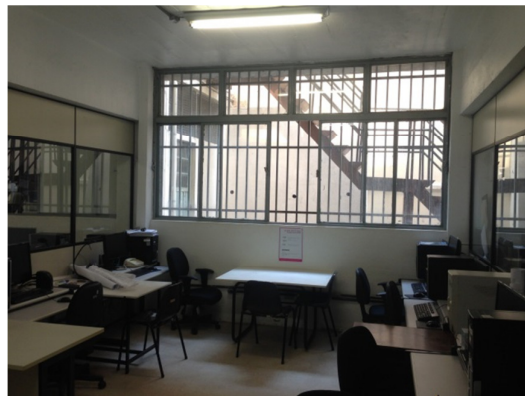
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9 – Fotos da sala 118



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 – Foto da sala 124C



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11 – Fotos da sala 124D



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 – Foto da sala 124E



Fonte: Elaborado pelo autor

Localizada no 2º Pavimento, com 118m², a sala 200 é uma das maiores salas de aula da EAUFMG. Possui 24 luminárias distribuídas em 4 fileiras embutidas no forro e perpendiculares às aberturas de orientação sudoeste. Também no 2º andar o

gabinete da diretoria da Escola de Arquitetura ocupa a sala 202B. Possui 2 luminárias paralelas às aberturas, voltadas para a fachada leste, com acionamentos separados. Já a secretaria da diretoria ocupa a sala 208A e possui 4 luminárias, também com acionamentos separados.

Figura 13 – Fotos da sala 200



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 – Foto da sala 202B



Fonte: Elaborado pelo autor

No 3º Pavimento as salas 310A, 310B, 310C e 310D são ocupadas pelo PRAXIS – Laboratório de Práticas Sociais no Espaço Urbano e é utilizada por professores, alunos de graduação e pós-graduação. Possui 9 luminárias divididas em 3 fileiras paralelas às aberturas, de orientação sudoeste, com acionamentos separados. A sala 315, maior sala de aula da edificação, possui 155m² e 26 luminárias. Os acionamentos são separados por fachada (Norte e Sul) e por atividade (assento dos alunos e área do professor, próxima ao quadro) permitindo a utilização de forma racional, de acordo com a demanda da atividade e da ocupação. Também localizadas no 3º Pavimento, as salas 318 e 320A, são utilizadas como salas de aula e tiveram os acionamentos das luminárias separados durante o trabalho desenvolvido por Gonçalves (2014). Elas possuem, respectivamente, 9 e 2 luminárias cada divididas em 3 e 2 fileiras de luminárias.

Figura 15 – Foto da sala 310



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 – Foto da sala 315



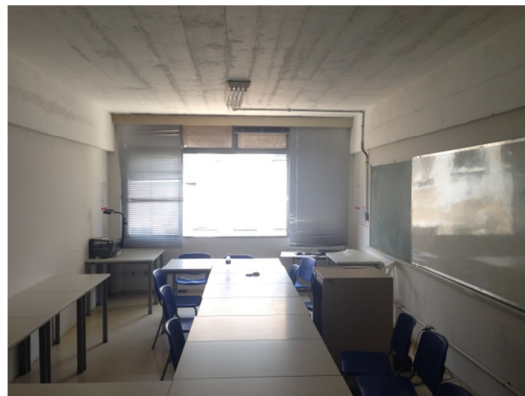
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 17 – Foto da sala 318



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 18 – Foto da sala 320A



Fonte: Elaborado pelo autor

A sala 400, ocupada pelo Departamento de Urbanismo, é dividida em dois ambientes e utilizada por um servidor técnico administrativo e pelo chefe do departamento. Possui 3 luminárias com acionamentos separados, sendo 1 no ambiente da chefia e 2 na secretaria. A sala 413A, utilizada como sala de aulas, possui 6 luminárias distribuídas em 2 fileiras paralelas às aberturas, com orientações sul e leste. Os interruptores, apesar de localizados ao lado de fora do ambiente, permitem o acionamento separado das luminárias. A sala 414, por sua vez, com 66m² abriga o PET - Programa de Educação Tutorial. O ambiente possui 6 luminárias distribuídas em 2 fileiras, com acionamentos separados, paralelas à abertura, localizada na fachada sul da edificação.

Figura 19 – Foto da sala 400



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 20 – Foto da sala 400



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 21 – Foto da sala 413A



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 22 – Foto da sala 414



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2. Levantamento de dados

O levantamento de dados da Escola de Arquitetura foi realizado em etapas (pré-inspeção em maio de 2014, inspeção e pós-inspeção em julho de 2014), como orientado por Thumann e Younger (2007). Esta divisão foi feita de forma a ordenar o trabalho e evitar que informações importantes fossem esquecidas em alguma das etapas.

3.2.1. Pré-inspeção

Nesta etapa foi realizada uma análise das características físicas da edificação, dos sistemas instalados, da operação da edificação e de seus usos de energia. Para

tanto, o primeiro passo foi coletar os dados de consumo de energia elétrica dos dois anos anteriores (Junho 2012 a Julho 2014) para verificação de comportamentos sazonais e picos de consumo incomuns.

O segundo passo desenvolvido foi a análise das características físicas da edificação através de projetos arquitetônico e luminotécnico, uma vez que não existe um projeto elétrico atualizado. Com estas informações foi possível a criação de um perfil da edificação, contendo idade, ocupação, descrição e as condições arquitetônicas e elétricas existentes.

O terceiro passo realizado foi a verificação do nível de eficiência energética da edificação a partir da avaliação da Etiqueta PBE Edifica da EAUFMG, emitida segundo o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Para tanto, foi analisado o relatório de inspeção emitido pelo Certi – Organismo de Inspeção de Eficiência Energética em Edificação – em 2013, a respeito do nível de eficiência energética da EAUFMG. Por ser condicionada naturalmente, foram verificados apenas a eficiência do sistema de iluminação e da envoltória da edificação.

Após a análise destas informações, foram elaboradas plantas simplificadas e formulários para levantamento de dados referente aos equipamentos consumidores de energia elétrica presentes da edificação. O levantamento destes equipamentos teve como objetivo colaborar para a determinação do consumo global de energia elétrica, uma vez que foi inviável obter este consumo através de medição direta, tendo em vista a inexistência de projeto elétrico e à impossibilidade de medir o consumo por usos finais.

3.2.2. Inspeção

A inspeção à edificação serviu para a verificação das informações levantadas na etapa anterior e para a compreensão exata das condições existentes. Uma reunião com o responsável pela manutenção e operação do edifício foi realizada para coleta de informações a respeito dos sistemas instalados e dos procedimentos de manutenção, bem como dos hábitos de uso da edificação.

As informações a respeito das rotinas de ocupação de cada sala de aula foram obtidas junto à Sessão de Ensino da Escola de Arquitetura, com o intuito de verificar quais salas estão ocupadas em cada hora do dia. A ocupação dos escritórios dos professores foi verificada com auxílio das secretarias dos departamentos, que também contribuíram no levantamento dos equipamentos presentes em cada gabinete.

Thumann e Younger (2007) aconselham que seja utilizada uma planta simplificada para cada tipo de equipamento ou sistema levantado. Levando em consideração que o levantamento do sistema de iluminação foi realizado em 2012 pela equipe do Labcon para a obtenção da Etiqueta PBE, este sistema não foi levantado novamente, sendo que, apenas os acionamentos das luminárias foram verificados. Desta forma, durante a inspeção as plantas simplificadas foram utilizadas para o levantamento dos equipamentos presentes em cada ambiente e para conferência dos acionamentos das luminárias.

Para melhor compreensão dos dados obtidos durante esta etapa foram feitos registros fotográficos da edificação, com seus espaços internos e detalhes da envoltória, de seus sistemas e equipamentos. Todas as informações obtidas durante esta fase foram registradas em formulários, desenvolvidos na fase anterior.

3.2.3. Pós-inspeção

Nesta etapa foram processados os dados colhidos durante a fase posterior. A organização das informações serviu para avaliar se os dados obtidos foram suficientes ou se seriam necessárias novas visitas à edificação. Apesar de os dados relativos aos acionamentos terem sido coletados durante a inspeção, a posição de cada interruptor e o sentido do “liga/desliga” precisaram ser verificados para a confecção dos adesivos. Os dados foram utilizados para complementar as informações prévias e facilitar o diagnóstico energético da edificação.

3.3. Diagnóstico da edificação

O diagnóstico da edificação teve por objetivo principal determinar as condições da edificação sob o ponto de vista do uso de energia de forma a identificar problemas e propor soluções para a maior eficiência de seus sistemas e operações.

3.3.1. Análise das contas de energia elétrica

A análise do consumo de energia elétrica da edificação iniciou-se pela análise das contas de energia elétrica dos últimos dois anos. Esta etapa contribuiu para a validação do consumo de energia elétrica obtido através da inspeção, a compreensão das características operacionais da edificação e a estimativa do potencial de economia, além de servir como parâmetro para o monitoramento da efetividade das medidas de eficiência energética propostas.

3.3.2. Consumo Global

O consumo global de energia elétrica foi obtido a partir da inspeção de ambientes, através da soma dos consumos individuais de cada equipamento, obtidos a partir da multiplicação da potência média dissipada pelo tempo mensal de funcionamento. Para que os valores obtidos na inspeção coincidisse com os valores de consumo presentes na conta de energia elétrica, foram realizados ajustes nas potências médias e nos tempos de operação dos equipamentos levantados. Para estabelecer as potências médias de cada equipamento, foram utilizados como fontes o Simulador de Consumo da CEMIG (CEMIG, 2014) e sites de fabricantes de equipamentos eletrônicos como HP, Elgin, Brastemp, D-Link e outros. A medição direta do consumo de energia na edificação não foi realizada por inviabilidade técnica, uma vez que os circuitos elétricos não são separados por uso final.

3.3.3. Consumo desagregado por uso final

A partir da definição do consumo global de energia elétrica, o consumo desagregado foi determinado para auxiliar no diagnóstico do potencial de redução de consumo de energia elétrica. Para tanto as informações coletadas durante a fase de inspeção auxiliaram na determinação do consumo individual de cada uso final.

Ludgero e Assis (2005) desenvolveram uma análise preliminar do consumo energético desagregado da EAUFMG utilizando a metodologia de avaliação pós-ocupação (APO). Este trabalho será utilizado para comparação com os resultados da presente pesquisa.

Inicialmente foram levantadas, a partir do projeto luminotécnico e das planilhas de apoio utilizadas no processo de obtenção da Etiqueta PBE, as informações do

sistema de iluminação como quantidade e potência das lâmpadas e reatores. Os equipamentos consumidores de energia elétrica presentes em cada ambiente foram levantados na etapa de inspeção e agrupados, tendo como base a metodologia proposta por Ornstein, Bruna e Romero (1995) e utilizada por Ludgero e Assis (2005).

- De refrigeração: inclui aparelhos de ar condicionado e ventiladores mecânicos;
- De informática: inclui o conjunto do computador (CPU, monitor e estabilizador), o scanner e a impressora;
- De sala de aula: inclui o retroprojetor, o projetor de slides, a televisão para uso exclusivo de aula, o vídeo cassete, e o datashow.
- De laboratório e oficinas: inclui equipamentos de uso específico, não inclui aparelhos de informática;
- Diversos: todos os demais equipamentos que não foram citados acima, como, por exemplo, rádio, fax, aparelhos do auditório, frigobar, geladeira, microondas, freezer, televisão, elevadores, etc..

Os ambientes também foram classificados em grupos, de forma a facilitar a compreensão do impacto de cada tipo de ambiente no consumo de energia elétrica da edificação.

- Grupo 1: setor administrativo, o qual inclui as salas de diretoria, secretaria geral, colegiados;
- Grupo 2: salas de aula;
- Grupo 3: salas de departamentos acadêmicos, que incluem secretaria, sala dos professores, sala dos bolsistas;
- Grupo 4: laboratórios e oficinas;
- Grupo 5: setor de serviço, que inclui as salas de serviços gerais, os depósitos;
- Grupo 6: áreas de uso comum, como banheiros, áreas de circulação, cantina, biblioteca.

O levantamento dos equipamentos foi realizado através de inspeção em todos os ambientes da edificação. As visitas foram realizadas com autorização da diretoria,

na parte da tarde para não perturbar o andamento das aulas. Foram verificados quais equipamentos estão instalados em cada ambiente, a quantidade de cada um e se os mesmos estão em funcionamento, uma vez que existem diversos equipamentos fora de uso na Escola de Arquitetura.

Após o levantamento das informações, foi feita uma estimativa de operação para um mês típico (no caso da Escola de Arquitetura, um mês letivo). Os padrões de ocupação dos ambientes administrativos foram obtidos com base no período de trabalho dos servidores federais. O funcionamento dos departamentos acadêmicos e a ocupação dos gabinetes dos professores foram levantados em cada secretaria de departamento, enquanto as rotinas de utilização das salas de aula foram obtidas com a Sessão de Ensino da Escola de Arquitetura.

O tratamento dos dados permitiu a geração de alguns índices, que posteriormente serão comparados com os valores apresentados no trabalho de Ludgero e Assis (2005).

- Potência instalada total por unidade de área (W/m^2);
- Consumo estimado desagregado por uso final ($kWh/mês$);
- Consumo estimado desagregado por uso final para cada grupo de ambientes ($kWh/mês$);
- Consumo estimado desagregado por uso final por unidade de área [$kWh/(m^2.mês)$].

Os valores encontrados nesta etapa foram comparados com o consumo real obtido nas faturas de energia elétrica emitidas pela CEMIG.

O consumo da edificação foi analisado segundo metodologia desenvolvida por Jota et al (2010) na qual o consumo pode ser dividido entre Consumo Estrutural e Consumo Escolar. Para a análise do Consumo Estrutural, os valores relativos ao consumo de energia elétrica da Biblioteca foram analisados separadamente uma vez que, ao contrário das edificações de ensino básico analisadas por Jota et al (2010), a Biblioteca da Escola de Arquitetura funciona durante todo o ano e não apenas durante o período letivo.

3.4. Verificação do nível de eficiência da edificação

A verificação do nível de eficiência energética da edificação foi realizada a partir da análise da Etiqueta PBE Edifica, obtida pela Escola de Arquitetura a partir da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e apresentada na Figura 23. Para tanto, foi analisado o relatório de inspeção emitido pelo Certi – Organismo de Inspeção de Eficiência Energética em Edificação – em 2013, a respeito do nível de eficiência energética da EAUFMG. Por ser condicionada naturalmente, foram analisados apenas o sistema de iluminação e a envoltória da edificação.

Figura 23 – ENCE obtida pela Escola de Arquitetura



Fonte: CERTI, INMETRO

3.5. Determinação do potencial de redução de consumo

Com a análise do consumo de energia elétrica da edificação concluído, foi necessário verificar o potencial de redução de consumo da edificação, para posteriormente avaliar as possíveis medidas de intervenção e/ou conscientização que serão aplicadas.

Foram utilizadas as informações do tipo e quantidade de lâmpadas, bem como as densidades de potência instalada em cada ambiente, do levantamento realizado para a emissão da Etiqueta PBE Edifica. Este estudo permitiu verificar se existiam ambientes com densidades de potência acima dos níveis estabelecidos pelo RTQ-C

No presente estudo foi realizado levantamento da divisão de circuitos e atendimento ao pré-requisito de contribuição da luz natural, uma vez que houveram mudanças em alguns acionamentos da edificação posteriores a 2012, data da emissão da ENCE.

Por fim, para determinar o potencial de redução de consumo de energia elétrica a partir do sistema de iluminação, após analisar as condições dos sistemas instalados, foi verificada a disponibilidade luz natural, em cada um dos ambientes, para a avaliação da pertinência da implantação de medidas de eficiência energética.

3.6. Análise da disponibilidade de luz natural

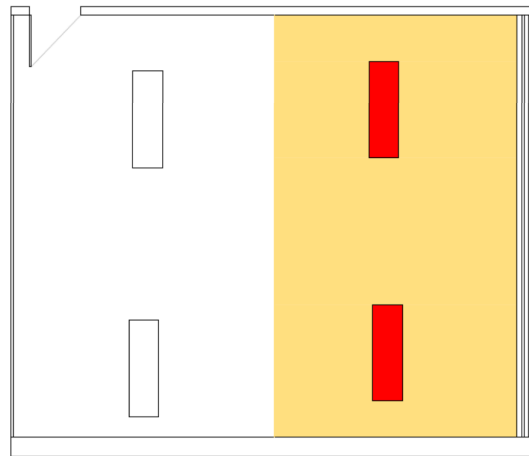
A verificação da disponibilidade de luz natural foi realizada nos ambientes em que o sistema de iluminação artificial possibilita o aproveitamento da iluminação natural, ou seja, nos ambientes que possuem mais de uma fileira de luminárias e que a fileira mais próxima à janela tenha acionamento separado das demais.

A partir destas simulações, realizadas no software Daysim, com o auxílio do plug-in Su2rad para Google SketchUp, foi possível analisar os valores de Autonomia de Luz Natural (Daylight Autonomy – DA) para verificar o atendimento ao nível mínimo de iluminância proveniente da luz natural exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior (ABNT, 2013) – 300 lux para ambientes de salas de aula e 500 lux para ambientes de escritório. Os valores obtidos nesta etapa serviram de base para a elaboração das medidas de conscientização, que serão descritas no devido capítulo.

Para a realização da simulação, os pontos de análise foram distribuídos na área de influência das luminárias que, a partir do aproveitamento da luz natural, deveriam ficar apagadas durante um determinado período do dia, como ilustrado na Figura 24. Desta forma, os valores de autonomia de luz natural referem-se não ao ambiente como todo, mas apenas à área de influência das luminárias próximas a abertura.

As informações provenientes destas simulações foram utilizadas nos cartazes afixados nas salas, de forma a informar o usuário a respeito da parcela do tempo que as luminárias destacadas poderiam permanecer desligadas, bem como na análise do potencial de redução do consumo de energia elétrica nos ambientes estudados.

Figura 24 - Área de influência das luminárias próximas à abertura – Sala 414



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a realização da simulação computacional foi necessário obter os seguintes dados de entrada:

3.6.1. Características físicas dos ambientes

As características físicas dos ambientes como dimensões, presença de aberturas, suas respectivas dimensões e percentual de caixilho, foram obtidas a partir da análise do projeto de arquitetura da Escola de Arquitetura. Estas características foram utilizadas para a modelagem tridimensional dos ambientes no software Google SketchUp com a utilização do plug-in Su2rad.

3.6.2. Refletância dos materiais

Os valores de refletância dos materiais foram inseridos diretamente no software Daysim, de acordo com o ambiente analisado. As características de refletância interna dos ambientes foram determinadas com base nos materiais

predominantemente utilizados na Escola de Arquitetura. As características de refletância dos materiais da fachada da edificação foram obtidos no Relatório de Ensaio de Absortância realizado em agosto de 2012. Em determinado local da edificação, o muro de divisa tem grande influência na parcela de luz refletida dentro dos ambientes e, por não ter sido contemplado nas medições de 2012, a refletância deste material foi obtida a partir da medição de refletância.

A medição foi realizada de acordo com o procedimento especificado no manual do equipamento ALTA Reflectance Spectrometrer, com intervalo de medição de 470nm a 940nm. Foram realizadas 12 leituras de refletância para a amostra, por comprimento de onda. Os resultados de refletância mensurados foram tratados em média ponderada, calculados conforme a Equação 1, corrigidos de acordo com o padrão de amostra de referência, e ajustados ao espectro solar padrão de acordo com a norma ISSO 9845-1:1992.

$$\rho = \frac{(\rho_{amostra} - dark\ voltage)}{(\rho_{referencia} - dark\ volage)} * 100$$

Equação 1: Cálculo de Refletância

Onde:

$\rho_{amostra}$: refletância medida da amostra;

$\rho_{referencia}$: refletância do padrão de referência;

Dark voltage: voltagem de fundo, obtida ao ligar o espectrômetro.

Como referência foi utilizada pintura acrílica Branco Neve Suvinil, obtida através de medição de refletância à radiação solar de acordo com a norma “ASHRAE 74-1988: method of measuring solar-optical properties of materials”, em ensaio realizado com equipamento espectrofotômetro HITACHI, modelo U-3501 com esfera integradora e faixa espectral de 190 a 3200nm, no Laboratório do Instituto de Química da Escola de Engenharia de São Carlos, EESC/USP.

3.7. Questionários

Compreender a relação dos usuários da edificação com o sistema de iluminação artificial e a iluminação natural foi importante para a verificação das possibilidades de redução do consumo de energia elétrica proveniente da primeira, a partir do aproveitamento da luz natural. Para tanto foi necessário investigar, diretamente com

os usuários, qual a percepção em relação ao ambiente e à disponibilidade de luz no espaço ocupado para, posteriormente, adotar medidas que estimulassem estes usuários a atuarem de forma mais consciente sobre os sistemas disponíveis na edificação. A pesquisa separou os três principais usuários da Escola de Arquitetura: alunos, professores e servidores técnico-administrativos. Cada grupo tende a interagir de forma distinta com a edificação tendo em vista que o tempo de permanência e o ambiente de trabalho são diferentes.

Para esta primeira fase foram aplicados, à 311 pessoas, questionários desenvolvidos pelo IEA (International Energy Agency) através do *IEA SHC Task 50 – Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings*. Este questionário foi retirado do *“Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofits”*, protocolo para monitoramento dos ambientes iluminados de uma edificação, antes e depois das medidas de intervenção que buscam melhorar a eficiência energética e a qualidade da iluminação artificial e natural. As respostas variaram em uma escala de 1 a 7, sendo o 1 Muito Ruim e o 7 Muito Bom.

Segundo o protocolo, este questionário, chamado *“Light experience questionnaire”*, deveria ser aplicado antes e depois das medidas de intervenção e seus resultados tratados estatisticamente para avaliar quais impactos das intervenções sobre os seguintes aspectos: qualidade da luz; quantidade de luz; aparência do ambiente; e distribuição da luz. Apesar de neste estudo não terem sido realizadas medidas de intervenção, o questionário foi utilizado pois seus resultados permitiram verificar a percepção dos usuários a respeito da luz nestes ambientes para, posteriormente, serem comparados com os demais dados levantados.

Desta forma, o questionário, apresentado no Anexo I, foi traduzido e aplicado aos alunos, professores e servidores técnico-administrativos da EA com a adição de três perguntas que buscavam analisar a percepção do usuário sobre sua responsabilidade em relação ao acionamento ou desligamento dos sistemas de iluminação artificial. Os questionários foram aplicados para alunos e professores durante as aulas e para os servidores técnico-administrativos em seus ambientes de trabalho, entre os dias 20 e 26 de março de 2015.

Dois meses após a aplicação das medidas de conscientização novos questionários foram aplicados aos usuários para verificar a pertinência e o alcance da campanha

de conscientização. Este questionário foi desenvolvido para verificar se as medidas foram notadas pelos usuários e se as mesmas serviram de estímulo para que estes atuassem de forma consciente sobre os sistemas disponíveis na edificação. Esta segunda fase foi desenvolvida entre os dias 15 e 19 de junho de 2015.

3.8. Medidas de conscientização

As medidas de conscientização adotadas neste trabalho objetivaram motivar os usuários da edificação a atuarem sobre o sistema de forma consciente. A conscientização teve como pontos principais duas premissas. A primeira foi fornecer ao usuário informações a respeito das características de consumo de energia elétrica da edificação, demonstrando quais ambientes são responsáveis pela maior parcela deste consumo e quais os principais usos finais consumidores. A segunda premissa foi despertar a atenção do usuário para sua responsabilidade em relação ao funcionamento dos sistemas presentes na edificação, bem como as consequências de um uso racional dos mesmos e formas de conservar energia elétrica através da mudança de comportamentos.

Esta etapa foi iniciada em conjunto com a aplicação do primeiro questionário. Durante a aplicação, a campanha foi apresentada aos usuários, mesmo antes da afixação dos cartazes. Desta forma, buscou-se chamar a atenção das pessoas para aqueles cartazes e e-mails que seriam afixados e enviados, mas que, para surtirem efeito, deveriam ser percebidos por aqueles que interagem com os sistemas da edificação.

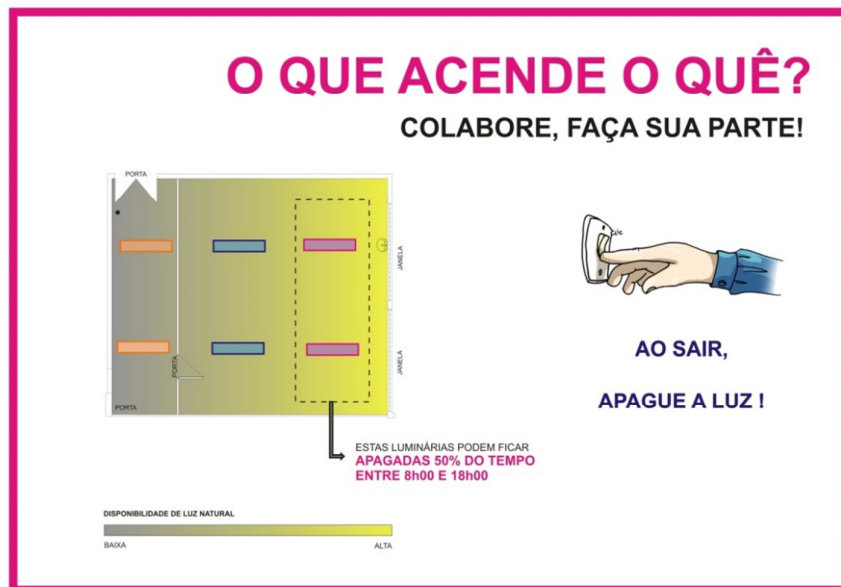
Foram elaborados cartazes informativos, Anexo 3, com mensagens a respeito dos benefícios do consumo eficiente de recursos energéticos e que estimuassem a mudança de comportamento dos usuários. Foram utilizados como referência os cartazes elaborados por Gonçalves (2014) e exemplificados na Figura 25. Para melhorar a compreensão dos usuários, foram alterados os esquemas de cores, de forma a tornar mais clara a entrada da luz natural e sua distribuição pelo ambiente, conforme apresentado na Figura 26.

Figura 25 - Exemplo de um dos mapas de Circuitos afixados em uma das salas estudadas por Gonçalves (2014)



Fonte: GONÇALVES, 2014

Figura 26 - Exemplo de um dos cartazes afixados em uma das salas estudadas com alteração no esquema de cores e adição de escala da disponibilidade de luz natural



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dos dados obtidos através das simulações de iluminação natural, foram destacadas as luminárias e a porcentagem do tempo que as mesmas poderiam ficar

apagadas durante o dia, mantendo o nível de iluminância mínimo em função da atividade principal do ambiente.

Em todos os ambientes que apresentavam potencial de economia de energia, seja a partir da redução do uso da iluminação artificial ou da utilização racional da iluminação apenas nas áreas utilizadas do ambiente, os acionamentos das luminárias foram destacados com adesivos com as cores correspondentes às cores assinaladas no cartaz e com a indicação da posição necessária para manter a luminária apagada ou acesa.

Durante a fase de inspeção dos ambientes, foram encontrados banheiros e salas de aula com sistema de iluminação acionado, mesmo na ausência de usuários. Desta forma, em todas as portas da Escola de Arquitetura foram afixados cartazes, ilustrados na Figura 27, com lembrete para o usuário, ao sair, apagar a luz.

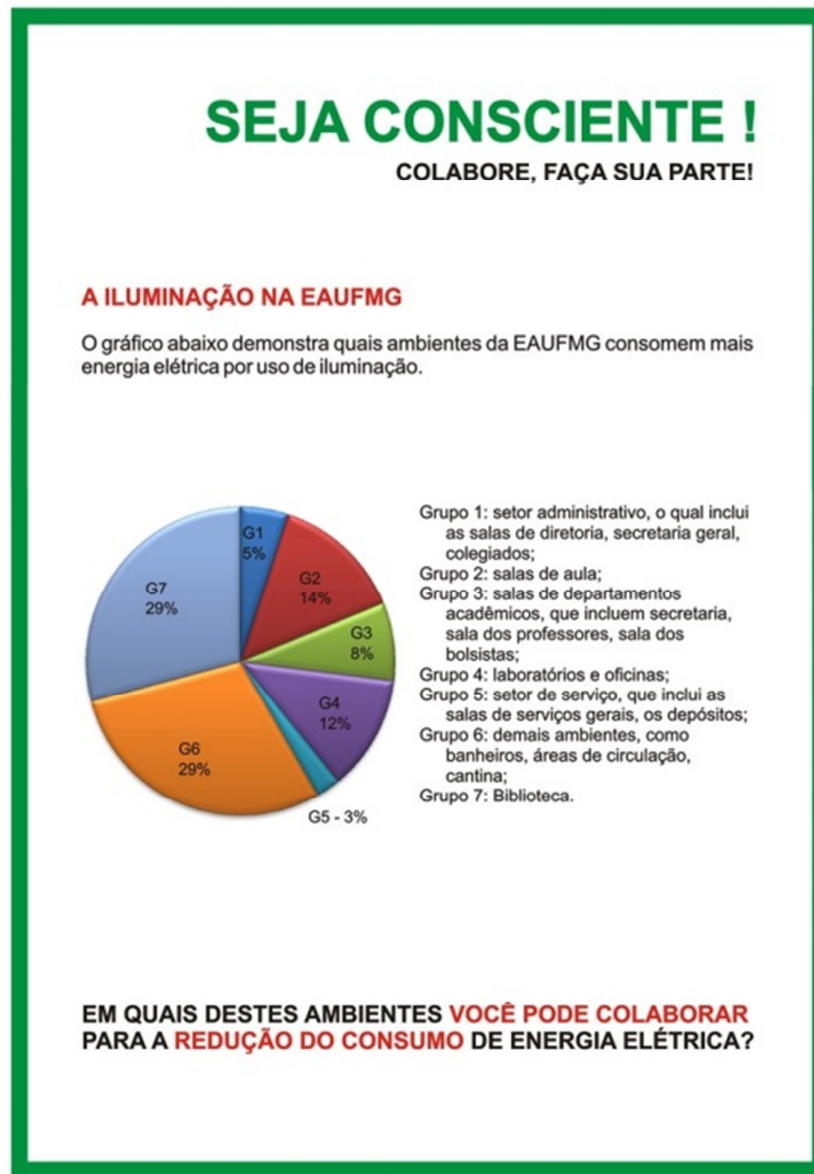
Figura 27 - Exemplo dos cartazes afixados nas portas da EA



Fonte: Elaborado pelo autor

Com a colaboração do Colegiado do curso de Arquitetura e Urbanismo, do Colegiado de Design e da Diretoria da Escola de Arquitetura, e-mails foram enviados, entre o começo de abril e o final de maio, para alunos, professores e servidores, alertando sobre os potenciais de redução de consumo na edificação e seus benefícios, como pode ser visto na Figura 28.

Figura 28 - Exemplo de e-mail informativo enviado para os usuários da EA



Fonte: Elaborado pelo autor

As informações contidas nos e-mails originaram-se no diagnóstico de consumo energético e de revisões bibliográficas realizadas durante o desenvolvimento da pesquisa. Estas informações foram organizadas, em sete mensagens – disponíveis no Anexo 4, de forma a criar uma ordem lógica capaz de elucidar o consumo de energia elétrica na edificação e a importância da interação do usuário com os sistemas existentes.

O primeiro e-mail foi uma apresentação do trabalho, no qual é feito um agradecimento a todos aqueles que participaram da pesquisa, respondendo o primeiro questionário sobre a percepção da luz no ambiente. Nesta mensagem é comunicado aos usuários que a campanha seguiria com o apoio da Diretoria e colaboração dos Colegiados de Arquitetura e Urbanismo e Design, através do envio de e-mails semanais.

Na segunda semana de campanha, foi enviada uma apresentação dos cartazes que, naquele momento, já estavam afixados na Escola de Arquitetura. Nesta mensagem cada cartaz foi apresentado, bem como as informações contidas nos mesmos e a relevância de cada um para a continuidade da campanha.

O terceiro e-mail dá início à fase de demonstração de informações relacionadas ao consumo de energia elétrica na edificação. Foram inseridos um gráfico com o consumo estimado desagregado por usos de equipamentos e iluminação e outro com o consumo estimado por grupo de ambientes. O intuito desta mensagem foi demonstrar quais os principais usos de energia na edificação e quais grupos de ambientes são responsáveis pelo maior consumo.

A quarta semana é marcada pelo início da conscientização dos usuários e do direcionamento da campanha para o sistema de iluminação artificial. Nesta mensagem é apresentado o uso da energia elétrica por ambiente por uso de iluminação e a frase “Em quais destes ambientes você pode colaborar para a redução do consumo de energia elétrica?”, com o intuito de despertar a atenção do leitor para sua participação no uso da energia na edificação.

Na quinta semana a mensagem aborda a eficiência energética na Escola de Arquitetura. Apresenta a ENCE da edificação obtida em 2012, com a avaliação do nível de eficiência da envoltória e do sistema de iluminação, demonstrando quais informações estão contidas na mesma e o motivo de não haver avaliação do sistema de condicionamento de ar – a edificação é condicionada naturalmente.

O sexto e-mail relaciona diretamente o usuário com a eficiência energética na edificação. Neste é apresentado estudo de Gul e Patidar (2014) que cita que o consumo de energia elétrica é até 85% maior do que o previsto em campus de

universidades. Nesta mensagem são apresentadas aos leitores dicas para a redução do consumo de energia na Escola de Arquitetura.

A sétima e última mensagem reforça a importância da conscientização do usuário em relação à eficiência energética na edificação. Destaca que conservar é racionalizar, e não, racionar. Cita que os avanços tecnológicos colaboram para a redução no consumo, mas que para atingir metas de economia, é necessário conhecer os impactos da interação do usuário com a edificação e engajar todos neste processo, uma vez que, é pouco provável que atitudes isoladas possam reduzir expressivamente o uso da energia. Por fim, relaciona novamente o consumo da energia elétrica com o comportamento do leitor frente aos sistemas da Escola de Arquitetura.

O alcance e a relevância da Campanha de Consumo Consciente de Energia foram avaliados a partir da aplicação de novo questionário, elaborado com o objetivo de medir a percepção do usuário em relação à Campanha e a importância de seu comportamento para o sucesso de medidas de eficiência energética.

Nesta segunda etapa das pesquisas os questionários foram aplicados a 129 pessoas entre alunos e professores. Devido à greve dos servidores técnico-administrativos, iniciada no mês de maio de 2015, não foi possível aplicação dos questionários a estes usuários. Os questionários foram aplicados entre os dias 18 e 26 de junho de 2015. O modelo do questionário aplicado está disponível no Anexo 2.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados do diagnóstico

4.1.1. Análise das faturas de energia elétrica

A análise das faturas de energia elétrica permite verificar os padrões de consumo e realizar comparação entre os valores de consumo global e consumo desagregado por uso final, obtidos através da inspeção de ambientes, bem como a verificação de sazonalidades, devido aos diferentes padrões de consumo nos períodos letivo e de férias.

Para se obter um valor de consumo comparativo, foram analisados os dados de consumo medidos pela CEMIG de dois anos consecutivos (Julho de 2012 a Junho de 2014). Foram analisados, para efeito comparativo, apenas os meses letivos, uma vez que os consumos global e desagregado obtidos nesta pesquisa foram estimados com base no padrão de ocupação deste período. O período letivo considerado vai de março a junho e de agosto a novembro. No ano de 2012 ocorreu uma greve de 19 de junho a 5 de setembro. Desta forma, o primeiro semestre de 2012 foi encerrado dia 5 de setembro e o segundo semestre durou de 5 de outubro a 8 de fevereiro.

Tabela 2 - Regularização do consumo para 30 dias

Mês	Dias	Consumo mensal (kWh/mês)	Consumo diário (kWh)	Consumo 30 dias (kWh/mês)	Período	Consumo médio (kWh/mês)
jul/12	31	12240	394,84	11845,16	Greve	20048,26
ago/12	31	12000	387,10	11612,90	Greve	
set/12	30	15240	508,00	15240,00	Férias	
out/12	31	20520	661,94	19858,06	Letivo	
nov/12	30	20040	668,00	20040,00	Letivo	
dez/12	31	18120	584,52	17535,48	Letivo	
jan/13	31	19200	619,35	18580,65	Letivo	
fev/13	28	14040	501,43	15042,86	Férias	
mar/13	31	20400	658,06	19741,94	Letivo	
abr/13	30	21480	716,00	21480,00	Letivo	
mai/13	31	20880	673,55	20206,45	Letivo	
jun/13	30	19680	656,00	19680,00	Letivo	
jul/13	31	17280	557,42	16722,58	Férias	
ago/13	31	20640	665,81	19974,19	Letivo	
set/13	30	21360	712,00	21360,00	Letivo	
out/13	31	20880	673,55	20206,45	Letivo	
nov/13	30	21600	720,00	21600,00	Letivo	
dez/13	31	16800	541,94	16258,06	Férias	
jan/14	31	13200	425,81	12774,19	Férias	
fev/14	28	20880	745,71	22371,43	Letivo	
mar/14	31	21240	685,16	20554,84	Letivo	
abr/14	30	21720	724,00	21720,00	Letivo	
mai/14	31	21360	689,03	20670,97	Letivo	
jun/14	30	15240	508,00	15240,00	Letivo	

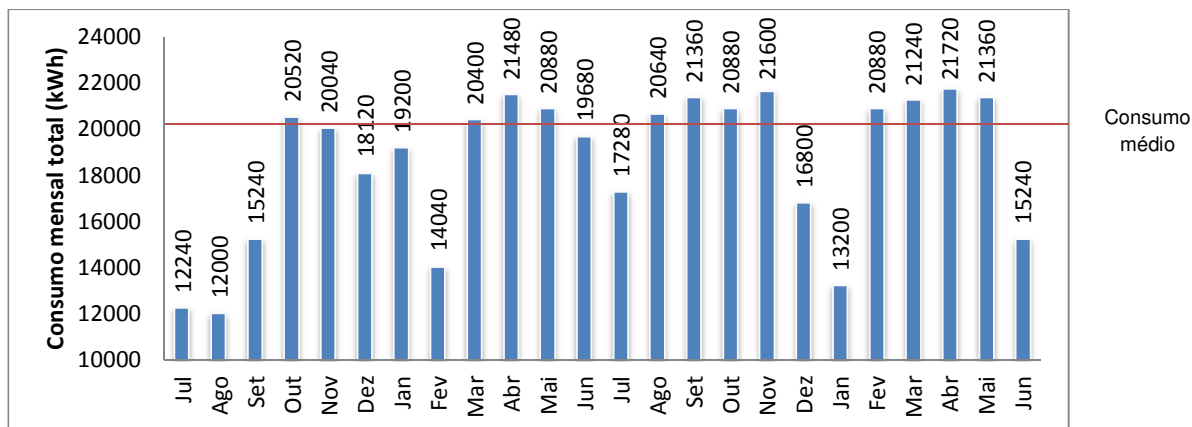
Fonte: Elaborado pelo autor

Os períodos de leitura nas faturas de energia devem ser observados de forma a não gerarem distorção no consumo padrão. No caso da Escola de Arquitetura as leituras

são feitas sempre no 1º dia do mês, desta forma, o período de consumo medido varia de 28 a 31 dias. Para obtenção de um valor de comparação, os períodos de consumo foram uniformizados para 30 dias e apresentados na Figura 29.

Entre julho de 2012 e junho de 2014 foram considerados 17 meses letivos. O consumo médio encontrado para esse período foi de 20.048,26 kWh/mês.

Figura 29 – Consumo de energia elétrica medido pela CEMIG entre Julho de 2012 e Junho de 2014



Fonte: Elaborado pelo autor

Períodos de leitura:

JUL/12 (02/07 – 01/08)	JAN/13 (02/01 – 01/02)	JUL/13 (02/07 – 01/08)	JAN/14 (02/01 – 01/02)
AGO/12 (02/08 – 01/09)	FEV/13 (02/02 – 01/03)	AGO/13 (02/08 – 01/09)	FEV/14 (02/02 – 01/03)
SET/12 (02/09 – 01/10)	MAR/13 (02/03 – 01/04)	SET/13 (02/09 – 01/10)	MAR/14 (02/03 – 01/04)
OUT/12 (02/10 – 01/11)	ABR/13 (02/04 – 01/05)	OUT/13 (02/10 – 01/11)	ABR/14 (02/04 – 01/05)
NOV/12 (02/11 – 01/12)	MAI/13 (02/05 – 01/06)	NOV/13 (02/11 – 01/12)	MAI/14 (02/05 – 01/06)
DEZ/12 (02/12 – 01/01)	JUN/13 (02/06 – 01/07)	DEZ/13 (02/12 – 01/01)	JUN/14 (02/06 – 01/07)

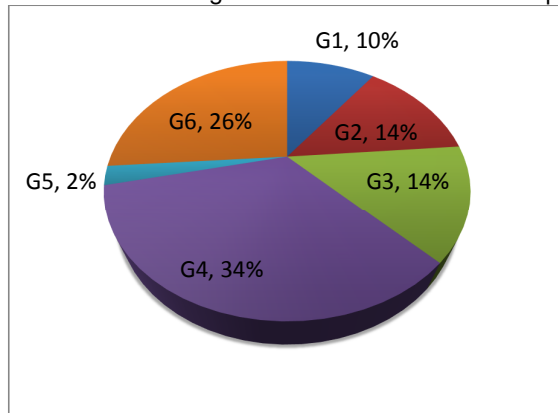
4.1.2. Consumo global

A análise dos dados de consumo obtidos no levantamento de dados através da inspeção de ambientes apontou para um consumo médio de 19.890,87 kWh/mês, enquanto as faturas de energia elétrica emitidas pela concessionária apresentam um consumo médio, para períodos letivos de 20.048,26 kWh/mês, resultando em uma variação de 0,8%.

Com área útil total de 8.511,10m² a Escola de Arquitetura apresentou uma potência total instalada por unidade de área de 21,79 W/m² considerando iluminação, equipamentos e aparelhos de condicionamento de ar.

Ao se analisar o consumo desagregado da edificação, Figura 30, verifica-se que o Grupo 4 (laboratórios e oficina) é o responsável por maior consumo de energia elétrica, com 34% do consumo total da Escola de Arquitetura, seguido pelo Grupo 6 (demais ambientes, como banheiros, áreas de circulação, cantina, biblioteca) que representa 26% do consumo total de energia da edificação.

Figura 30 – Consumo estimado por grupo de ambientes da EAUFMG



- Grupo 1: setor administrativo, o qual inclui as salas de diretoria, secretaria geral, colegiado;
- Grupo 2: salas de aula;
- Grupo 3: salas de departamentos acadêmicos, que incluem secretaria, sala dos professores, sala dos bolsistas;
- Grupo 4: laboratórios e oficinas;
- Grupo 5: setor de serviço, que inclui as salas de serviços gerais, os depósitos;
- Grupo 6: demais ambientes, como banheiros, áreas de circulação, cantina, biblioteca.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados obtidos na etapa de inspeção, apontam para um consumo de 2,34 kWh/(m².mês). O trabalho realizado por Ornstein (1995) apontou um consumo de 5,3 kWh/(m².mês) para edifícios universitários da USP. A comparação destes valores deve, no entanto, levar em consideração a diferença entre o período de medição (1991 para a USP e 2014 EAUFMG).

A análise do consumo a partir da metodologia apresentada por Jota et al (2010), Tabela 3, na qual se propõe a divisão do consumo em Consumo Estrutural e Consumo Escolar apontou para um Consumo Escolar de 4.410,62 kWh/mês. Enquanto o Consumo Estrutural, referente à energia necessária para manter a edificação em funcionamento com as tarefas administrativas, apresentou o valor médio de 15.637,64 kWh/mês.

Tabela 3 - Consumo Estrutural x Consumo Escolar

Consumo Total	20.048,26 kWh/mês	100%
Consumo Estrutural	15.637,64 kWh/mês	78%
Consumo Escolar	4.410,62 kWh/mês	22%

Fonte: Elaborado pelo autor

A Escola de Arquitetura possui 1270 alunos divididos em 3 cursos de graduação – Arquitetura e Urbanismo diurno, Arquitetura e Urbanismo noturno e Design noturno – e 5 cursos de pós-graduação – Especialização em Revitalização Urbana e Arquitetônica, Especialização em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Mestrado em Arquitetura e Urbanismo e Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – 77 professores e 47 servidores técnico-administrativos.

O fato de o Consumo Escolar, referente à presença dos alunos – 96% dos usuários – na edificação ser de apenas 4.410,62 kWh/mês merece atenção. No entanto, é importante destacar que a Escola de Arquitetura, mesmo durante o período de férias, apresenta considerável frequência de usuários uma vez que, laboratórios, cantina e, principalmente, a biblioteca continuam operando normalmente. A biblioteca, presente no Grupo 6, apresenta um consumo mensal de 4.613,51 kWh/mês, o que representa 28% do Consumo Total e 36% do Consumo Estrutural.

De forma a verificar os Consumos Estrutural e Escolar, o consumo da Biblioteca foi analisado separadamente. Assim é possível verificar a real influência dos alunos e professores no uso da energia elétrica na Escola de Arquitetura.

Se a análise do Consumo Estrutural for realizada sem o consumo da Biblioteca da Escola de Arquitetura, este seria de 10.024,13 kWh/mês e, desta forma, o Consumo Escolar seria de 4.410,62 kWh/mês, como pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4 – Consumo Estrutural x Consumo Escolar – Separando o consumo da biblioteca

Consumo Total	20.048,26 kWh/mês	100%
Consumo Biblioteca	4.613,51 kWh/mês	28%
Consumo Estrutural	10.024,13 kWh/mês	50%
Consumo Escolar	4.410,62 kWh/mês	22%

Fonte: Elaborado pelo autor

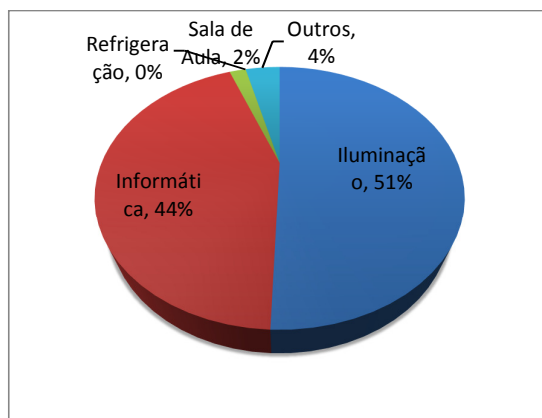
A análise da influência de cada usuário (aluno e professores) no consumo de energia elétrica na Escola de Arquitetura pode, então, ser realizado a partir da

divisão do Consumo Escolar pela quantidade de alunos. Desta forma, é possível verificar que cada usuário contribui, em média, com o consumo de 3 kWh/mês.

4.1.3. Consumo desagregado por uso final

A análise do consumo desagregado por uso final (kWh), apresentado na Figura 31, demonstra que o sistema de iluminação artificial representa 51% do consumo de energia elétrica, enquanto os equipamentos representam 49% e o sistema de condicionamento de ar apresenta um consumo inexpressivo (presente em 18% das salas da EAUFMG sendo, todas elas, salas de departamento acadêmico ou administrativas), uma vez que os aparelhos são utilizados no verão, em meses que não correspondem aos mês típico analisado.

Figura 31 – Consumo desagregado estimado por usos de equipamentos e iluminação da EAUFMG em 2014.



- De refrigeração: aparelhos de ar condicionado e ventiladores mecânicos;
- De informática: conjunto do computador (CPU, monitor e estabilizador), o scanner e a impressora;
- De sala de aula: retroprojetor, o projetor de slides, a televisão para uso exclusivo de aula, o vídeo cassete, e o datashow.
- De laboratório e oficinas: equipamentos de uso específico, não inclui aparelhos de informática;
- Diversos: todos os demais equipamentos (rádio, fax, aparelhos do auditório, frigobar, geladeira, microondas, freezer, televisão, elevadores, etc.).

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise do consumo de energia elétrica do sistema de iluminação, apresentada na Tabela 5, demonstra que o Grupo 6 se apresenta como maior consumidor, com 41%. Neste grupo vale ressaltar que a Biblioteca é responsável por 12%, a circulação 12%, os banheiros 4% e os demais ambientes 13%.

As Salas de Aula (Grupo 2), com 19%, apresentam o segundo maior consumo de energia elétrica por uso de iluminação, conforme apresentado na Figura 32. Em relação ao consumo por equipamentos, os Laboratórios (Grupo 4) e as Salas de Departamento (Grupo 3) representam, respectivamente 51% e 17%, como pode ser observado na Figura 33.

Tabela 5 – Consumo desagregado por uso de iluminação por grupo de ambientes

Grupos	Potência Instalada (W)	Consumo estimado desagregado (kWh.mês)
G1	4059	714,384
G2	13930	1961,344
G3	8783	1159,356
G4	9801	1724,976
G5	2034	357,984
G6	23568	4147,968

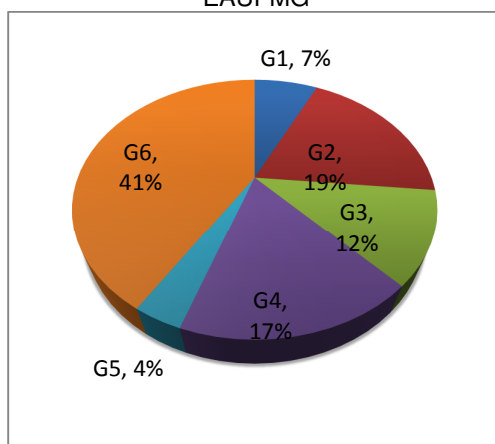
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6 - Consumo desagregado por uso de equipamentos por grupo de ambientes

Grupos	Potência Instalada (W)	Consumo estimado desagregado (kWh.mês)
G1	25940,00	1294,55
G2	12285,00	732,31
G3	33707,00	1637,64
G4	34117,00	4986,81
G5	3425,00	113,26
G6	13797,00	1060,28

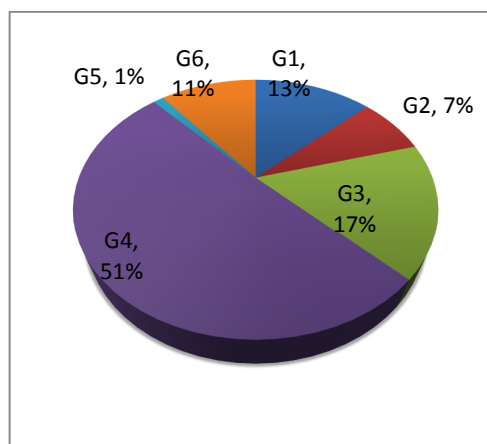
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 32 – Consumo desagregado por grupo de ambiente por uso do sistema de iluminação da EAUFMG



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 33 - Consumo desagregado por grupo de ambiente por uso de equipamentos da EAUFMG



Fonte: Elaborado pelo autor

- Grupo 1: setor administrativo, o qual inclui as salas de diretoria, secretaria geral, colegiado;
- Grupo 2: salas de aula;
- Grupo 3: salas de departamentos acadêmicos, que incluem secretaria, sala dos professores, sala dos bolsistas;
- Grupo 4: laboratórios e oficinas;
- Grupo 5: setor de serviço, que inclui as salas de serviços gerais, os depósitos;
- Grupo 6: demais ambientes, como banheiros, áreas de circulação, cantina, biblioteca.

4.1.4. Etiqueta PBE Edifica

A Etiqueta PBE Edifica, obtida em 2013, demonstra o nível de eficiência da Escola de Arquitetura para a Envoltória e Sistema de Iluminação. A Envoltória da edificação recebeu nível C de eficiência, enquanto o Sistema de Iluminação foi classificado

com nível B de eficiência, conforme aponta a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia).

A análise do Sistema de Iluminação da Escola de Arquitetura foi realizada com base no Método das Atividades do Edifício. A análise aponta a presença de 20 tipos de luminárias e 7 tipos de lâmpadas presentes nos 268 ambientes e com área iluminada de 8.511,10m². A potência total instalada é de 62.175 W, o que representa densidade de potência instalada (DPI) de 7,30 W/m².

Como parâmetro de comparação, a densidade de potência instalada limite para obtenção de Nível A de eficiência pelo Método da Área, para Escola/Universidade, estabelecido na Tabela 4.1 do RTQ-C é de 10,7 W/m². Estes valores representariam um nível de eficiência máximo do sistema de iluminação, caso todos os pré-requisitos específicos do sistema de iluminação fossem atendidos, o que não acontece.

Tabela 7 – Comparação DPI Escola de Arquitetura x DPI_{LIMITE A} (RTQ-C)

DPI Escola de Arquitetura	7,3 W/m ²
DPI_{LIMITE A} (RTQ-C)	10,7 W/m ²

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com a análise realizada, baseada no Método das Atividades do Edifício, dos 268 ambientes existentes na Escola de Arquitetura, 169 atendem a todos os pré-requisitos específicos do sistema de iluminação. Estes ambientes possuem 25.570W de potência instalada, representando 41% do total.

Em relação ao atendimento aos pré-requisitos específicos, 28 ambientes não atendem ao pré-requisito de Divisão de Circuitos, 79 ambientes não atendem ao pré-requisito de Contribuição da Luz Natural pois não possuem acionamento separado para a fileira luminárias mais próxima à janela.

Desta forma, a Tabela 8 apresenta a análise de eficiência do Sistema de Iluminação:

Tabela 8 – Avaliação do Sistema de Iluminação da Escola de Arquitetura

Ambientes que atendem a todos os Pré-Requisitos

P TOTAL: 25.570,0 W **P LIMITE-A:** 33.790,5 W **P LIMITE-C:** 47.306,6 W

P LIMITE-B: 40.548,5 W **P LIMITE-D:** 54.064,7 W

EqNum: 5,0 **A**

Ambientes que não atendem ao Pré-Requisito de Divisão de Circuitos

Ambientes D - P TOTAL: 6.545,0 W

Ambientes E - P TOTAL: 766,0 W

EqNum: 1,9 **D**

Ambientes que não atendem ao Pré-Requisito de Contribuição de Luz Natural

Ambientes C - P TOTAL: 27.528,0 W

Ambientes D- P TOTAL: 2.325,0 W

Ambientes E - P TOTAL: 2.246,0 W

EqNum: 2,8 **C**

Classificação do Sistema de Iluminação

EqNumDPI: 3,6
Nível: B
Nota: 1,1

Fonte: LABCON - EAUFMG-PBE-EP-IL-Planilha Iluminação-00-R00

A avaliação demonstra que 169 ambientes foram classificados com Nível A de eficiência e representam 43% da área da Escola de Arquitetura (3.642,08m²), com 41% da potência total instalada do sistema de iluminação (25.557 W). 71 ambientes foram classificados com Nível C de eficiência e representam 46% da área da edificação (3.953,83 m²), com 47% da potência total instalada (29.294 W). Por fim, os 28 ambientes que foram classificados com Nível D de eficiência representam

11% da área (915,18 m²) com 12% da potência total instalada no sistema de iluminação da Escola de Arquitetura. A Tabela 9 apresenta os valores citados acima:

Tabela 9 – Nível de Eficiência dos Ambientes da Escola de Arquitetura

Nível de Eficiência	Área (m ²)	Percentual da Área	Potência Total Instalada (W)	Percentual da Potência Total Instalada
Nível A	3642,08	43%	25570	41%
Nível C	3953,83	46%	29294	47%
Nível D	915,18	11%	7311	12%

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2. Resultados do potencial de redução de consumo

A análise do nível de eficiência da Escola de Arquitetura a partir da Etiqueta PBE Edifica demonstra que a densidade de potência instalada no sistema de iluminação (7,3 W/m²) está consideravelmente abaixo da densidade de potência instalada limite para Nível A de eficiência (10,7 W/m²), estabelecido na Tabela 4.1 do RTQ-C, que avalia a edificação pelo Método das Áreas.

Se avaliarmos a eficiência do sistema com base no Método das Atividades do Edifício, Tabela 10, verificamos que, caso os pré-requisitos específicos do sistema de iluminação fossem atendidos, a eficiência saltaria do Nível B para o Nível A.

Tabela 10 – Nível de eficiência do Sistema de Iluminação com o atendimento aos pré-requisitos específicos do sistema de iluminação

Ambientes que atendem a todos os Pré-Requisitos			
P TOTAL:	62.175,0	W	P LIMITE-A: 83.690,0 W P LIMITE-C: 117.166,0 W
			P LIMITE-B: 100.428,0 W P LIMITE-D: 133.904,0 W
EqNum:	5,0	A	
Classificação do Sistema de Iluminação			
EqNumDPI:	5,0		
Nível:	A		
Nota	1,5		

Fonte: Elaborado pelo autor

A baixa densidade de potência instalada na Escola de Arquitetura (7,3 W/m²) chama atenção devido aos componentes pouco eficientes presentes na edificação. As luminárias antigas em conjunto com lâmpadas de 16W, 32W e 40W não estão entre os sistemas mais eficientes presentes no mercado, o que levanta a hipótese de que a baixa densidade de potência instalada possa ser reflexo de um sistema de iluminação subdimensionado.

O projeto luminotécnico da Escola de Arquitetura foi elaborado segundo NBR 5413 - Iluminância de Interiores, que estabelecia o nível médio de iluminância para ambientes de salas de aula de 300lux. Esta mesma norma, no entanto, possibilitava a utilização de níveis inferiores de iluminância de acordo com o peso de fatores como a idade do usuário, a velocidade de precisão da tarefa e a refletância do plano de fundo da tarefa. No caso dos ambientes de salas de aula, a iluminância mínima poderia ser de 200lux. Por outro lado, a NBR ISO/CIE 8995-1 estabelece, para ambientes de salas de aula, o nível de iluminância de 300lux durante o dia e 500lux em ambientes utilizados à noite sem a possibilidade de redução deste nível.

Desta forma, seria necessário verificar se os ambientes possuem o nível de iluminância estabelecido pela NBR5413 – Iluminância de Interiores, bem como pela NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior, que estabelece os atuais níveis de iluminância para ambientes de trabalho.

4.2.1. Disponibilidade de luz natural

Para avaliar a possibilidade de atuação do usuário no sistema para aproveitamento da luz natural, foram realizadas simulações de iluminação natural, através do software Daysim, para aqueles ambientes que já possuem os acionamentos separados de acordo com o pré-requisito de iluminação natural do RTQ-C.

Para a realização das simulações foram utilizados como dados de entrada as refletâncias medidas durante a pesquisa e apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Refletância da superfície dos materiais adotados

Superfície	Refletância
Pisos	25%
Tetos – Branco Neve	79%
Paredes internas – Branco Neve	79%
Argamassa + Tinta Látex Creme	74,69%
Argamassa + Tinta Látex Creme (Suja)	50,29%
Telha fibrocimento	15,89%
Piso externo - Concreto	25%
Chapisco Grosso	15,39%
Pastilha cerâmica – Marrom Escuro	15,38%
Teto externo – Tinta Látex azul	30%
Laje concreto	7,04%
Divisória de madeira	10%
Tijolo Cerâmico	28%
Muro de Divisa – Cinza (Suja)	40%

Fonte: Elaborado pelo autor

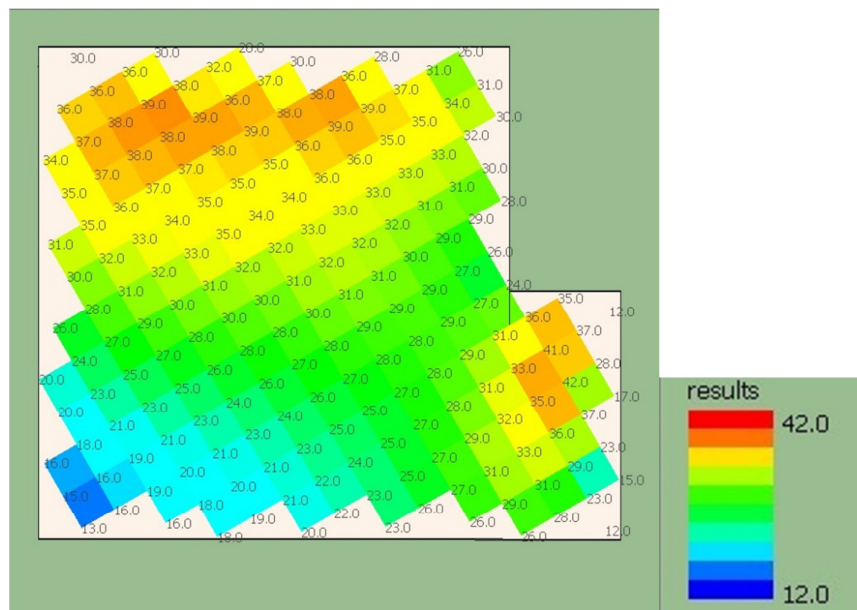
As tabelas 12 a 26 apresentam os parâmetros utilizados nas simulações de iluminação natural com os resultados da Autonomia de Luz Natural de cada sala analisada, enquanto as figuras 34 a 48 apresentam a disponibilidade de luz natural obtida a partir das simulações de iluminação natural.

Tabela 12 – Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 101A

Sala 101A – Autonomia de luz natural (DA): 30%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntWall)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Laje placa concreto	(GenIntHighReflectiveCeiling)	7,04% (amostra 25)	0,1
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso + teto cor azul	(GenIntFloor)	25% e 30%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto e pastilha cerâmica marrom escuro	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,38% (amostra 1)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 34 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 101A



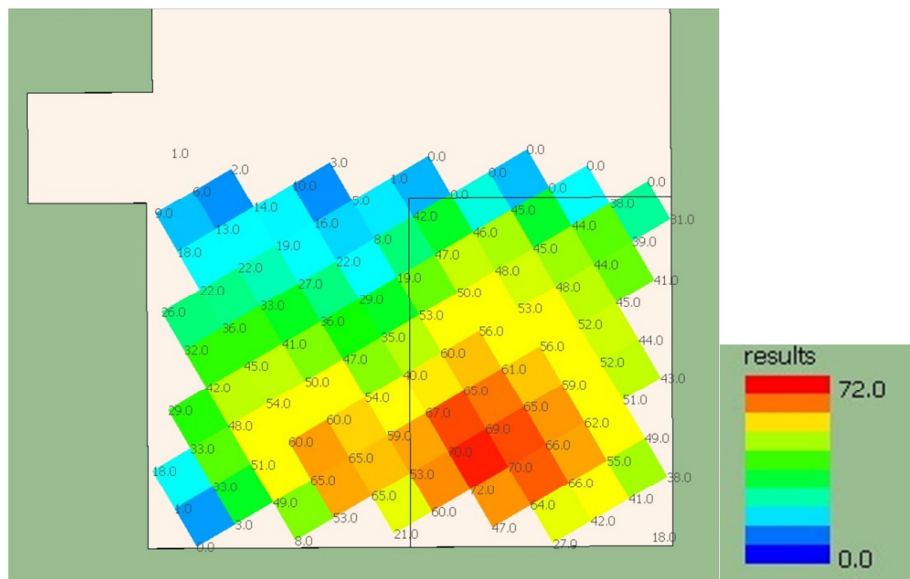
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 105

Sala 105 – Autonomia de luz natural (DA): 40%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto cor azul	(GenIntFloor)	30%	0,3
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Muro	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40%	0,4
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto e chapisco grosso	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,39% (amostra 7)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 35 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 105



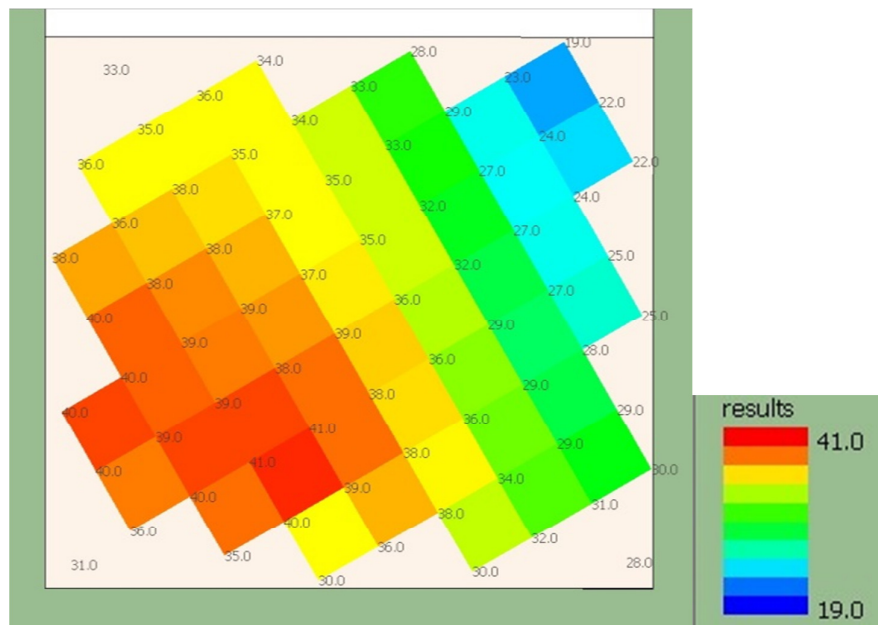
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 14 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 107

Sala 107 – Autonomia de luz natural (DA): 35%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntWall)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Muro	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40%	0,4
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto e chapisco grosso	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,39% (amostra 7)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 36 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 107



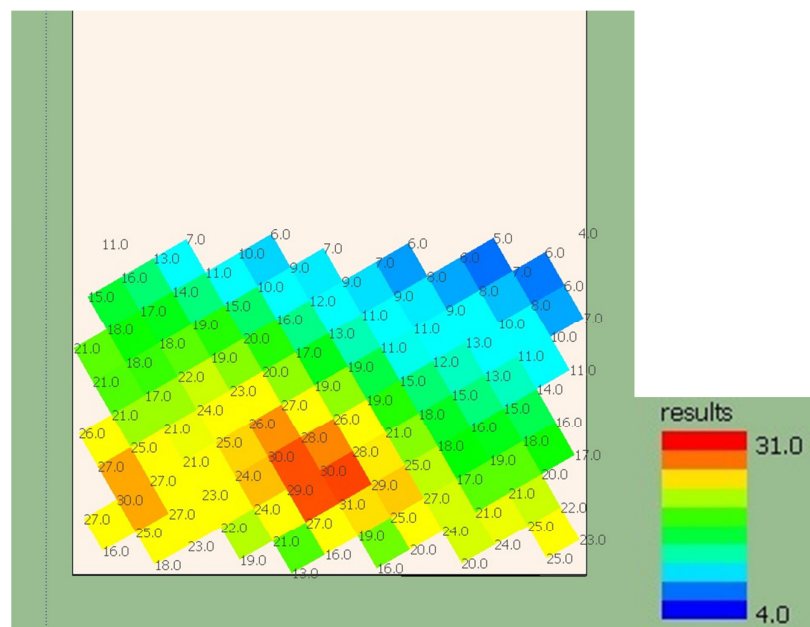
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 109

Sala 109 – Autonomia de luz natural (DA): 20%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntWall)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Muro	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40%	0,4
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto e chapisco grosso	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,39% (amostra 7)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 37 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 109



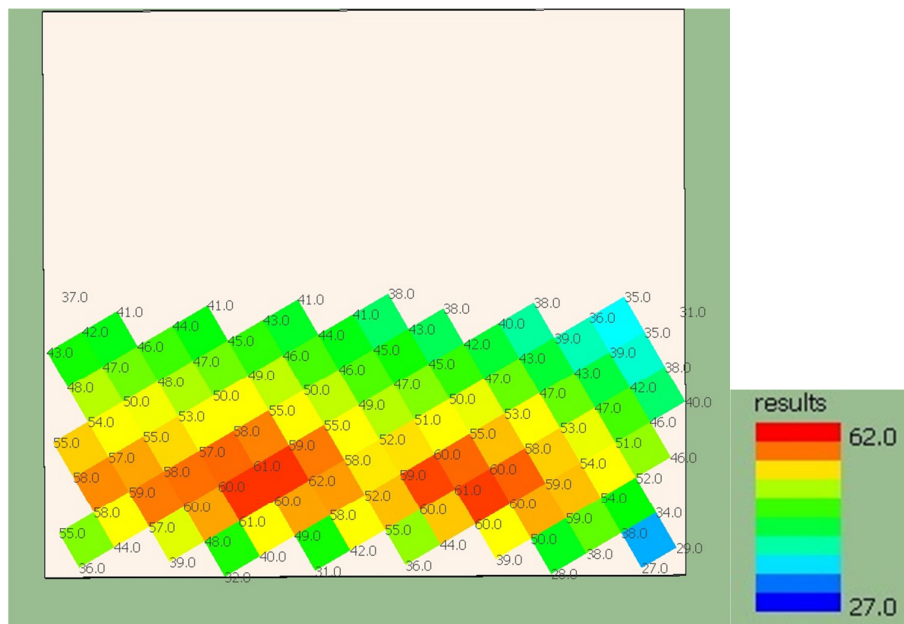
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 16 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 118

Sala 118 - Autonomia de luz natural (DA): 50%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntCeiling)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto	(GenIntHighReflectiveCeiling)	15,89% (amostra 27)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 38 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 118



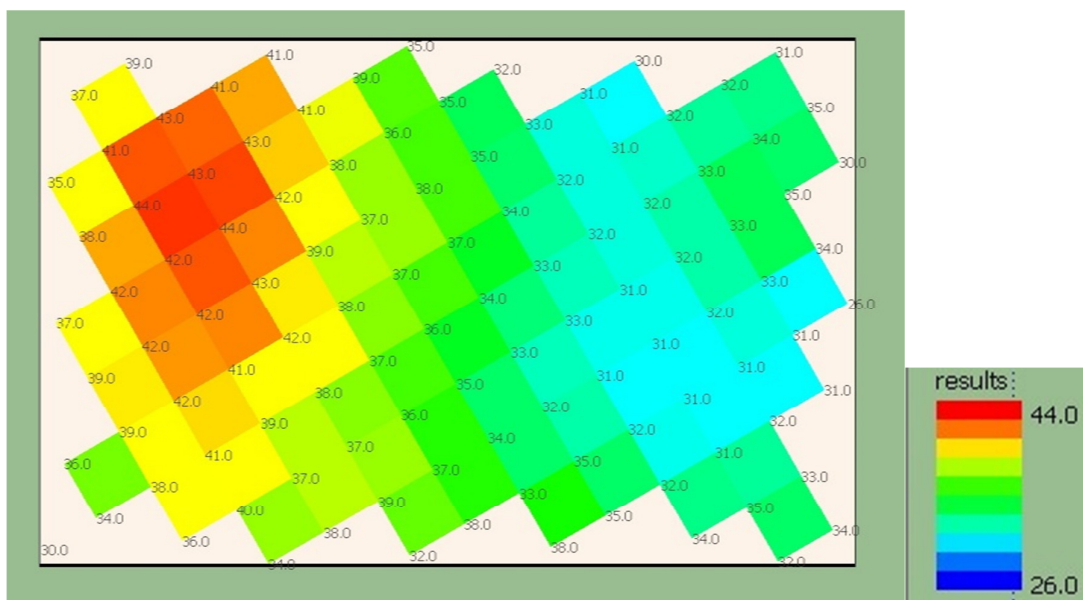
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 17 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 124C

Salas 124C - Autonomia de luz natural (DA): 35,8%			
	Material do SketchUp	Refletância	Refletância no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntCeiling)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Muro	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40%	0,4
Chapisco Grosso	(OutsideGround)	15,39% (amostra 7)	0,2
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 39 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 124C



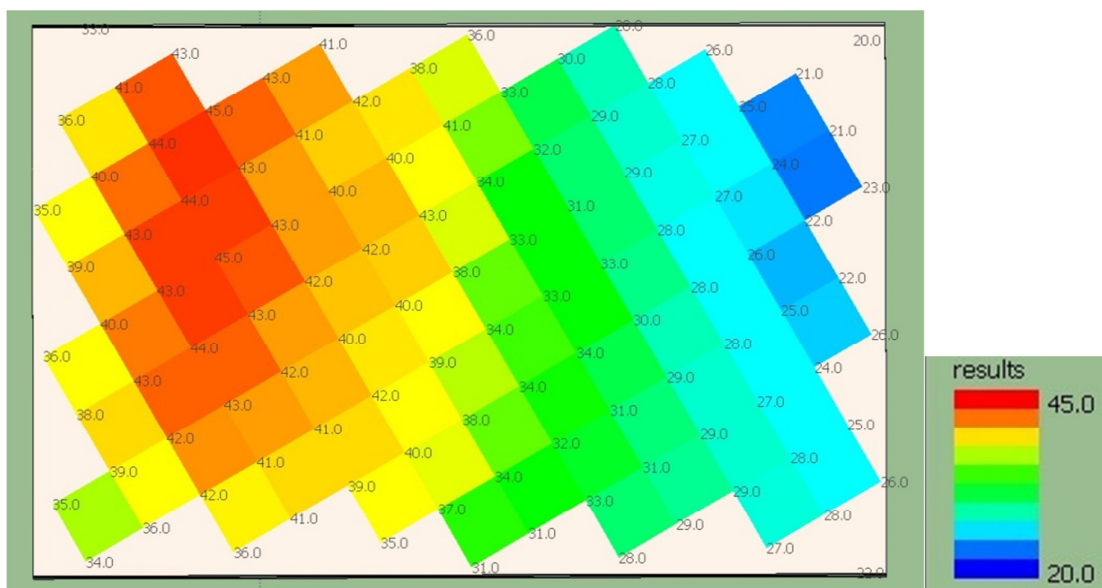
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 18 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 124D

Salas 124D - Autonomia de luz natural (DA): 34,3%			
	Material do SketchUp	Refletância	Refletância no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntCeiling)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Muro	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40%	0,4
Chapisco Grosso	(OutsideGround)	15,39% (amostra 7)	0,2
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 40 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 124D



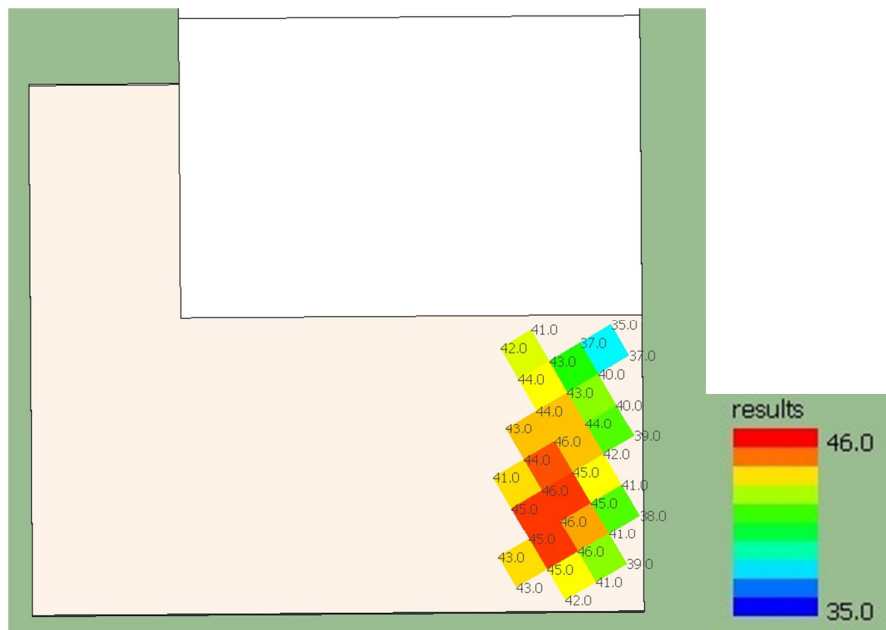
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 19 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 124E

Salas 124E – Autonomia de Luz Natural (DA): 42,2%			
	Material do SketchUp	Refletância	Refletância no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntCeiling)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Muro	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40%	0,4
Chapisco Grosso	(OutsideGround)	15,39% (amostra 7)	0,2
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 41 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 124E



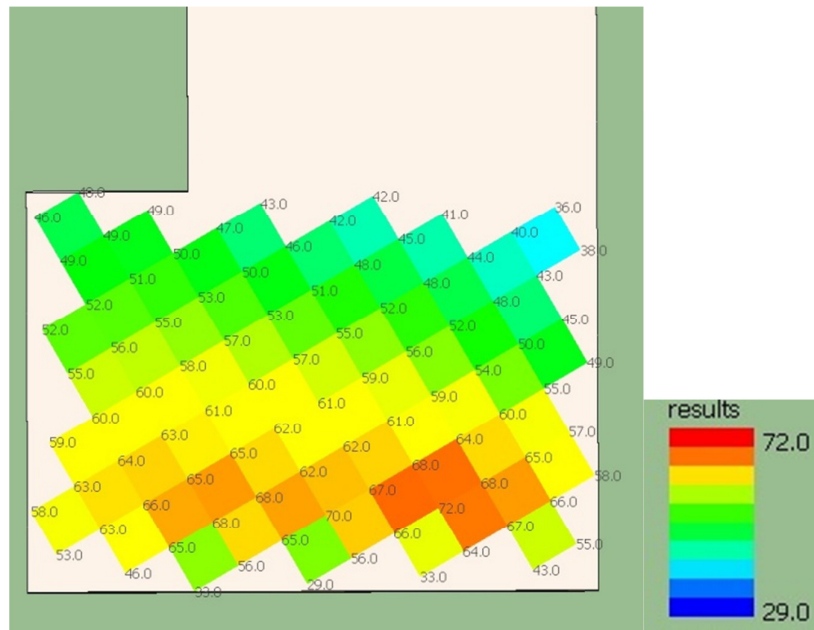
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 20 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 202B

Sala 202B – Autonomia de luz natural (DA): 54,7%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntWall)	79%	0,8
Paredes verdes	(OutsideGround)	60%	0,6
Divisórias de madeira	(GenIntHighReflectiveCeiling)	07 - 13%	0,1
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Laje placa concreto	(GenIntHighReflectiveCeiling)	7,04% (amostra 25)	0,1
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso + teto cor azul	(GenIntFloor)	25% e 30%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,6
Telha cimento amianto e pastilha cerâmica marrom escuro	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,38% (amostra 1)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 42 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 202B



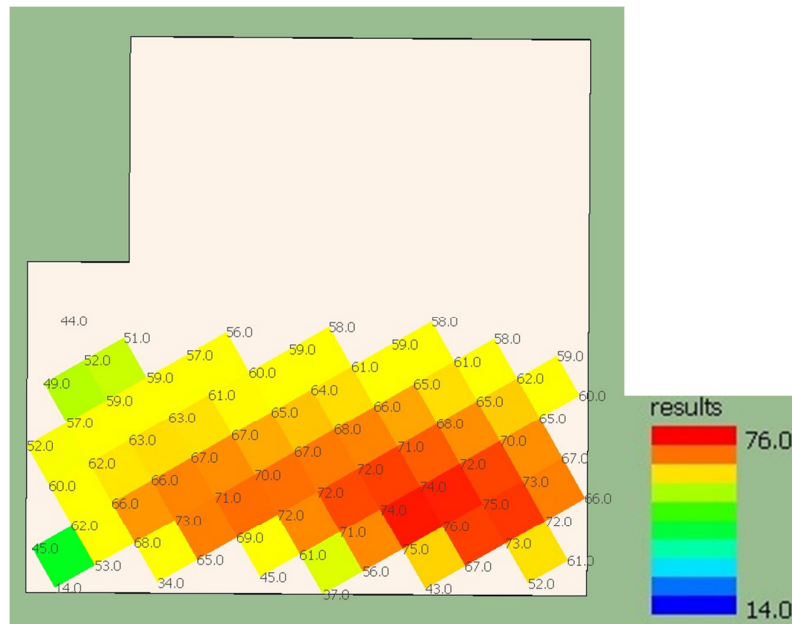
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 21 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 208A

Sala 208A – Autonomia de luz natural (DA): 61,7%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntWall)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Divisórias de madeira	(GenIntHighReflectiveCeiling)	07 - 13%	0,1
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Laje placa concreto	(GenIntHighReflectiveCeiling)	7,04% (amostra 25)	0,1
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso + teto cor azul	(GenIntFloor)	25% e 30%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto e pastilha cerâmica marrom escuro	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,38% (amostra 1)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 43 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 208A



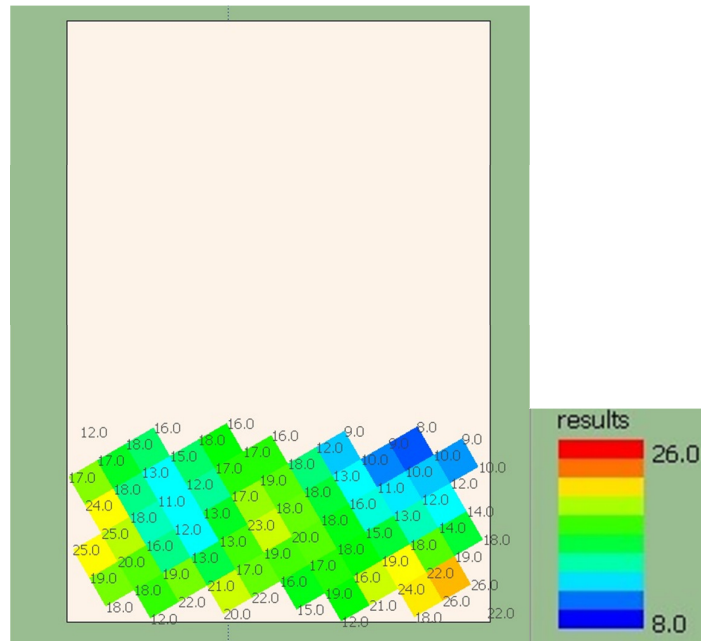
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 22 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 310A

Sala 310A – Autonomia de luz natural (DA): 16,5%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntHighReflectiveCeiling)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto e chapisco grosso	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,39% (amostra 7)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 44 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 310A



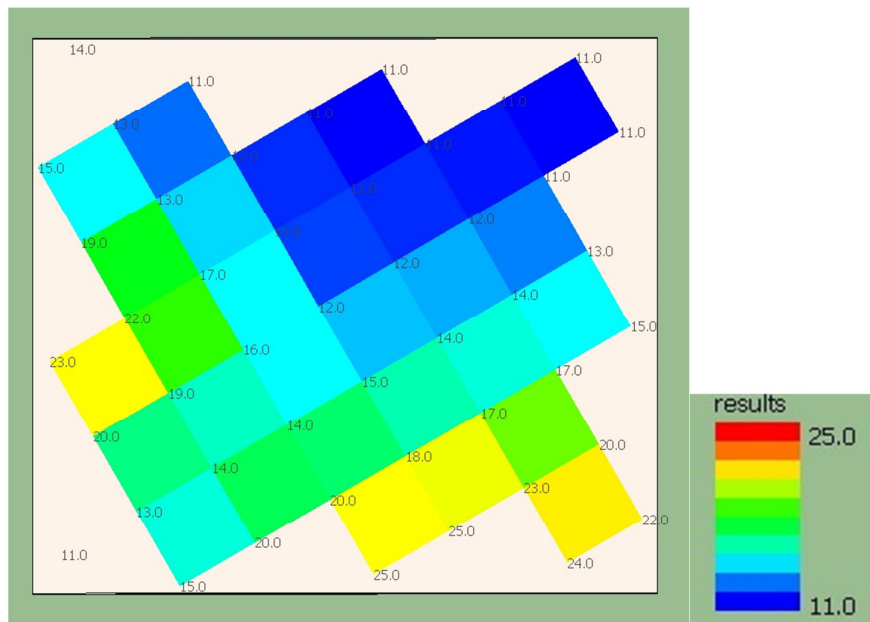
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 23 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 310D

Sala 310D – Autonomia de luz natural (DA): 15,6%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntHighReflectiveCeiling)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto e chapisco grosso	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,39% (amostra 7)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 45 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 310D



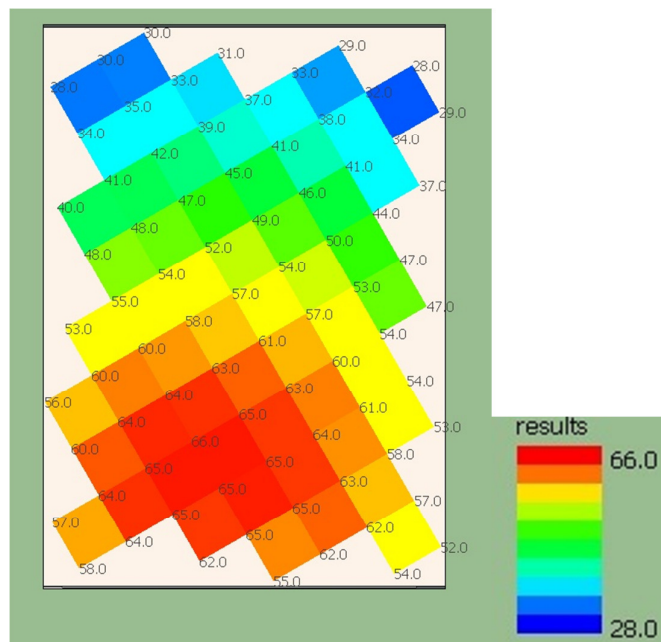
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 24 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 400

Sala 400 – Autonomia de luz natural (DA): 50,8%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntWall)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	85%	0,850000
Entorno			
Muro + pedra mesclada	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40 e 36% (amostra 9)	0,4
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso + tijolo cerâmico	(GenIntFloor)	25 e 28% (amostra 3)	0,3
Argamassa + tinta látex cor creme (suja)	(OutsideGround)	50,29% (amostra 15)	0,5
Telha cimento amianto e chapisco grosso	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,39% (amostra 7)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 46 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 400



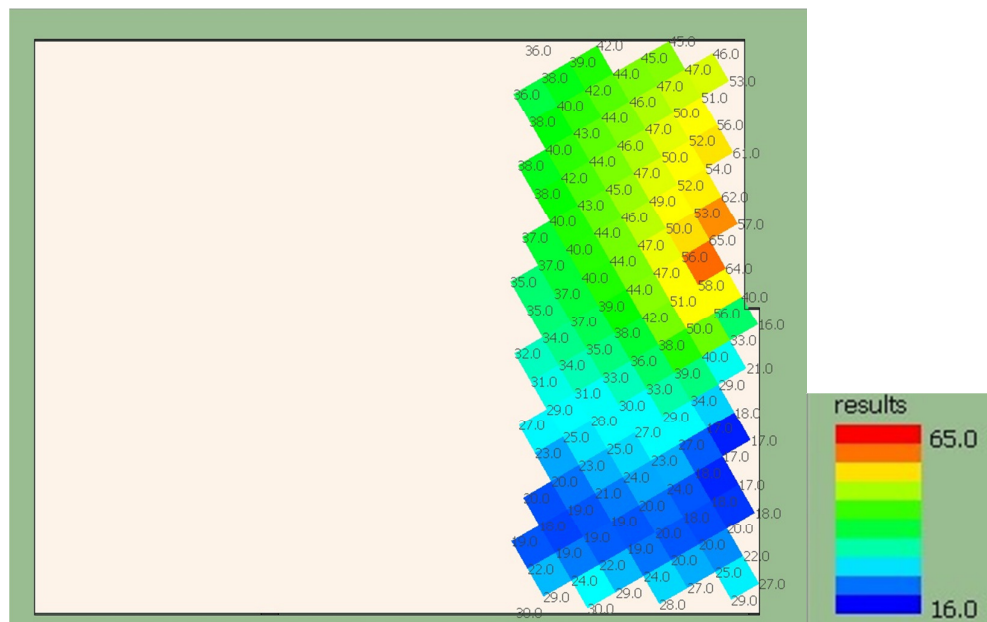
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 25 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 413A

Sala 413A – Autonomia de luz natural (DA): 35,3%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntWall)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	65,45%	0,654500
Entorno			
Muro	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40 e 36% (amostra 9)	0,4
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25 e 28% (amostra 3)	0,3
Telha cimento amianto e chapisco grosso	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,39% (amostra 7)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 47 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 413A



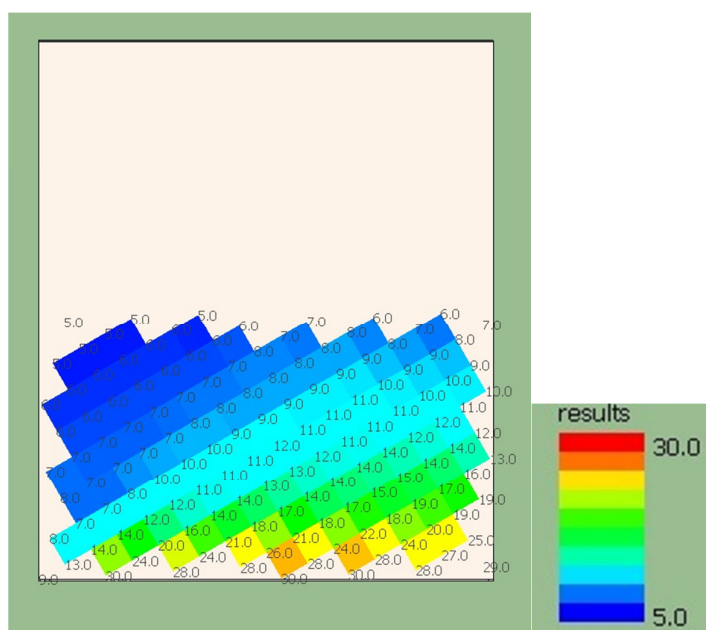
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 26 - Resultado e parâmetros utilizados na simulação de luz natural da Sala 414

Sala 414 – Autonomia de luz natural (DA): 12,3%			
	Material do SketchUp	Refletância (α)	α no Daysim
Piso	(GenIntFloor)	25%	0,3
Teto	(GenIntCeiling)	79%	0,8
Paredes	(GenIntWall)	79%	0,8
Vidro	(GenericSingleGlazing90)	65,45%	0,654500
Entorno			
Muro	(GenIntHighReflectiveCeiling)	40 e 36% (amostra 9)	0,4
Argamassa + tinta látex cor creme	(OutsideFacade)	74,69% (amostra 12)	0,75
Piso	(GenIntFloor)	25 e 28% (amostra 3)	0,3
Telha cimento amianto e chapisco grosso	(GenIntCeiling)	15,89% (amostra 27) e 15,39% (amostra 7)	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 48 - Simulação de disponibilidade de luz natural – Sala 414



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir do cruzamento dos dados de potência instalada no sistema de iluminação, das rotinas de utilização de cada ambiente e da disponibilidade de luz natural, obtidos, respectivamente, a partir do relatório do PBE Edifica, do mapa de salas de aula fornecido pela Sessão de Ensino, contendo horário de utilização de cada ambiente, e da simulação de iluminação natural, foi possível verificar o consumo de energia elétrica proveniente destes ambientes e a possibilidade de economia de energia a partir do aproveitamento da iluminação natural.

Os resultados das simulações demonstraram grande diferença entre o potencial de cada ambiente analisado. Enquanto a Sala 315 apresenta uma autonomia de luz natural de até 80% do tempo, a Sala 414 apresentou um valor de aproximadamente 13%. Em média a redução do consumo de energia elétrica, proveniente do aproveitamento da luz natural, poderia alcançar 19% do consumo total destes ambientes, sendo que o potencial de redução de consumo em cada sala estudada está demonstrado na Figura 49.

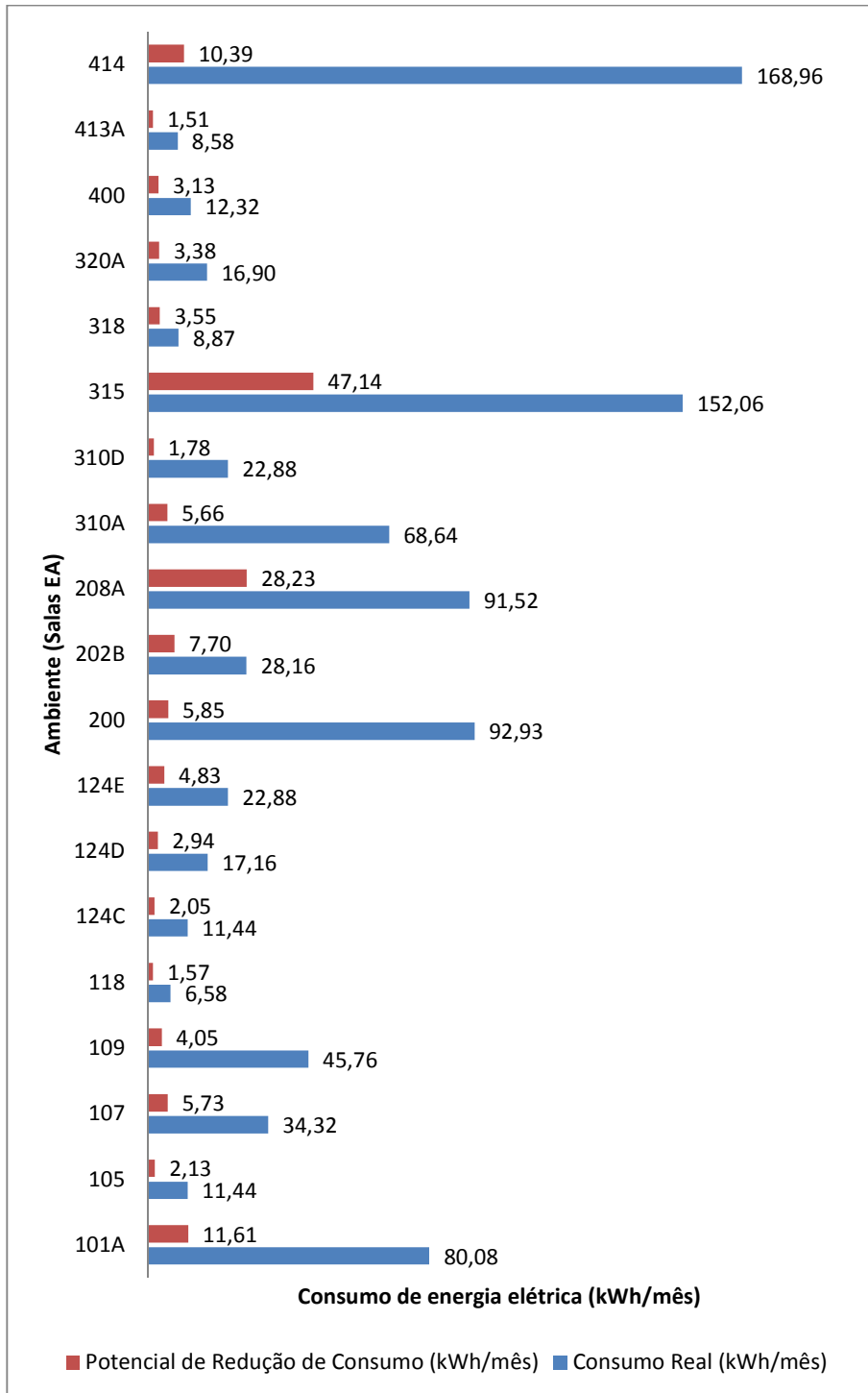
Tabela 27 – Consumo de energia elétrica do sistema de iluminação artificial e potencial de redução de consumo a partir da utilização da iluminação natural

Pavimento	Ambiente (Sala EA)	Potência Instalada Iluminação (kWh)	Economia de Energia (kWh/mês)	Consumo Mensal Total (kWh/mês)	Potencial de Redução do consumo (%)
1º Pavimento	101A	455	11,61	80,08	15%
1º Pavimento	105	65	2,13	11,44	19%
1º Pavimento	107	195	5,73	34,32	17%
1º Pavimento	109	260	4,05	45,76	9%
1º Pavimento	118	65	1,57	6,58	24%
1º Pavimento	124C	130	2,05	11,44	18%
1º Pavimento	124D	195	2,94	17,16	17%
1º Pavimento	124E	260	4,83	22,88	21%
2º Pavimento	202B	160	7,70	28,16	27%
2º Pavimento	208A	520	28,23	91,52	31%
3º Pavimento	310A	390	5,66	68,64	8%
3º Pavimento	310D	130	1,78	22,88	8%
3º Pavimento	315	1536	47,14	152,06	31%
3º Pavimento	318	65	3,55	8,87	40%
3º Pavimento	320A	256	3,38	16,90	20%
4º Pavimento	400	70	3,13	12,32	25%
4º Pavimento	413A	195	1,51	8,58	18%
4º Pavimento	414	960	10,39	168,96	6%

Fonte: Elaborado pelo autor

Este potencial de redução, demonstrado na Tabela 27, poderia ser alcançado com a alteração no comportamento do usuário, através do desligamento parcial do sistema durante determinados períodos do dia e, com esta finalidade, foi realizada a campanha de conscientização dos usuários da edificação, que será abordada no devido capítulo.

Figura 49 - Potencial de redução de consumo de energia elétrica a partir do aproveitamento da iluminação natural



Fonte: Elaborado pelo autor

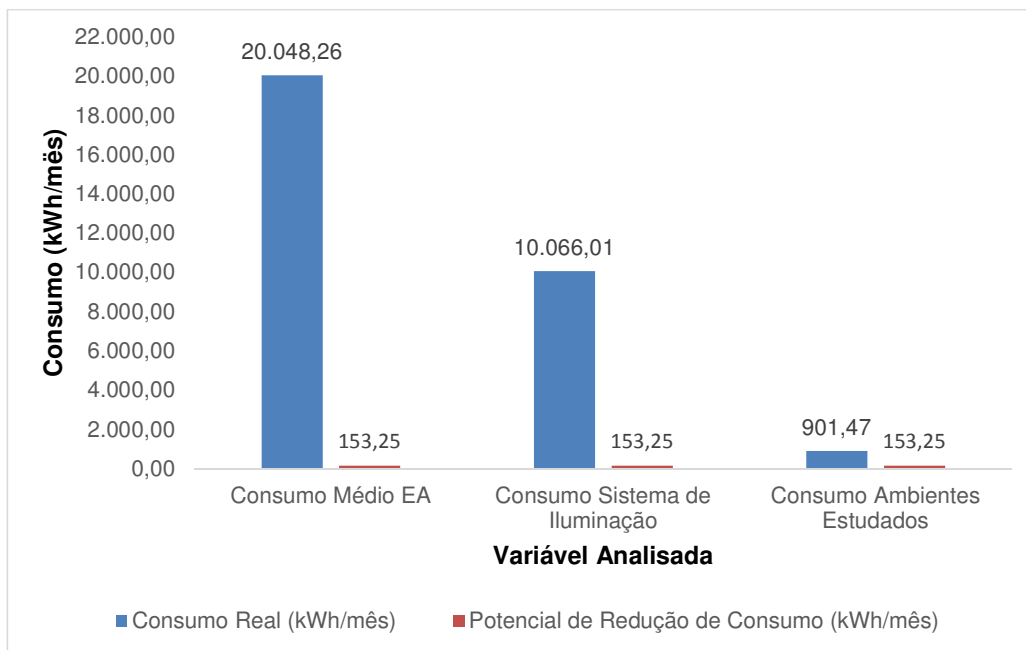
Se por um lado o potencial de redução de consumo é considerável nos 19 ambientes estudados, por outro, é necessário destacar que estes ambientes representam apenas 12% da potência total instalada no sistema de iluminação da Escola de Arquitetura. A análise em relação ao consumo médio, demonstra que estes ambientes representam 4,5% do consumo de energia elétrica da edificação.

Tabela 28 – Consumos de Energia Elétrica na Escola de Arquitetura

Consumo Médio EA	20.048,26 kWh/mês
Consumo Sistema de Iluminação	10.066,01 kWh/mês
Consumo Ambientes Estudados	901,47 kWh/mês

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 50 – Comparação do Potencial de Redução de Consumo em relação aos Consumos Energia Elétrica da Escola de Arquitetura



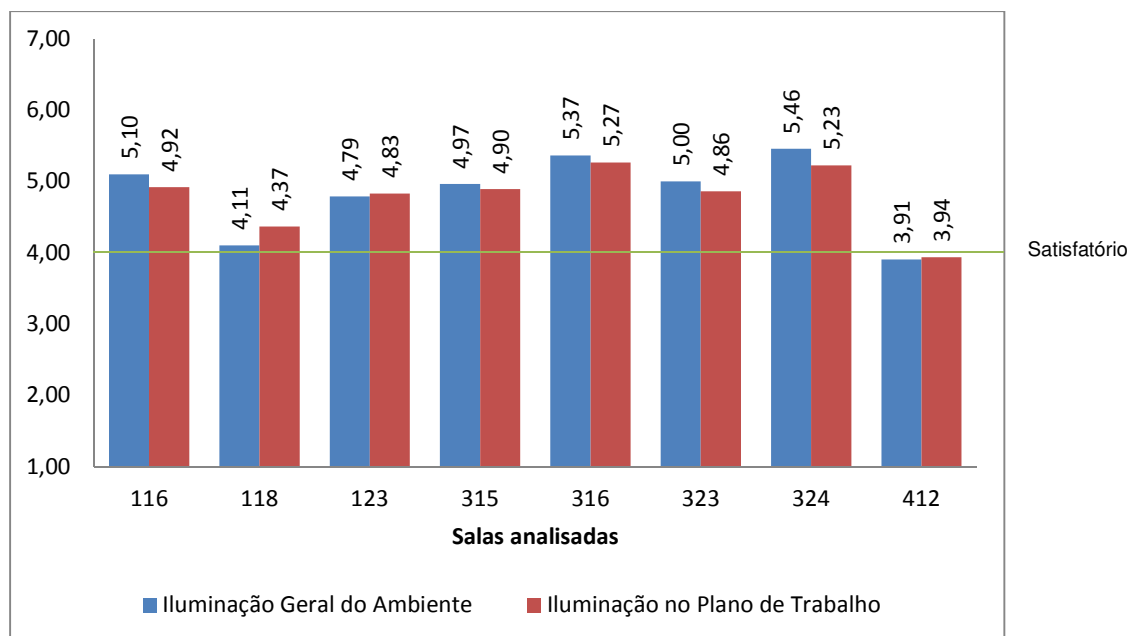
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3. Percepção do usuário

A percepção dos usuários da Escola de Arquitetura a respeito da luz no ambiente foi analisada a partir da aplicação da adaptação do questionário proposto no documento *IEA SHC Task 50 – Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings*.

As duas primeiras questões abordaram o a avaliação do usuário em relação ao nível de iluminação geral do ambiente e o nível de iluminação no plano de trabalho. Para as 8 salas de aula pesquisadas os resultados foram satisfatórios em 7 salas.

Figura 51 – Nível de iluminação Geral do Ambiente e no Plano de Trabalho

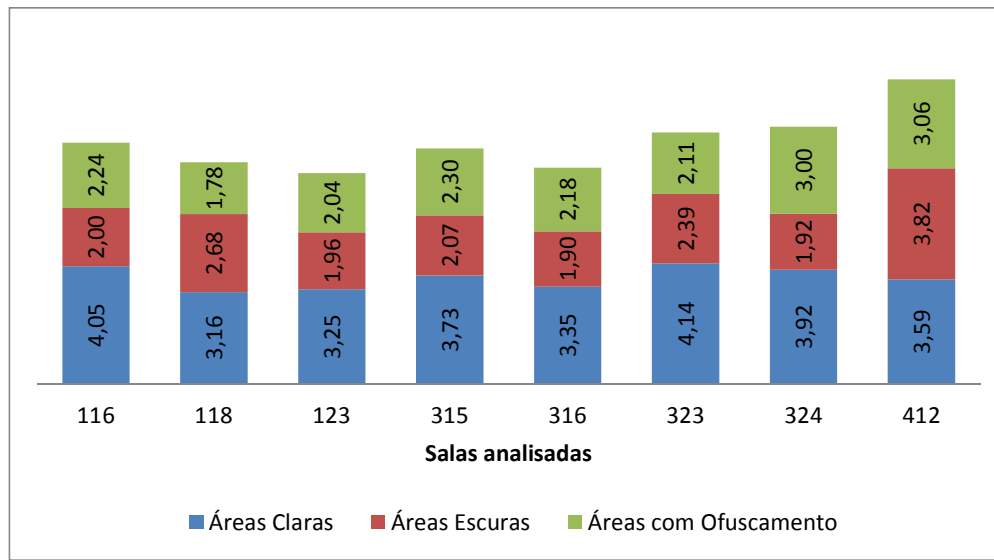


Fonte: Elaborado pelo autor

Levando em conta que todos os questionários foram aplicados no turno da manhã e que, no momento da aplicação, as luzes das salas estavam todas acessas, é verifica-se, na Figura 51, uma satisfação geral dos usuários em relação ao nível de iluminação tanto no ambiente quanto no plano de trabalho.

A análise da presença de áreas muito escuras ou muito claras nos ambientes pesquisados, Figura 52, demonstra que, em geral, o nível de iluminação é uniforme, não restando áreas desagradavelmente claras ou escuras. A sala 412, única a obter avaliação não satisfatória relação ao nível de iluminação no ambiente e no plano de trabalho. Apesar de algumas salas como a 315, 323, 324 e 412 possuírem grandes aberturas, em nenhum ambiente foi detectado incômodo do usuário relacionado ao ofuscamento.

Figura 52 – Áreas desagradavelmente escuras / claras no ambiente

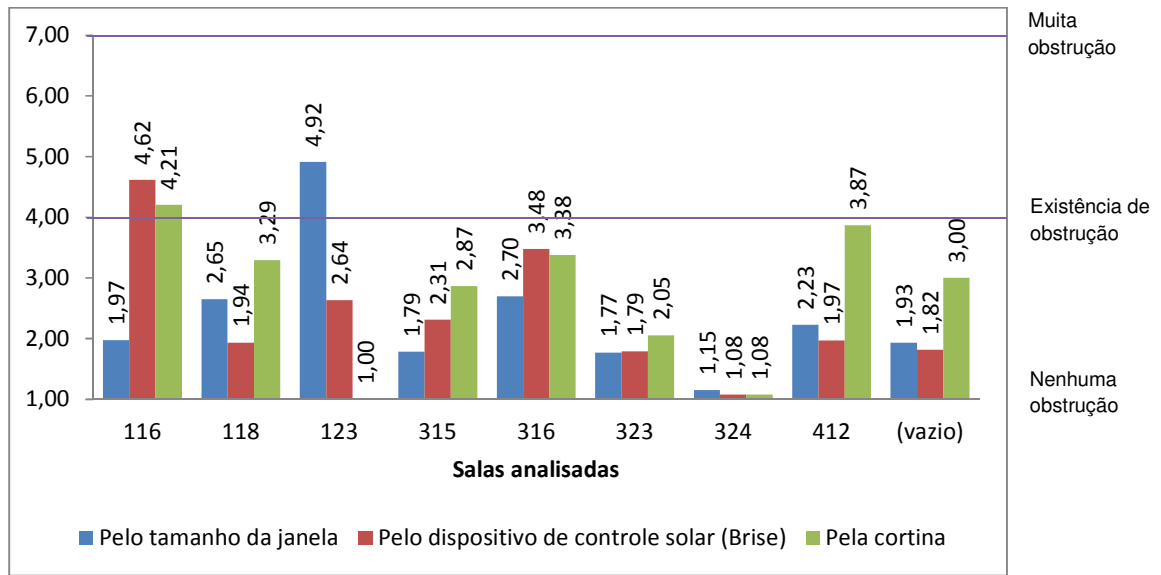


Fonte: Elaborado pelo autor

Alguns ambientes da Escola de Arquitetura possuem persianas para o controle da incidência de luz natural no ambiente, facilitando a utilização dos projetores durante as aulas e apresentações de trabalhos. No entanto, algumas persianas permanecem sempre abertas ou sempre fechadas, o que pode ser justificado pelo fato de o sistema instalado não ser o mais indicado para este tipo de ambiente pois exige muito cuidado no manuseio e manutenção periódica.

Desta forma, pode-se supor que os valores obtidos tanto em relação ao nível de iluminação quanto à presença de áreas muito escuras estão relacionadas com a não utilização das persianas presentes na sala, que permanecem fechadas durante maior parte do tempo. Estes resultados podem ser explicados pela análise da Figura 52, que aborda a obstrução da visão ao olhar para o exterior. Apesar de as respostas apontarem para existência de pouca obstrução da visão, observa-se que esta só foi observada nas salas que também possuem persianas ou outras formas de controle solar como as salas 116 (possui persianas), 118 (possui papel colado no vidro para evitar a reflexão da luz na parede exterior) e da sala 316 (possui cortina).

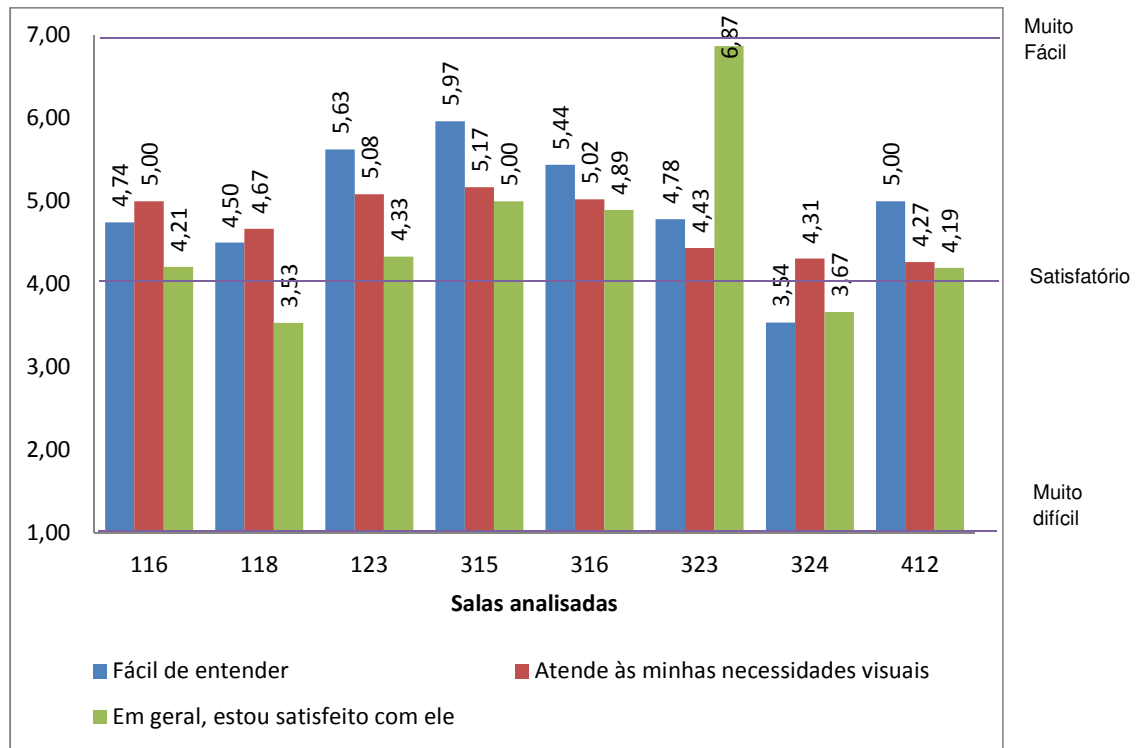
Figura 53 – Obstrução da visão ao olhar para o exterior do ambiente



Fonte: Elaborado pelo autor

A pesquisa demonstrou que, na maioria dos ambientes pesquisados, os usuários consideraram fácil de entender o sistema de iluminação. No entanto, os resultados, demonstrados na Figura 54, deixam claro que, com exceção da sala 315, que na época da aplicação do questionário já possuía cartaz informativo proveniente da pesquisa de Gonçalves (2014), nos demais ambientes a percepção dos usuários permaneceu satisfatório, ou seja, eles não consideram nem muito fácil, nem muito difícil de entender o sistema de acionamento da iluminação.

Figura 54 – Avaliação do sistema de controle da iluminação



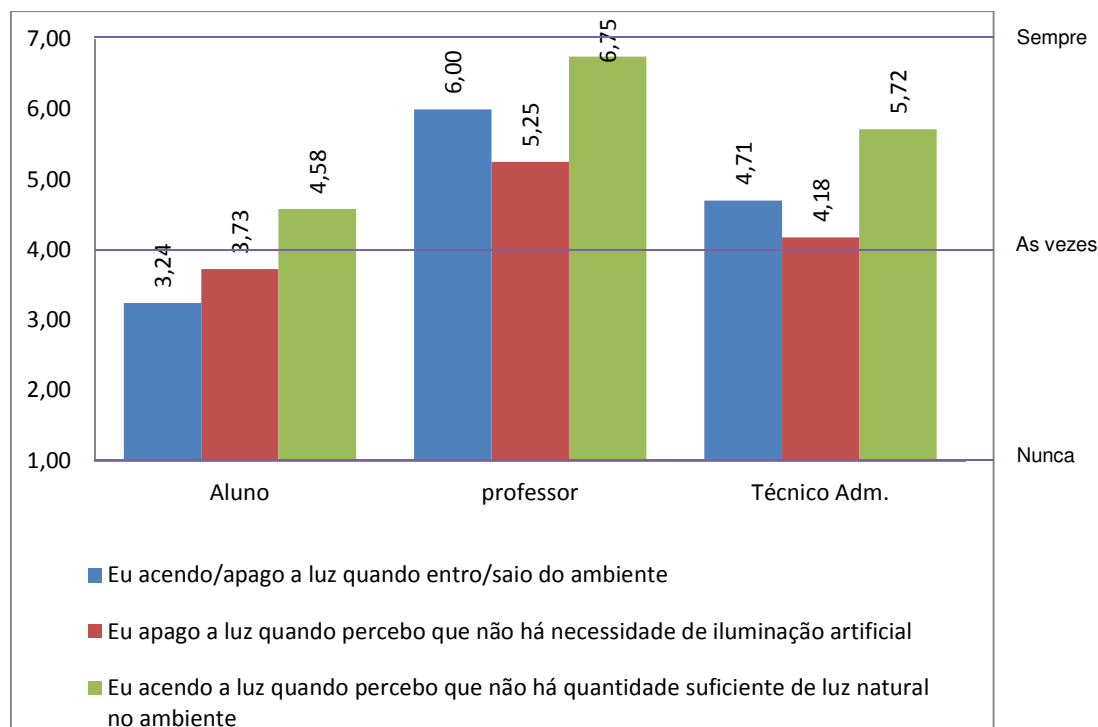
Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados obtidos na sala 324 refletem a dificuldade do usuário em atuar sobre o sistema de iluminação, pois os acionamentos deste ambiente se encontram ao lado de fora da sala, no corredor. Este problema, apesar de não ser perceptível no gráfico, também é notado na sala 323 que possui 3 sessões de acionamentos de luminárias e estão localizados ao lado de fora do ambiente. O fato de os usuários da sala 323 considerarem que, em geral estavam satisfeitos com o sistema de controle da iluminação pode indicar que os mesmos não compreenderam bem esta parte do questionário ou que, ao responder desta forma, eles indicaram que estavam satisfeito com a iluminação no ambiente. A sala 118 também possui os acionamentos das luminárias localizados do lado de fora do ambiente e por isso, os usuários não consideraram satisfatório o sistema de acionamentos. Os resultados destes ambientes demonstram a importância de os acionamentos estarem localizados dentro dos ambientes e, de preferência, à vista dos usuários para que estes tenham a oportunidade de atuar quando necessário.

Enquanto alunos e professores estão constantemente trocando de salas, os servidores técnico-administrativos permanecem até 8h por dia no mesmo ambiente.

Desta forma é possível verificar na Figura 55 que os professores são os que mais atuam sobre o sistema de iluminação artificial da Escola de Arquitetura, enquanto os alunos são os que menos interagem com o sistema.

Figura 55 – Interação dos usuários da Escola de Arquitetura com o sistema de iluminação artificial



Fonte: Elaborado pelo autor

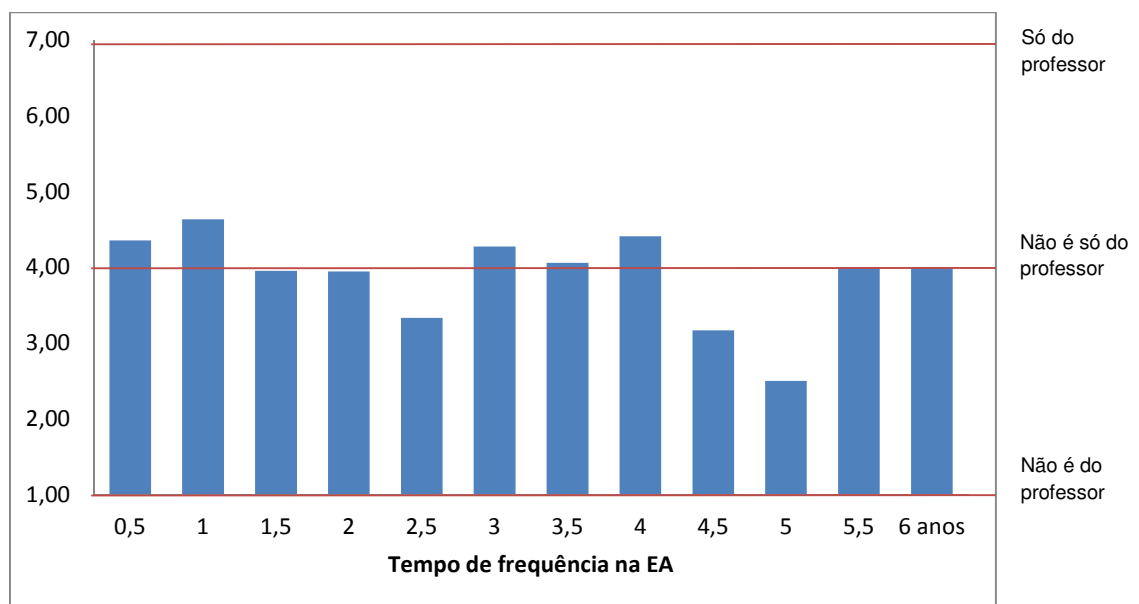
Como pode ser visto na Figura 55, os servidores técnico-administrativos não costumam atuar de forma ativa com o sistema de iluminação da edificação. Estes usuários tendem a acionar o sistema de iluminação quando sentem incômodo com a falta de iluminação do ambiente mas, após o acionamento, não costumam desligar o sistema se percebem não haver necessidade da iluminação natural e, geralmente, não se lembram de desligar o sistema sempre que deixam o ambiente.

Na Escola de Arquitetura os servidores técnico-administrativos trabalham em diversos setores presentes nos Grupos 1 (setor administrativo), 3 (salas de departamentos) e 5 (setor de serviços). Juntos esses grupos correspondem por 23% do consumo de energia elétrica por uso de iluminação e 26% do consumo total de energia elétrica da edificação.

Os professores, por vez, indicaram nos questionários acionar o sistema de iluminação sempre que entram e saem das salas, e sempre que percebem que a iluminação artificial não é suficiente para o desenvolvimento das tarefas no ambiente, no entanto, nem sempre apagam a luz quando percebem não haver necessidade de iluminação artificial.

O grupo de alunos é o que se apresenta como o que menos atua sobre o sistema de iluminação artificial da Escola de Arquitetura. Estima-se que os alunos não acionam os sistemas, a não ser que se sintam incomodados com os baixos níveis de iluminância no ambiente. Neste caso, eles acendem a luz artificial do ambiente, mas, não voltam a desligar o sistema caso percebam não haver mais a necessidade de iluminação artificial.

Figura 56 – Percepção dos alunos a respeito da responsabilidade do professor em acionar o sistema de iluminação artificial



Fonte: Elaborado pelo autor

Quando questionados a respeito da responsabilidade em acionar o sistema de iluminação os alunos consideram que os professores não são os únicos responsáveis pelo sistema de iluminação, como pode ser verificado na Figura 56. Independente do tempo que este usuário frequenta a escola de arquitetura, na média, todos acreditam que os professores não são os únicos que deveriam atuar sobre a iluminação dos ambientes. No entanto, ao se comparar estes resultados

com a frequência que estes usuários acionam os sistemas, retratada na Figura 55, encontramos inconsistência nas respostas pois, apesar de acreditarem que também são responsáveis por acionar a iluminação dos ambientes, os alunos não o fazem.

4.4. Campanha de Consumo Consciente de Energia na Escola de Arquitetura

O alcance e a relevância da Campanha de Consumo Consciente de Energia foram avaliados a partir da aplicação de novo questionário e da análise das faturas de energia elétrica emitidas pela CEMIG.

4.4.1. Análise das faturas de energia elétrica

A análise das faturas de energia elétrica possibilitaram acompanhar o consumo da edificação entre março e agosto de 2015, período correspondente ao meses de atuação da Campanha, e compará-lo com o consumo médio obtido no diagnóstico energético da edificação.

Tabela 29 – Regularização do consumo de energia elétrica para 30 dias

Mês	Dias	Consumo mensal (kWh/mês)	Consumo diário (kWh)	Consumo 30 dias (kWh/mês)	Período	Consumo típico (kWh/mês)
mar/15	31	22200	716,13	21483,87	Letivo	19666,45
abr/15	30	19200	640,00	19200,00	Letivo	
mai/15	31	20400	658,06	19741,94	Letivo	
jun/15	30	18240	608,00	18240,00	Letivo	

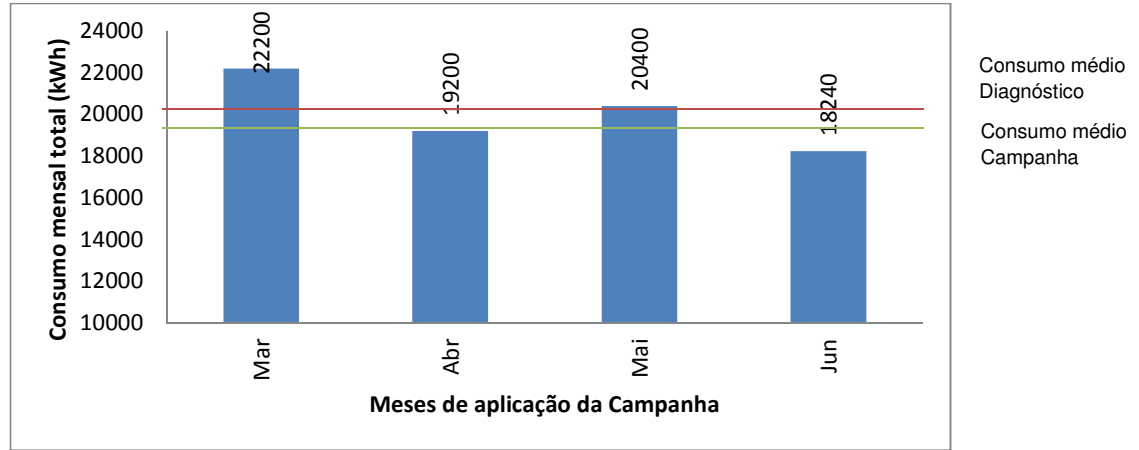
Fonte: Elaborado pelo autor

Após a regularização do consumo de energia elétrica para 30 dias de consumo, Tabela 29, verifica-se a redução de 7% no consumo médio da edificação, passando de 20.048,26 kWh/mês, no diagnóstico energético, para 19.666,45 kWh/mês, no período de aplicação da Campanha.

O mês de março, que marcou o início da Campanha com a aplicação dos primeiros questionários, apresentou aumento de 7,2% no consumo em relação ao consumo médio definido no diagnóstico energético, como pode ser observado na Figura 57. No mês de abril, segundo mês de vigência da Campanha, verificou-se redução de 10,6% no consumo em relação ao mês anterior e 4% abaixo do consumo médio obtido no diagnóstico. Os meses de maio e junho apresentaram, respectivamente,

aumento de 1,5% e redução de 9% do consumo em relação ao consumo médio definido no diagnóstico energético.

Figura 57 - Consumo de energia elétrica na EAUFMG durante a aplicação da Campanha

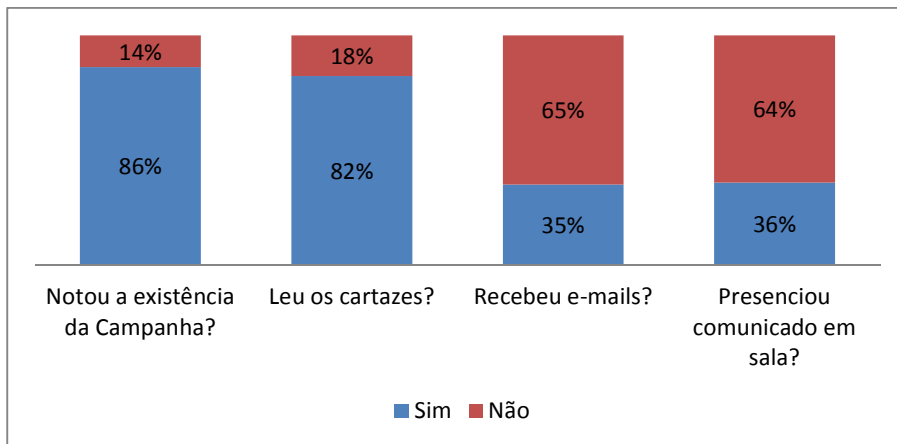


Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.2. Aplicação de questionários

O primeiro dado relevante obtido com a aplicação dos novos questionários está relacionado com a percepção do usuário a respeito da Campanha. 86% das pessoas afirmaram ter conhecimento da existência da Campanha de Consumo Consciente de Energia na Escola de Arquitetura. Estes índices estão diretamente relacionados com a visualização dos cartazes que foram distribuídos por vários ambientes da edificação, uma vez que, 82% dos usuários afirmaram ter notado a existências destes cartazes.

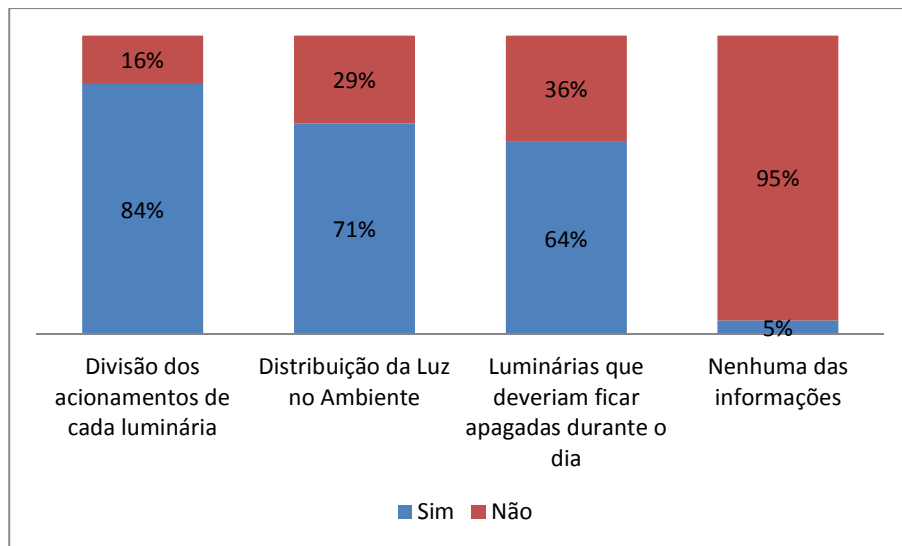
Figura 58 - Percepção dos usuários em relação à Campanha de Consumo Consciente de Energia



Fonte: Elaborado pelo autor

Os cartazes foram afixados em lugares estratégicos, de forma a tornar sua visualização automática: ao abrir ou fechar as portas e ao acionar o sistema de iluminação, o usuário poderia ler os cartazes. Esta estratégia se mostrou eficiente no que diz respeito a alertar o usuário para a existência da Campanha.

Figura 59 - Compreensão das informações fornecidas nos cartazes afixados próximos aos acionamentos das luminárias



Fonte: Elaborado pelo autor

A compreensão das informações fornecidas nos cartazes afixados próximos aos acionamentos das luminárias também foi verificada através da aplicação dos questionários. Segundo os usuários, a divisão dos acionamentos de cada luminária foi a informação de mais fácil percepção. 84% das pessoas afirmaram compreender qual acionamento é responsável por cada luminária. A informação pode ter sido facilitada pelos adesivos coloridos colados nos interruptores com as cores correspondentes de cada acionamento. A distribuição da luz no ambiente, indicada através da variação de cores no mapa do ambiente, foi compreendida por 71% dos usuários, enquanto 64% afirmaram ter entendido quais luminárias deveriam ficar apagadas durante o dia. Por fim, apenas 5% relatou não ter compreendido nenhuma das informações fornecidas pelos cartazes.

Os e-mails, como citado anteriormente, foram elaborados com o intuito de apresentar o consumo de energia elétrica na edificação e a importância da interação do usuário com os sistemas existentes. A intenção da pesquisa foi de que os e-mails fossem distribuídos de forma a atingir a maior parcela da comunidade

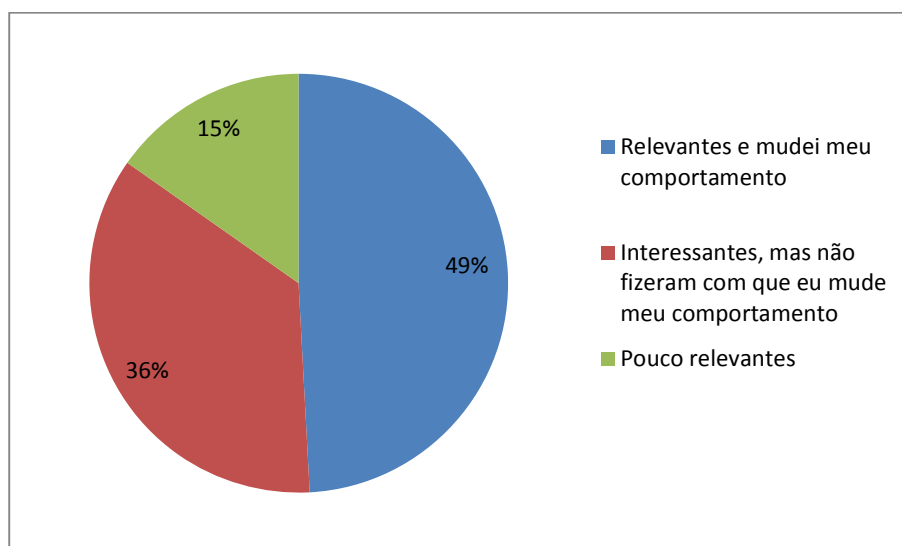
presente na Escola de Arquitetura. Para tanto, os e-mails destinados aos alunos foram distribuídos pelos Colegiados de Arquitetura e Urbanismo e Design uma vez que estes possuem canal direto de comunicação com os alunos. Por outro lado, os e-mails destinados ao servidores técnico-administrativos e professores foram distribuídos através do e-mail da secretaria da diretoria da EA, tendo em vista o alcance deste canal de comunicação.

Apesar de ser um canal de comunicação de grande alcance na comunidade da Escola de Arquitetura, considera-se que os e-mails da Campanha não atingiram o seu objetivo principal, uma vez que, apenas 35% dos usuários afirmaram ter recebido os e-mails.

Durante a aplicação dos questionários, tendo em vista o grande número de respostas negativas em relação ao recebimento dos e-mails, foram feitos questionamentos a alguns usuários sobre o motivo das respostas negativas. Estes por sua vez relataram três principais justificativas para a não leitura destes e-mails. Alguns alunos afirmaram não receber e-mails da Universidade devido a problemas com o redirecionamento de mensagens por parte do Sistema MinhaUFMG. Outros disseram só abrir e-mails dos quais se interessem pelo Assunto e, levando em conta a grande quantidade de mensagens que recebem diariamente, é compreensível que algumas não sejam lidas. Por fim, alguns usuários afirmaram não ler e-mails enviados pelo Colegiado devido à grande quantidade de mensagens enviadas por este destinatário.

Dentre os 35% que afirmaram ter recebido as mensagens da Campanha, 49% consideraram as informações suficientemente relevantes para mudarem seus comportamentos em relação ao consumo de energia elétrica, 36% acharam interessantes mas não mudaram o comportamento em decorrência das informações recebidas e, 15% das pessoas consideraram pouco relevantes as mensagens enviadas pela Campanha.

Figura 60 - Relevância das informações fornecidas por e-mail



Fonte: Elaborado pelo autor

É possível afirmar então que, tendo como base o percentual de usuários que receberam os e-mails – 35% - e o percentual de pessoas que consideraram as informações suficientemente relevantes para alterarem seus comportamentos em relação ao uso da energia elétrica, é possível afirmar que esta etapa efetivamente atingiu algo em torno de 17% dos usuários da Escola de Arquitetura, não sendo, portanto, considerada a melhor forma de estimular esta comunidade.

Ao final da Campanha, foi verificado com os usuários da edificação o comportamento em relação aos sistemas de iluminação artificial. Dentre os usuários participantes desta última etapa da pesquisa – professores e alunos – 90% afirmou apagar a luz quando percebe não haver a necessidade de iluminação artificial. Dentre os alunos, esse percentual é de 89%, e entre os professores é de 100%. Quando questionados se acendem a luz quando percebem não haver luz natural suficiente, 84% dos usuários afirmaram atuar sobre o sistema. Por fim, 13% dos usuários consideram ser responsabilidade do professor ou do servidor técnico-administrativo acionar o sistema de iluminação.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as principais conclusões desta dissertação, seguidas das limitações e recomendações para trabalhos futuros, que possam dar continuidade a este estudo, aprofundando alguns dos pontos abordados.

5.1. Considerações iniciais

O comportamento do usuário e sua interação com os sistemas instalados em uma edificação estão diretamente relacionados com o consumo de energia da mesma e com o sucesso de medidas de eficiência energética. Os avanços tecnológicos estão colaborando para a redução do consumo de energia nas edificações, no entanto, a maneira com que os ocupantes interagem com os sistemas existentes tem grande influência nos níveis de conforto e de consumo de energia. No caso de edificações escolares, estudos de caso mostram que o consumo de energia elétrica pode ser 85% maior do que o previsto na etapa de projeto. Desta forma, este trabalho procurou compreender a influência do usuário no consumo de energia de uma edificação escolar, mais especificamente no que tange o uso da iluminação, responsável por parcela significativa do consumo de energia elétrica neste tipo de edificação.

A revisão bibliográfica contribuiu para contextualizar o consumo energético em edificações no Brasil e no mundo, apresentando o histórico da aplicação de regulamentos específicos de eficiência energética e sustentabilidade nas últimas décadas. Foi necessário levantar e discutir formas de realização de diagnóstico energético e o papel do usuário na eficiência energética. Foram apresentados estudos desenvolvidos em outras edificações escolares no Brasil e no mundo, relacionando o consumo de energia e o usuário.

Os processos metodológicos adotados contribuíram para facilitar a compreensão da situação energética da edificação, desagregando o consumo por usos finais e determinando quais ambientes são os principais responsáveis pelo consumo da energia elétrica. Nesta etapa foram definidas as formas de realização do diagnóstico e as ferramentas e meios de comunicação utilizados para apresentar a Campanha aos diversos usuários da Escola de Arquitetura.

Os resultados foram divididos em seis focos de análise compreendendo o diagnóstico energético, o potencial de redução de consumo, a disponibilidade de luz natural, as medidas de conscientização, a percepção do usuário e, por fim, os resultados da Campanha de Consumo Consciente de Energia na Escola de Arquitetura.

5.2. Análise de resultados

5.2.1. Eficiência energética da Escola de Arquitetura

O diagnóstico energético da Escola de Arquitetura deixa claro os principais usos e ambientes responsáveis pelo consumo de energia elétrica. A edificação apresenta um padrão bem definido de consumo, sendo o sistema de iluminação responsável por 51% e o uso de equipamentos de informática responsável por 44% da energia utilizada na Escola.

Os sistema de iluminação, apesar de apresentar nível B de eficiência energética segundo a metodologia de avaliação do PBE Edifica, apresenta sistemas pouco eficientes e instalados de forma que não contribuem para a melhor integração com a luz natural e, conseqüentemente, para a eficiência energética, uma vez que 54% dos ambientes da edificação não possibilitam o aproveitamento da luz natural. É possível concluir, desta forma, que um projeto de *retrofit* do sistema de iluminação artificial que contemplasse a instalação de tecnologias mais eficientes em conjunto com uma distribuição mais racional dos circuitos e acionamentos contribuiria para a diminuição do consumo de energia elétrica proveniente deste uso na edificação. Por outro lado, deve ser levado em consideração que o atual projeto luminotécnico foi desenvolvido a partir da NBR 5413/82 que estabelecia o nível de iluminância para salas de aula em 300 lux, enquanto a norma em vigência, NBR ISO/CIE 8995-1, estabelece 500 lux para salas de aula utilizadas no período noturno. Desta forma, é possível que a potência instalada no sistema de iluminação aumente após um projeto de *retrofit* do sistema. Por fim, é importante destacar a dificuldade na aprovação de recursos e a burocracia inerente às instituições públicas que dificultam a implantação de tais medidas, sabidamente caras e de complexa implantação.

Não se esgotam, por consequência, as possibilidades de redução no uso da energia elétrica em edificações públicas escolares. Se as medidas de intervenção são consideradas etapa importante na eficiência energética, não devem, no entanto, ser consideradas as únicas opções. A mudança no comportamento se apresenta como opção viável e de grande impacto. Para tanto, é necessário compreender os usuários, partindo da percepção em relação à iluminação no ambiente e chegando na consciência de sua importância no processo de uso racional da energia elétrica.

A partir da análise das faturas de energia elétrica emitidas antes e depois da pesquisa, verificou-se uma redução no consumo médio de energia de 2% no período de desenvolvimento da pesquisa em relação ao valor obtido no diagnóstico energético. Não é possível afirmar, no entanto, que esta redução seja reflexo direto da Campanha de Consumo Consciente de Energia aplicada aos usuários da EAUFMG, uma vez que, a partir do mês de maio de 2015, uma greve de servidores técnico-administrativos foi deflagrada. Estes usuários ocupam setores administrativos e departamentos acadêmicos da edificação que, juntos, representam 25% do consumo total de energia elétrica da EAUFMG.

5.2.2. Percepção dos usuários

Os resultados apresentados neste trabalho permitiram chegar a uma série de considerações a cerca da percepção do usuário em relação à iluminação no ambiente e da participação deste na aplicação de medidas de eficiência energética na Escola de Arquitetura. De forma geral, as pessoas estão satisfeitas com os níveis de iluminação geral no ambiente e no plano de trabalho. Os usuários se mostram menos satisfeitos com a iluminação da sala 412 que, apesar de ter grandes aberturas, também apresentou áreas muito escuras decorrentes da presença de persianas que permanecem predominante fechadas. Este problema indica um ponto a ser aperfeiçoado pela equipe de operação e manutenção da Escola de Arquitetura, de forma substituir o sistema existente por um sistema mais adequado ao ambiente de sala de aula.

Gonçalves (2014) em sua pesquisa em salas de aula da Escola de Arquitetura propôs a colocação de cartazes informativos próximos aos interruptores de forma a indicar a forma de acionamento e o potencial de aproveitamento da luz natural integrada à iluminação artificial nestes ambientes. A autora instalou cartazes em 6

salas a partir da percepção de que instruir o usuário a respeito do funcionamento do sistema, demonstrando qual acionamento é responsável por qual luminária, pode contribuir para que os ocupantes atuem de forma mais consciente sobre o sistema, evitando que acionem todo o sistema quando não há necessidade. A presente pesquisa atualizou a diagramação destes cartazes e ampliou sua aplicação para 19 ambientes, sendo 8 salas de aula, 7 salas administrativas e 4 laboratórios. A autora verificou por observação direta (não intrusiva) que os usuários tenderam a aumentar o acionamento das luminárias a partir da afixação dos cartazes mas não conseguiu afirmar que este aumento se devesse à presença dos cartazes e ao entendimento das informações contidas neles.

A presente pesquisa, feita em duas etapas, visou, portanto, verificar através de questionários o entendimento do usuário dos controles de iluminação presentes nos ambientes da Escola de Arquitetura. Na 1ª etapa um questionário foi aplicado anteriormente a afixação dos cartazes. Este questionário demonstrou claramente que a presença dos mesmos facilita o entendimento dos controles de iluminação já que apenas na sala 315, que já possuía cartazes anteriormente à ampliação da pesquisa, as respostas dos usuários indicaram ser muito fácil a compreensão do funcionamento do sistema.

A partir destas observações, foram afixados os cartazes informativos com mapas de luminárias em todas as salas que apresentavam possibilidade de acionamento separado dos circuitos elétricos de iluminação. O nível de compreensão dos usuários em relação às informações fornecidas neste material informativo foi alto, sendo que apenas 5% dos usuários afirmaram não terem compreendido nenhuma das informações disponíveis nos cartazes. A grande maioria - 86% - compreendeu a divisão dos acionamentos das luminárias, demonstrando que este tipo de informação é relevante e pode, em conjunto com outras medidas de conscientização, contribuir para que o usuário se sinta estimulado a atuar sobre o sistema de iluminação da edificação.

Os cartazes foram os principais responsáveis pela percepção do usuário a respeito da Campanha de Consumo Consciente de Energia Elétrica na Escola de Arquitetura. 86% dos usuários afirmaram ter notado a existência da Campanha, sendo que, destes, 82% dizem ter lido os cartazes afixados na edificação. No

entanto, dois fatos devem ser destacados em relação à percepção dos ocupantes em relação à Campanha. O primeiro é o fato de apenas 36% das pessoas afirmarem ter presenciado o comunicado da Campanha realizado em sala. Tendo em vista que 74% dos participantes desta segunda etapa também participaram da primeira etapa, fica claro que estas pessoas presenciaram o comunicado em sala realizado no início da Campanha. Faz-se então necessário, no início das medidas de conscientização, comunicar de forma mais efetiva ao usuário o motivo da aplicação das medidas e a importância da participação do mesmo na eficiência da Campanha. Este comunicado deve ser realizado de forma padronizada para garantir que todas as pessoas tenham o mesmo nível de entendimento e após sua realização, deve ser verificado se todos compreenderam o objetivo do mesmo. Considera-se que o engajamento dos usuários em medidas de eficiência energética é primordial para a obtenção de resultados satisfatórios.

O segundo fato que merece destaque é o pequeno alcance das medidas de conscientização provenientes das mensagens enviadas por e-mails. Apenas 35% das pessoas afirmaram ter lido estas mensagens, contrariando a expectativa inicial da pesquisa de que os e-mails seriam o principal meio de comunicação com os usuários. As informações mais relevantes a respeito do padrão de consumo de energia elétrica na edificação e da importância do usuário no sucesso das medidas de eficiência energética foram fornecidas através da comunicação digital. Desta forma, é possível concluir que este meio de comunicação não é eficaz para a comunidade da Escola de Arquitetura, uma vez que, mesmo sendo os e-mails encaminhados pela Diretoria e pelos Colegiados de curso, uma parcela de pessoas afirma não receber tais mensagens devido à problemas no encaminhamento do sistema da universidade e outra parcela argumenta não abrir todos os e-mails recebidos por estes remetentes devido ao grande volume de mensagens.

Dos usuários que afirmaram ter lido os e-mails concluiu-se que o conteúdo destes foi considerado relevante e capaz de alterar o comportamento de 49% das pessoas, além de ser considerado interessante por 36% dos usuários que afirmaram, no entanto, não ter mudado seu comportamento frente ao uso da energia elétrica. As informações foram pouco relevantes para 15% da comunidade. Estes resultados demonstram a efetividade do conteúdo fornecido que, no entanto, deveria ter sido apresentada de outras formas aos usuários. De fato os cartazes podem ser

considerados a forma mais eficaz de comunicação com os usuários da Escola de Arquitetura e por isso, a possível continuidade da Campanha deveria adotar este meio como principal forma de comunicação, sendo afixados em pontos estratégicos da edificação para estimular a leitura, mesmo que involuntária da informação.

A hierarquia acerca de quem atua nos sistemas existentes nas salas de aula da Escola de Arquitetura é ponto também a ser discutido. Gonçalves (2014) observou em sua pesquisa que os alunos tendem a acionar o sistema apenas quando chegavam antes do professor, quando não havia professor em sala ou quando eles estavam realmente incomodados e ocupavam carteiras próximas dos sistemas nos quais desejavam atuar, como janelas e cortinas. A presente pesquisa, por sua vez, constatou que apenas 13% dos alunos consideram que a responsabilidade de acionar o sistema de iluminação é dos professores. Nenhum dos dois resultados, no entanto, devem ser considerados equivocados. Se de fato as observações indicam para um padrão de comportamento, mas a opinião das pessoas aponta para um comportamento divergente, é necessário compreender o que impede este usuário, que se considera responsável pelo sistema, de não atuar sobre ele. A hierarquia existente dentro de sala de aula entre professores e alunos pode ajudar a compreender este comportamento. As medidas de conscientização não possuem outra finalidade que não seja convencer, instigar, estimular os ocupantes a de fato interagirem com os sistemas de uma edificação.

Ainda a respeito deste padrão de comportamento, Gonçalves (2014) considera que a hierarquia de atuação, tendo o professor como o principal responsável pelas modificações dos sistemas, pode apresentar um aspecto positivo por ser mais fácil promover mudanças de comportamento nos professores, membros permanentes da Escola. Faz-se necessário então, adotar medidas que estimulem os professores a atuarem de forma mais consciente nos momentos em que a iluminação natural é suficiente para dispensar o complemento do sistema de iluminação artificial.

Por outro lado, os professores representam apenas 6% dos usuários e, atribuir a responsabilidade pelo sucesso de medidas de eficiência energética à apenas esta pequena parcela da comunidade não é algo justo ou eficaz. As mudanças devem partir de todos os responsáveis, direta ou indiretamente, pelo consumo da energia

elétrica da edificação até porque, muitas vezes, o ambiente é utilizado sem a presença de professores.

5.3. Considerações finais

A eficiência energética deve ser tratada como item obrigatório em qualquer setor da atividade econômica. É necessário compreender que a redução no consumo de energia elétrica é um processo complexo que demanda tempo, pesquisa, elaboração de diagnóstico e compreensão do comportamento daqueles responsáveis pelo consumo. Se os avanços tecnológicos contribuem para a realização das mesmas atividades com menor quantidade de energia, eles não são capazes de atingir sozinhos, as metas de redução de consumo almejadas. A implantação de medidas de intervenção, que envolvem consideráveis investimentos na atualização da tecnologia existente, nem sempre é uma opção, seja pelos custos envolvidos, seja por outros fatores que envolvem a gestão de edificações escolares. Alterações em rotinas de operação e manutenção e, principalmente, mudanças no comportamento dos ocupantes, se apresentam como soluções viáveis e de considerável poder de alcance na busca pela redução do consumo de energia. A participação dos usuários é fundamental para o sucesso do processo e, compreender as formas de estimular estes usuários a interagirem de forma consciente com os sistemas é o maior desafio nesta empreitada. Se as opções de comunicação propiciadas pela tecnologia acenam como um facilitador na comunicação direta com a comunidade, a prática demonstrou que a tarefa pode ser árdua. Comunicar é muito mais do que entregar informação. É necessário se fazer entender. E nesse ponto esta pesquisa deu um passo importante para compreender que a afixação de cartazes é um meio efetivo de despertar a atenção do usuários da Escola de Arquitetura e que, a comunicação direta com estes a partir de e-mails não é capaz de atingir aos objetivos propostos à medida que estas mensagens são ignoradas. Estas constatações foram utilizadas para o desenvolvimento de uma nova campanha na Escola de Arquitetura, com foco na preservação do Patrimônio da mesma. Por fim, compreende-se que a implantação de medidas de eficiência energética é um processo de longa duração, que demanda tempo e persistência, mas que com os devidos ajustes, é capaz de produzir resultados consideráveis. Algumas limitações surgiram durante o percurso que, após percorrido, apresenta possibilidades de continuidade através de novos trabalhos.

5.3.1. Limitações para realização do trabalho

Algumas limitações foram encontradas durante o desenvolvimento deste trabalho. Grande parte delas estão relacionadas com a aplicação das medidas de intervenção e com a comunicação com os usuários da edificação. O trabalho foi limitado em relação a:

- A realização do levantamento de dados do diagnóstico energético através da metodologia da medição direta, mais precisa que o levantamento de dados por inspeção, foi impossibilitada pelas condições do sistema elétrico existente na edificação que não apresenta divisão dos circuitos por uso final;
- A inexistência de estudos que possibilitassem a comparação direta dos padrões de consumo encontrados na Escola de Arquitetura com edificações semelhantes, de forma a contribuir para o estabelecimento de metas de redução de consumo;
- O consumo mensal de energia elétrica descrita na fatura apresenta variação de até 11% de um mês letivo para o outro, dificultando a verificação da efetividade das medidas de eficiência energética na edificação;
- A implantação das medidas de intervenção que, apesar de receberem apoio da Diretoria da Escola de Arquitetura, por envolverem o Departamento de Planejamento Físico e Projetos da UFMG e aplicação de recursos financeiros, foi inviabilizado dentro do período da pesquisa;
- O curto prazo para a aplicação das medidas de conscientização que devem ser realizadas de forma constante e à longo prazo para que os resultados sejam mensuráveis;
- A deflagração de greves dos servidores técnico-administrativos que alteram o consumo de energia elétrica na edificação à medida que provocam o deslocamento do período letivo;
- A deflagração da greve dos servidores técnico-administrativos de maio de 2015 que impossibilitou a aplicação da segunda etapa dos questionários, tornando inviável a verificação da percepção destes usuários a respeito da Campanha.

5.4. Sugestões de continuidade da pesquisa

Este trabalho pode ser considerado um desdobramento do trabalho desenvolvido por Gonçalves (2014) por aprimorar a parte da pesquisa relacionada à aplicação de medidas de conscientização e aplicá-la à todos os usuários da Escola de Arquitetura. O encerramento deste trabalho não deve, no entanto, representar o fim de suas atividades. As descobertas devem servir de aprendizado para uma aplicação mais eficiente e abrangente das medidas de conscientização, de forma a verificar a real influência do comportamento do usuário no consumo de energia elétrica na edificação. Sugere-se a implementação de uma CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia), não apenas na Escola de Arquitetura, mas em todo o campus da Universidade a partir da continuidade da Campanha de Consumo Consciente de Energia Elétrica utilizando cartazes afixados em locais estratégicos das edificações como principal meio de comunicação com os usuários, mas não se atendo a este. Faz-se necessário o engajamento de pessoas com influência na comunidade para dar credibilidade à campanha e estimular a participação de todos. Por fim, é necessário que a campanha abranja mais que apenas o sistema de iluminação natural e incorpore medidas de eficiência energética voltada para o uso dos equipamentos de informática, responsáveis pelo consumo de 44% da energia elétrica da edificação na Escola de Arquitetura.

5.5. Sugestões para trabalhos futuros

A partir dos resultados obtidos e das limitações encontradas na realização deste trabalho, sugere-se alguns aspectos a serem investigados em trabalhos futuros:

- Desenvolvimento de estudo comparativo do padrão de consumo de energia elétrica de edificações universitárias que sirva de base para a comparação do nível de eficiência energética entre edificações semelhantes.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior.** Brasil. 2013

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR ISO 50.001: Sistemas de Gestão de Energia: Requisitos com orientação para uso.** Rio de Janeiro, 2011.

AMORIM, C. N. D. **Iluminação Natural e Eficiência Energética - Parte I Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável.** Periódico eletrônico em Arquitetura e Urbanismo. Paranoá, Vol.4, 2002.

ALVAREZ, A. L. M. **Metodologia de diagnóstico energético.** GEPEA. USP. São Paulo. 1998

ALVAREZ, A. L. M.; SAIDEL, M. A. **Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares.** São Paulo. 1998

ALVES , T. P. ; LARA , V. C. D. ; VIANA JÚNIOR , G. F. ; VONO , C. P. ; ASSIS , E. S.; SOUZA , R. V. G. **Análise de desempenho e otimização do sistema de iluminação artificial do mercado central.** NUTAU'98. ARTIGO TÉCNICO, 1998, São Paulo, SP, 1998. 10 p.

BEN (2014) - Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2014 -- Ano Base 2013,** Brasília. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese2014.aspx>> Acesso em: 14 de julho de 2014.

BEN (2015) - Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2014 -- Ano Base 2014,** Brasília. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2015&anoFimColeta=2014>> Acesso em: 17 de setembro de 2015.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.** Brasília, DF, 2001a. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>>. Acesso em: 14 de julho de 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energias. **Séries Completas – Capítulo 2: Oferta e Demanda de Energia por Fonte 1970-2013**. Brasília, DF, 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013. **Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C)**. Brasília, DF, 2013b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**. Brasília, DF, 2010c.

BORGSTEIN, E.; LAMBERTS, R. **Benchmarking e Etiquetagem energética em- uso**. CBCS. 2013

CALDAS, Cadu. **O Brasil conta Gotas: entenda as causas e desafios da falta de água que se espalha pelo país**. Rio Grande do Sul. Portal Zero Hora. Diário. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2015/01/o-brasil-conta-gotas-entenda-as-causas-e-desafios-da-falta-de-agua-que-se-espalha-pelo-pais-4691649.html>. Acesso em 14 de maio de 2015.

CEMIG. **Simulador de Consumo CEMIG**. 2014. Disponível em <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Documents/SimuladorDeConsumo/Cemig%20-%20Estime%20seu%20Consumo2.htm>. Acesso em: 12 de junho de 2014.

COSTA, G. J. C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. 3. Ed. rev. e amp. Porto Alegre. EDIPUCRS. 2005

COPASA. Copasa Transparente. **Nível dos Reservatórios**. Disponível em: <http://www.copasatransparente.com.br/index.php/nivel-dos-reservatorios/>. Acesso em 14 de maio de 2015

CURWELL, S.; YATES, A.; HOWARD, N.; BORDASS, B.; DOGGART, J. **Green Building Challenge in the UK**, Building Research+Information. Volume 27(4/5) 286-293. 1999.

DEWATERS, J.; POWERS, S. **Development and use of energy literacy survey**. Proceedings of the 38th ASES National Solar Conference, Buffalo, NY. 2009.

ELETROBRÁS; CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS; FUPAI/EFFICIENTIA. **Gestão Energética**. Rio de Janeiro. 2005.

FERREIRA, C.C, SOUZA, R.V.G. **Investigação sobre o potencial de economia de energia da iluminação natural**. In.: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Natal, 2009.4p.

FONSECA, S.D. **Contribuições para uma metodologia de avaliação da eficiência energética em iluminação de salas de aula**. 2009. 158 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

GELLER, H. S. **Revolução energética: política para um futuro sustentável**. tradução Maria Vidal Barbosa; revisão técnica Marcio Edgar Schuler. - Rio de Janeiro: Relume Dumará: USAid, 2003.

GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Avaliação das Condições de Iluminação Natural nas Salas de Aula da Universidade Federal de Santa Catarina**. In.: I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Canela, 1997.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, C. C. **A influência dos usuários e dos sistemas de iluminação, ventilação e de controle da incidência solar para a eficiência energética dos ambientes – Estudo de Caso das salas da Escola de Arquitetura da UFMG**. 2014. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

GUL, M.; PATIDAR, S. **An Analysis of Energy Consumption and Occupant Behaviour of an Academic Building**. 2014

GYBERG, P.; PALM, J. **Influencing households' energy behaviour – how is this done and on what premises?** 2009. Energy Policy, vol. 37, no. 7, p. 2807-2813.

HENRYSON, J.; HÅKANSSON, T.; PYRKO, J. **Energy efficiency in buildings through information–Swedish perspective**. Energy policy, 2000 – Elsevier Pages 169–180 BAIXAR NA UFMG.

JAZIZADEH, F.; KAVULYA, G.; KWAK, J.; BECERIK-GERBER, B.; TAMBE, M.; WOOD, W. **Human-Building Interaction for Energy Conservation in Office Buildings**. Construction Research Congress. 2012

JOTA, P.T.S.; SOUZA, A.P.A. **Desempenho Energético de Escolas Públicas**. X Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro. 2004.

JOTA, P.R.S., RIBEIRO, M.C., MARTINS, F.H.D. JOTA, V.R.S. **Avaliação Energética – Setor Escolas Públicas**. CBPE. 2010

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre. Bookman. 362 p. 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 2a ed., São Paulo: Atlas. 1991

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Eletrobrás. 2014

LUDGERO, J.; ASSIS, E. S. **Avaliação preliminar do consumo energético desagregado da Escola de Arquitetura da UFMG**. 2005

MAHDAVI A, PROGLHOF, C. **User Behavior and energy performance in buildings**. IEWT. 2009: 1-13. Disponível em: <http://eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at_pages/events/iewt/iewt2009/papers/4E_1_MAHDAVI_A_P.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2014

MATOS, M.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. (2003) **Estudo de melhoria no sistema de iluminação artificial da UFSC**. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 7o, Anais..., Curitiba, 2003. ANTAC, Porto Alegre, p. 960-967.

MOORE, T.; CARTER, D.; SLATER, A. **Conflict and Control: The use of locally addressable lighting in open plan office space**. Proceedings of Dublin 2000 20 20 Vision. Dublin, London: Chartered Institution of Building Services Engineers, 2000

NORMAN, D. A. **O Design do Futuro** / Donald A. Norman; tradução de Talita Rodrigues. Rio de Janeiro: Rocco, 2010.

ORNSTEIN, S. W.; BRUNA, G. C.; ROMERO, M. A. **Estudo de caso: Escolas de 3º grau e as relações entre comportamento e conservação de energia**. In: Ambiente Construído e comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental, 210p. Ed. Nobel, FUPAM, São Paulo. 1995

PRADO, L. Cintra. **Iluminação**, Curso ministrado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, 1961

REINHART, C. F. **Tutorial on the Use of Daysim Simulations for Sustainable Design**. Institute for research in Construction, National Research Council Canada, Canadá, 2010.

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. **Dynamic Daylight Performance Metric for Sustainable Building Design**. Leukos, v. 3, n. 1, 2006.

REINHART, C. F.; WALKENHORST O. **Dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a full-scale test office with outer venetian blinds**. Energy & Buildings. 2001.

ROISIN, B.; BODART, M.; DENEYER, A.; D'HERDT, P. **Lighting energy savings in offices using different control systems and their real consumption**. Energy and Buildings, Volume 40, No. 4, p. 514–523. 2008

SOUZA, R.V.G. **Luz Natural no projeto arquitetônico**. Revista Lume – 31ª Edição. Brasil. 2008

SOUZA, R.V.G.; ASSIS, E. S. **Iluminação Artificial – Apostila de Tabelas, Dados e Exercícios**. Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil. 2006.

STEFANO, J. D. **Energy efficiency and the environment-the potential for energy efficient lighting to save energy and reduce carbon dioxide emissions at Melbourne University, Australia**. Australia. 1999

STEEMERS K. **Sustainable Design and Well-Being**. SHB2009. 2009

THUMANN, A.; YOUNGER, W. J. **Handbook of Energy Audits**. 7th ed. EUA. 2007

VEJA. São Paulo. Diário. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/crise-hidrica-se-agrava-em-minas-rj-e-sp-tem-alivio-1/>. Acesso em 14 de maio de 2015.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros, 2001.

WOOD, G.; NEWBOROUGH, M. **Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behaviour and design**. Energy and Buildings. 2003.

YUN, G.Y., TUOHY, P., AND STEEMERS, K. **Predictions for thermal performance and energy efficiency of a naturally ventilated building using the probabilistic and deterministic occupant behaviour algorithm**. Energy and Buildings. 2008.

ANEXO 1 – Questionário Fase 1 - Percepção da luz e da responsabilidade do usuário - Aluno

Questionário Geral – Sistema de Iluminação

Este questionário foi desenvolvido pelo IEA (International Energy Agency) através do IEA SHC Task 50 – Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings e sua aplicação faz parte do projeto de dissertação de mestrado “Análise do uso de energia frente ao comportamento do usuário para o delineamento de estratégias de eficiência energética em um edifício institucional condicionado naturalmente”.

Período

Em geral, como você avalia o nível de iluminação?		Muito Ruim	1	2	3	4	5	6	7	Muito bom
1	O nível de iluminação geral do ambiente									
2	O nível de iluminação na mesa									
Observações:										

Você notou alguma área desagradavelmente escura / clara neste ambiente?		Poucas Áreas	1	2	3	4	5	6	7	Muitas Áreas
3	Áreas escuras									
4	Áreas claras									
5	Áreas com ofuscamento									
Observações:										

Quando você está olhando para a o exterior do ambiente através da janela, a visão foi obstruída por algum elemento?		Pouco obstruída	1	2	3	4	5	6	7	Muito obstruída
6	Pelo tamanho da janela									
7	Pelo dispositivo de controle solar (Brise)									
8	Pela cortina									
Observações:										

Quando você olha para cima a partir do local de trabalho, você tem a sensação de ofuscamento ?		Muito ofuscamento	1	2	3	4	5	6	7	Pouco ofuscamento
9	Quando olho para frente									
10	Quando olho para a janela									
Observações:										

Qual é a impressão geral do ambiente?		1	2	3	4	5	6	7
11	Espaçoso							
12	Barulhento							
13	Informal							
14	Interessante							

15 No geral, eu gosto

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Observações:

Como você avaliaria o sistema de controle da iluminação? Difícil 1 2 3 4 5 6 7 Fácil

16 Fácil de entender								
17 Atende às minhas necessidades visuais								
18 Em geral, estou satisfeito com ele								

Observações:

Você se sente responsável pelo acionamento do sistema de iluminação? Pouco 1 2 3 4 5 6 7 Muito

19 Eu acendo/apago a luz quando entro/saio do ambiente								
20 Eu apago a luz quando percebo que não há necessidade de iluminação artificial.								
21 Eu acendo a luz quando percebo que não há quantidade suficiente de luz natural no ambiente.								
22 A responsabilidade de acionar o sistema de iluminação é do(a) professor(a)								

Observações:

ANEXO 1 – Questionário Fase 1 - Percepção da luz e da responsabilidade do usuário – Professor

Questionário Geral – Sistema de Iluminação

Este questionário foi desenvolvido pelo IEA (International Energy Agency) através do IEA SHC Task 50 – Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings e sua aplicação faz parte do projeto de dissertação de mestrado “Análise do uso de energia frente ao comportamento do usuário para o delineamento de estratégias de eficiência energética em um edifício institucional condicionado naturalmente”.

Professor na EAUFMG há quanto tempo?

Em geral, como você avalia o nível de iluminação?		Muito Ruim	1	2	3	4	5	6	7	Muito bom
1	O nível de iluminação geral do ambiente									
2	O nível de iluminação na mesa									
Observações:										

Você notou alguma área desagradavelmente escura / clara neste ambiente?		Poucas Áreas	1	2	3	4	5	6	7	Muitas Áreas
3	Áreas escuras									
4	Áreas claras									
5	Áreas com ofuscamento									
Observações:										

Quando você está olhando para a o exterior do ambiente através da janela, a visão foi obstruída por algum elemento?		Pouco obstruída	1	2	3	4	5	6	7	Muito obstruída
6	Pelo tamanho da janela									
7	Pelo dispositivo de controle solar (Brise)									
8	Pela cortina									
Observações:										

Quando você olha para cima a partir do local de trabalho, você tem a sensação de ofuscamento ?		Muito ofuscamento	1	2	3	4	5	6	7	Pouco ofuscamento
9	Quando olho para frente									
10	Quando olho para a janela									
Observações:										

Qual é a impressão geral do ambiente?		1	2	3	4	5	6	7
11	Espaçoso							
12	Barulhento							
13	Informal							
14	Interessante							

15 No geral, eu gosto

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Observações:

--

Como você avaliaria o sistema de controle da iluminação? Difícil 1 2 3 4 5 6 7 Fácil

16	Fácil de entender								
17	Atende às minhas necessidades visuais								
18	Em geral, estou satisfeito com ele								

Observações:

--

Você se sente responsável pelo acionamento do sistema de iluminação? Pouco 1 2 3 4 5 6 7 Muito

19	Eu acendo/apago a luz quando entro/saio do ambiente								
20	Eu apago a luz quando percebo que não há necessidade de iluminação artificial.								
21	Eu acendo a luz quando percebo que não há quantidade suficiente de luz natural no ambiente.								

Observações:

--

ANEXO 1 – Questionário Fase 1 - Percepção da luz e da responsabilidade do usuário – Servidor Técnico-Administrativo

Questionário Geral – Sistema de Iluminação

Este questionário foi desenvolvido pelo IEA (International Energy Agency) através do IEA SHC Task 50 – Advanced Lighting Solutions for Retrofitting Buildings e sua aplicação faz parte do projeto de dissertação de mestrado “Análise do uso de energia frente ao comportamento do usuário para o delineamento de estratégias de eficiência energética em um edifício institucional condicionado naturalmente”.

Servidor na EAUFMG há quanto tempo?

Em geral, como você avalia o nível de iluminação?		Muito Ruim	1	2	3	4	5	6	7	Muito bom
1	O nível de iluminação geral do ambiente									
2	O nível de iluminação na mesa									
Observações:										

Você notou alguma área desagradavelmente escura / clara neste ambiente?		Poucas Áreas	1	2	3	4	5	6	7	Muitas Áreas
3	Áreas escuras									
4	Áreas claras									
5	Áreas com ofuscamento									
Observações:										

Quando você está olhando para a o exterior do ambiente através da janela, a visão foi obstruída por algum elemento?		Pouco obstruída	1	2	3	4	5	6	7	Muito obstruída
6	Pelo tamanho da janela									
7	Pelo dispositivo de controle solar (Brise)									
8	Pela cortina									
Observações:										

Quando você olha para cima a partir do local de trabalho, você tem a sensação de ofuscamento ?		Muito ofuscamento	1	2	3	4	5	6	7	Pouco ofuscamento
9	Quando olho para frente									
10	Quando olho para a janela									
Observações:										

Qual é a impressão geral do ambiente?		1	2	3	4	5	6	7
11	Espaçoso							
12	Barulhento							
13	Informal							
14	Interessante							

15 No geral, eu gosto

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Observações:

--

Como você avaliaria o sistema de controle da iluminação? Difícil 1 2 3 4 5 6 7 Fácil

16	Fácil de entender									
17	Atende às minhas necessidades visuais									
18	Em geral, estou satisfeito com ele									
Observações:		<table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"><tr><td> </td></tr></table>								

Você se sente responsável pelo acionamento do sistema de iluminação? Pouco 1 2 3 4 5 6 7 Muito

19	Eu acendo/apago a luz quando entro/saio do ambiente									
20	Eu apago a luz quando percebo que não há necessidade de iluminação artificial.									
21	Eu acendo a luz quando percebo que não há quantidade suficiente de luz natural no ambiente.									
Observações:		<table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"><tr><td> </td></tr></table>								

ANEXO 2 – Questionário Fase 2 – Percepção da Campanha de Consumo Consciente de Energia na Escola de Arquitetura - Aluno

Questionário Geral – Sistema de Iluminação

Este questionário faz parte do projeto de dissertação de mestrado “Análise do uso de energia frente ao comportamento do usuário para o delineamento de estratégias de eficiência energética em um edifício institucional condicionado naturalmente”.

Período:

Sobre o questionário anterior		Sim	Não
1	Você respondeu ao questionário desta pesquisa, aplicado em março de 2015?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Caso tenha respondido, você respondeu ao questionário nesta mesma sala?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Campanha de Consumo Consciente de Energia na EA		Sim	Não
3	Você notou a existência de uma Campanha de Consumo Consciente de Energia na EA?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Você leu os cartazes da campanha afixados pela EA?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Você recebeu os e-mails com informações a respeito da campanha?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Você presenciou algum comunicado, em sala de aula, a respeito da campanha?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Você assistiu alguma palestra a respeito da campanha?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:			

Nesta sala há um cartaz próximo aos interruptores.		Sim	Não
8	Você o notou?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Neste cartaz quais informações estão disponíveis?		Sim	Não
9	A divisão dos acionamentos de cada luminária	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	A distribuição da luz no ambiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Quais luminárias podem ficar apagadas durante um período do dia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Nenhuma das informações acima	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:			

Caso tenha recebido os e-mails, você considerou as informações fornecidas:		Sim	Não
13	Relevantes e mudei meu comportamento após aprender um pouco a respeito do consumo de energia na EA e da influência do usuário neste consumo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Interessantes, mas não fizeram com que eu mude meu comportamento em relação ao consumo de energia na EA.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Pouco relevantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:			

Sobre o seu comportamento após o início da Campanha		Sim	Não
16	Eu percebi a existência da Campanha mas eu já utilizava a energia de forma consciente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Eu percebi a existência da Campanha e passei a utilizar a energia de forma mais consciente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Eu percebi a existência da Campanha mas não mudei minha forma de atuação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Eu não percebi a existência da Campanha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observações:

Como é o seu comportamento em relação às atividades listadas abaixo?		Sim	Não
20	Eu apago a luz quando percebo que não há necessidade de iluminação artificial.		
21	Eu acendo a luz quando percebo que não há quantidade suficiente de luz natural no ambiente.		
22	A responsabilidade de acionar o sistema de iluminação é do(a) professor(a) ou do funcionário / Técnico-Administrativo responsável pelo ambiente		
Observações:			

ANEXO 2 – Questionário Fase 2 – Percepção da Campanha de Consumo Consciente de Energia na Escola de Arquitetura - Aluno

Questionário Geral – Sistema de Iluminação

Este questionário faz parte do projeto de dissertação de mestrado “Análise do uso de energia frente ao comportamento do usuário para o delineamento de estratégias de eficiência energética em um edifício institucional condicionado naturalmente”.

Professor na EAUFMG há quanto tempo?

Sobre o questionário anterior		Sim	Não
1	Você respondeu ao questionário desta pesquisa, aplicado em março de 2015?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Caso tenha respondido, você respondeu ao questionário nesta mesma sala?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Campanha de Consumo Consciente de Energia na EA		Sim	Não
3	Você notou a existência de uma Campanha de Consumo Consciente de Energia na EA?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Você leu os cartazes da campanha afixados pela EA?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Você recebeu os e-mails com informações a respeito da campanha?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Você presenciou algum comunicado, em sala de aula, a respeito da campanha?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Você assistiu alguma palestra a respeito da campanha?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:			

Nesta sala há um cartaz próximo aos interruptores.		Sim	Não
8	Você o notou?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Neste cartaz quais informações estão disponíveis?		Sim	Não
9	A divisão dos acionamentos de cada luminária	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	A distribuição da luz no ambiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Quais luminárias podem ficar apagadas durante um período do dia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Nenhuma das informações acima	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:			

Caso tenha recebido os e-mails, você considerou as informações fornecidas:		Sim	Não
13	Relevantes e mudei meu comportamento após aprender um pouco a respeito do consumo de energia na EA e da influência do usuário neste consumo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Interessantes, mas não fizeram com que eu mude meu comportamento em relação ao consumo de energia na EA.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Pouco relevantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:			

Sobre o seu comportamento após o início da Campanha		Sim	Não
16	Eu percebi a existência da Campanha mas eu já utilizava a energia de forma consciente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Eu percebi a existência da Campanha e passei a utilizar a energia de forma mais consciente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Eu percebi a existência da Campanha mas não mudei minha forma de atuação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Eu não percebi a existência da Campanha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observações:

Como é o seu comportamento em relação às atividades listadas abaixo?		Sim	Não
20	Eu apago a luz quando percebo que não há necessidade de iluminação artificial.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Eu acendo a luz quando percebo que não há quantidade suficiente de luz natural no ambiente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	A responsabilidade de acionar o sistema de iluminação é do(a) professor(a).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:			

ANEXO 3 – Cartazes afixados nas salas e nas portas da Escola de Arquitetura

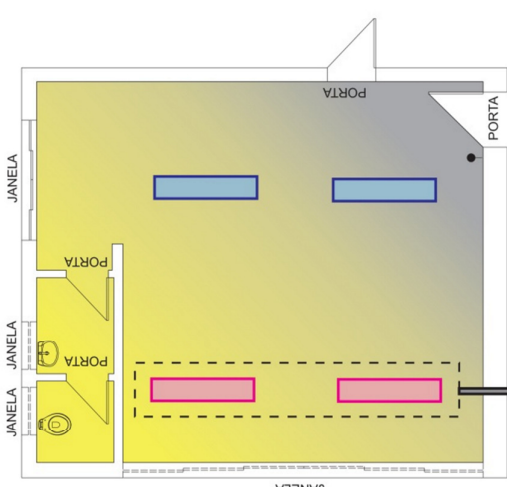
Figura 61 – Cartaz afixado nas portas da Escola de Arquitetura




Figura 62 – Cartaz sala 101A

O QUE ACENDE O QUÊ?

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!



ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR
APAGADAS 30% DO TEMPO ENTRE 8h00 E 18h00



**AO SAIR,
APAGUE A LUZ !**

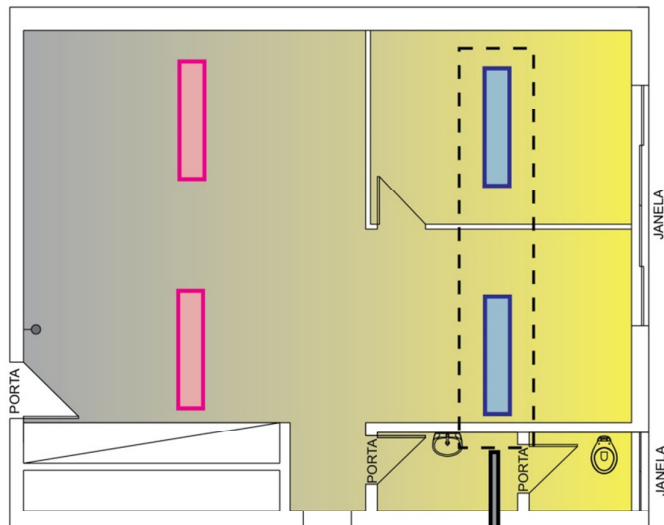
DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL

BAIXA ALTA

Figura 63 – Cartaz sala 105

O QUE ACENDE O QUÊ?

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!



ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR
APAGADAS 40% DO TEMPO
ENTRE 8h00 E 18h00

DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL



BAIXA

ALTA

Figura 64 – Cartaz sala 107

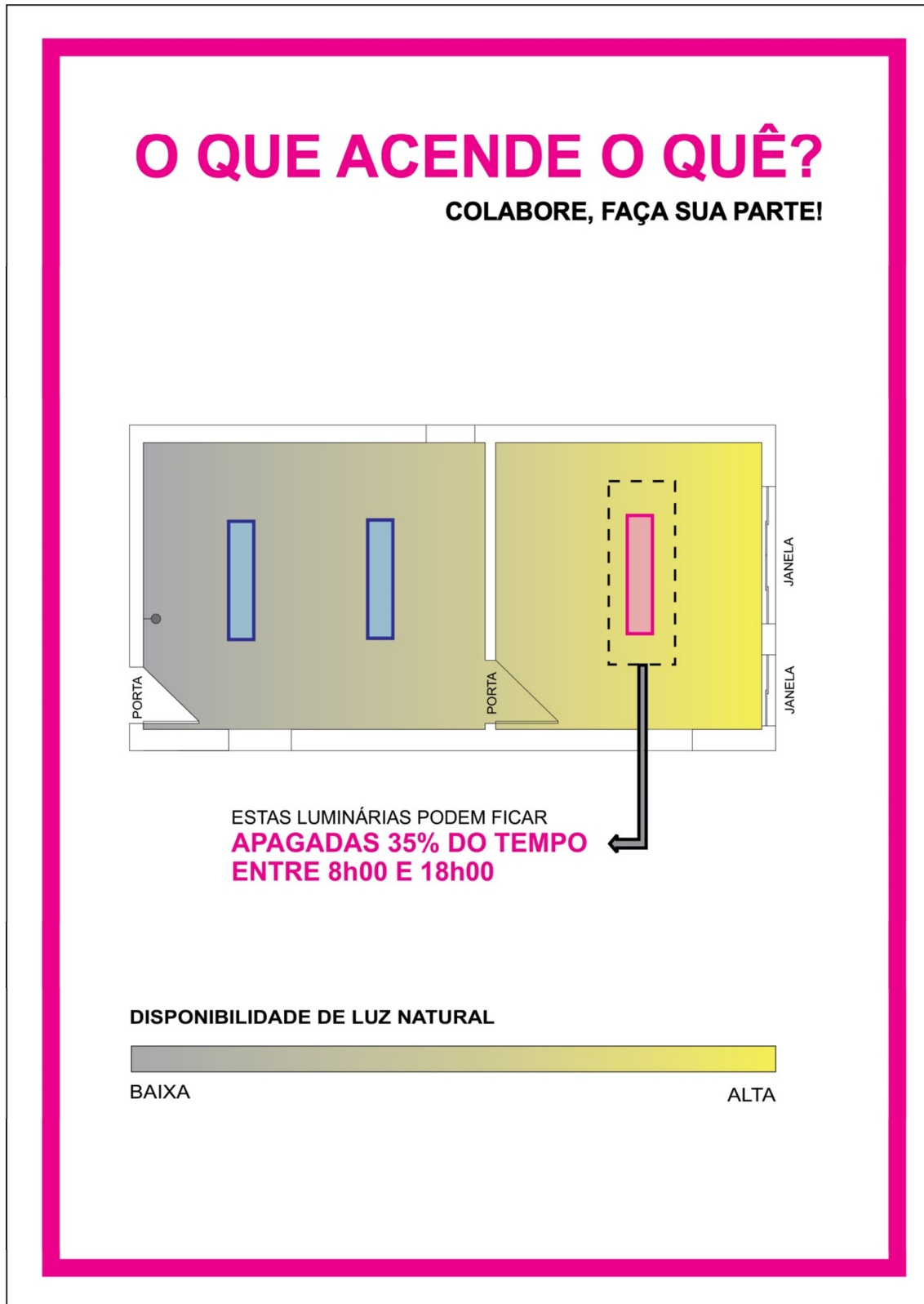
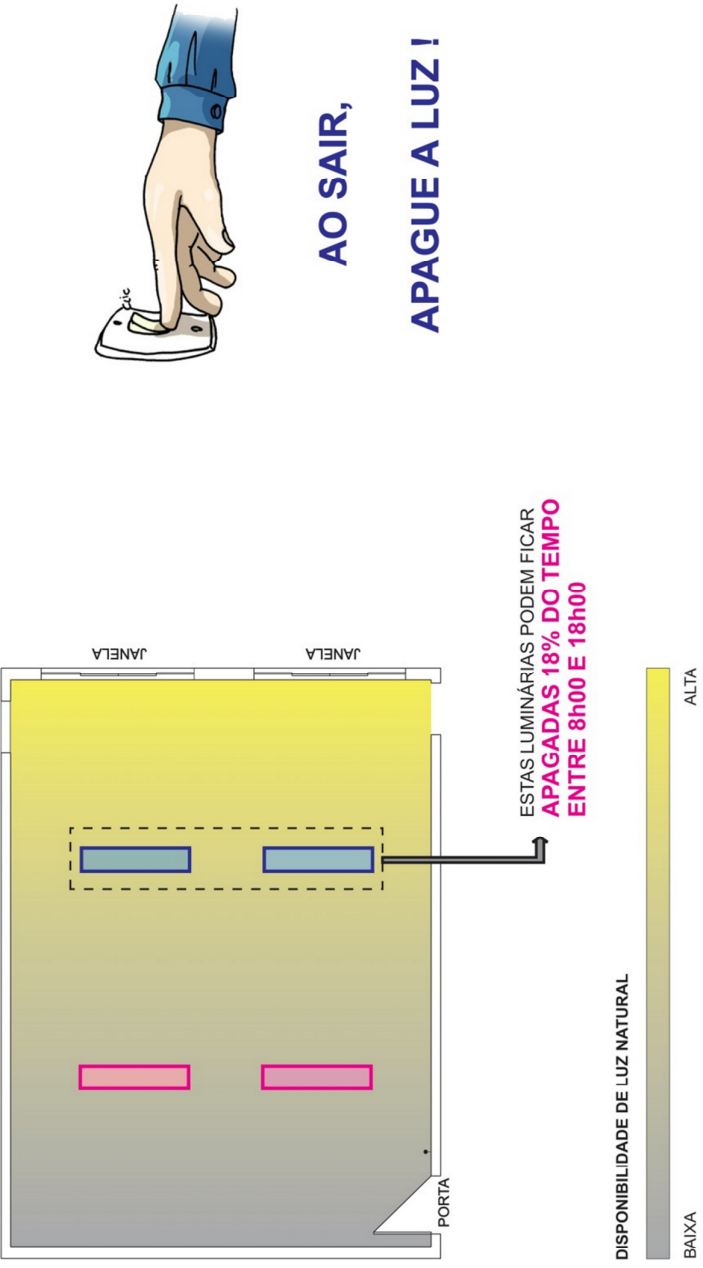


Figura 65 – Cartaz sala 109

O QUE ACENDE O QUÊ?

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!



The diagram illustrates a room layout with a door labeled 'PORTA' at the bottom, two windows labeled 'JANELA' at the top, and two rectangular light fixtures. A color gradient bar on the right indicates 'DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL' (Natural Light Availability), ranging from 'BAIXA' (Low) at the bottom to 'ALTA' (High) at the top. A dashed box encloses the two light fixtures, with an arrow pointing to a text box that reads: 'ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR APAGADAS 18% DO TEMPO ENTRE 8h00 E 18h00'. To the right of the diagram, an illustration shows a hand in a blue sleeve pressing a light switch. Below this illustration, the text reads: 'AO SAIR, APAGUE A LUZ!'.

ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR APAGADAS 18% DO TEMPO ENTRE 8h00 E 18h00

DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL

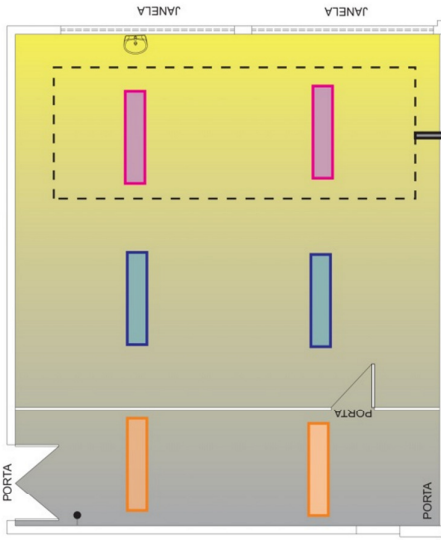
BAIXA ALTA

AO SAIR, APAGUE A LUZ!

Figura 66 – Cartaz sala 118


O QUE ACENDE O QUÊ?

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!



The diagram shows a room layout with a color gradient representing natural light availability. The gradient is darkest (grey) near the doors and windows and lightest (yellow) in the center. Labels include 'PORTA' at the bottom corners, 'JANELA' at the top corners, and 'PORTA' at the bottom center. A dashed box highlights a central area with two pink rectangular light fixtures. An arrow points from this area to a text box.

ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR APAGADAS 50% DO TEMPO ENTRE 8h00 E 18h00



AO SAIR,
APAGUE A LUZ!

DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL

BAIXA ALTA

Figura 67 – Cartaz sala 200

O QUE ACENDE O QUÊ?
COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

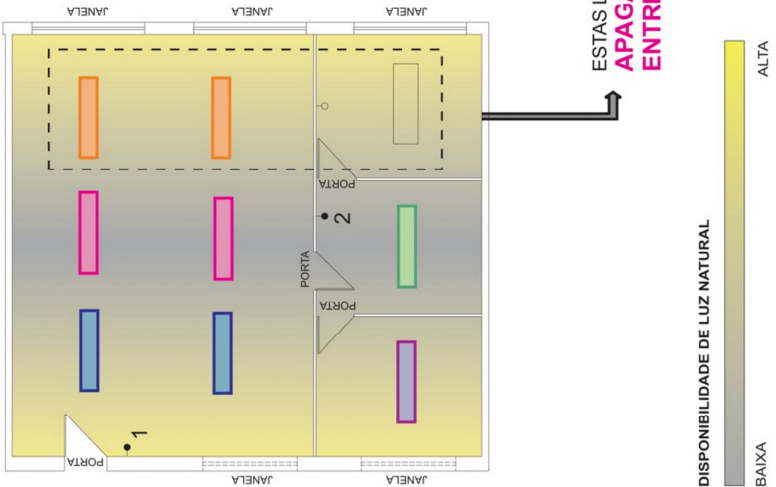
The diagram illustrates a room layout with a color gradient representing natural light availability. The gradient is darkest (grey) near the door and lightest (yellow) near the windows. Four rows of lighting fixtures are shown, each corresponding to a window labeled 'JANELA'. The fixtures are colored pink, blue, orange, and green from top to bottom. A door labeled 'PORTA' is located at the bottom left. A legend below the diagram shows a color scale from 'BAIXA' (grey) to 'ALTA' (yellow) for 'DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL'.

NÃO DESPERDICE ENERGIA!
ACIONE APENAS AS LUMINÁRIAS QUE ESTIVER USANDO


Figura 68 – Cartaz sala 310

O QUE ACENDE O QUÊ?

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!



ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR APAGADAS 15% DO TEMPO ENTRE 8h00 E 18h00



**AO SAIR,
APAGUE A LUZ !**

Figura 69 – Cartaz sala 320A

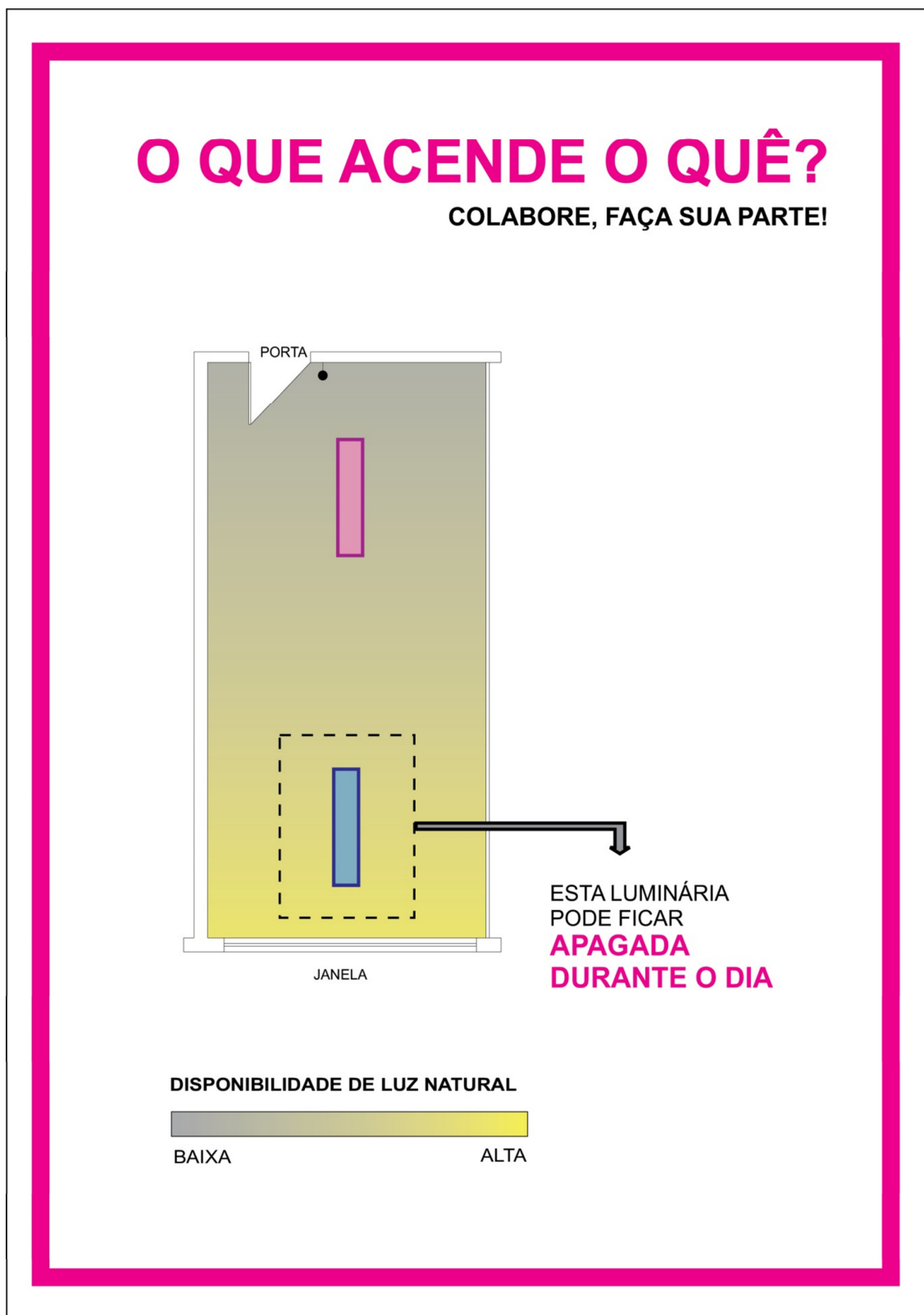
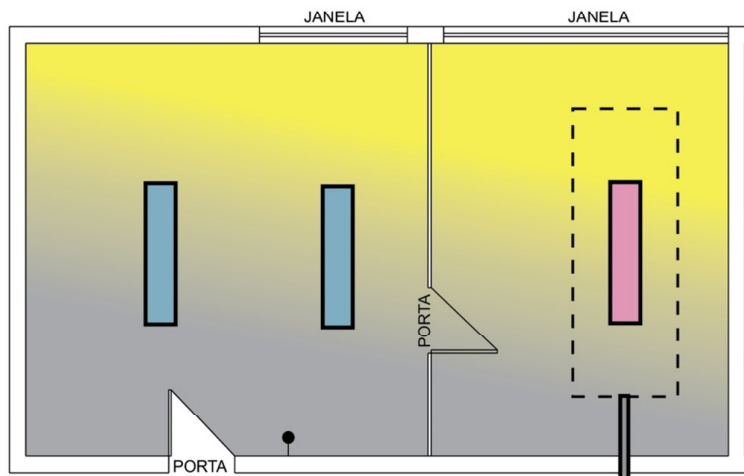


Figura 70 – Cartaz sala 400

O QUE ACENDE O QUÊ?

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!



ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR
APAGADAS 50% DO TEMPO
ENTRE 8h00 E 18h00

DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL



Figura 71 – Cartaz sala 413A

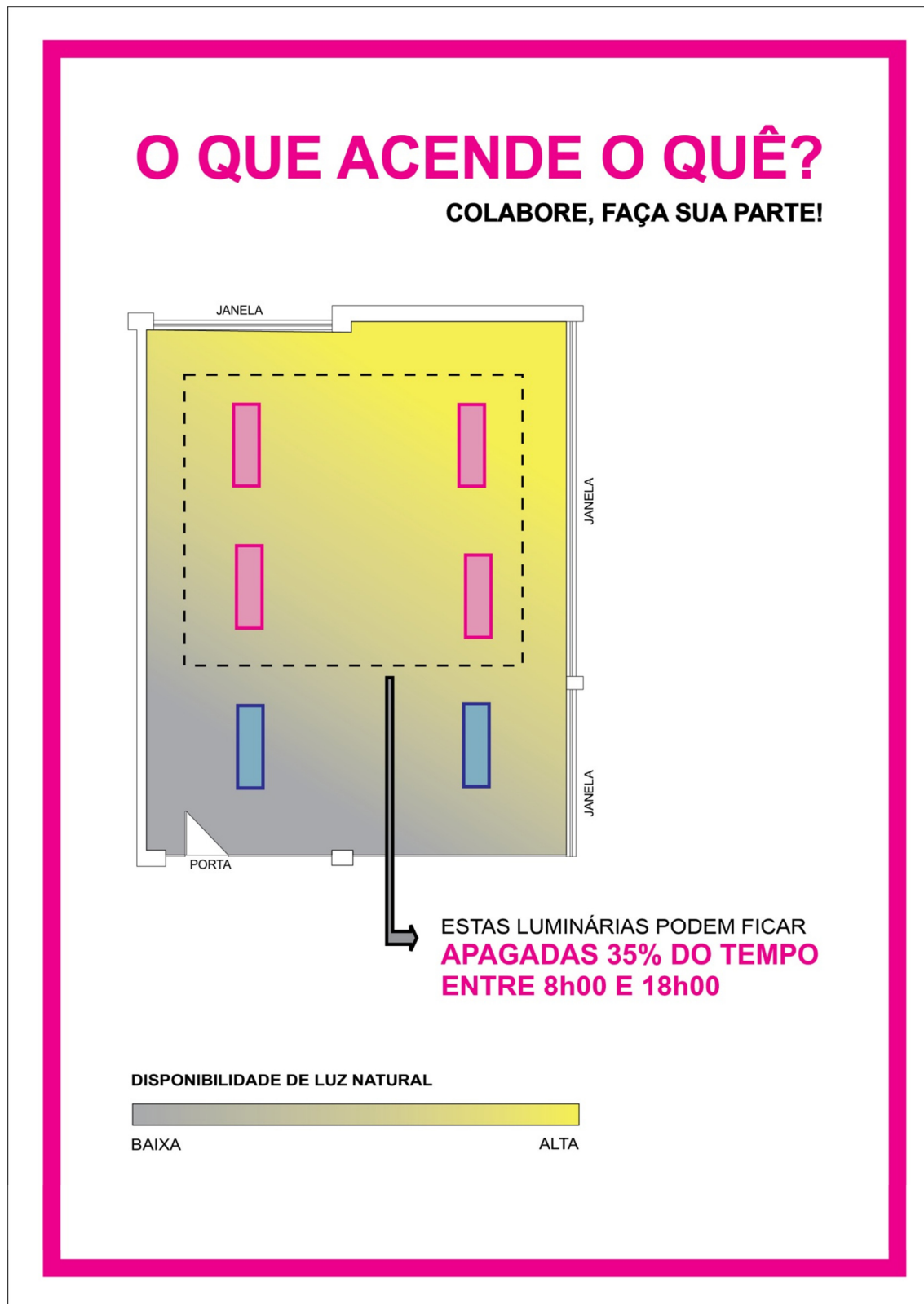


Figura 72 – Cartaz sala 414

O QUE ACENDE O QUÊ?

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

The diagram illustrates a room with a door labeled 'PORTA' on the left and a window labeled 'JANELA' at the top. The room contains two blue rectangular desks. A dashed box highlights two pink rectangular light fixtures. A vertical color gradient bar on the right indicates 'DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL' (Natural Light Availability), ranging from 'BAIXA' (Low) at the bottom to 'ALTA' (High) at the top. An arrow points from the light fixtures to the text: 'ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR APAGADAS 10% DO TEMPO ENTRE 8h00 E 18h00'. To the right of the diagram, an illustration shows a hand in a blue sleeve pressing a light switch, with the text 'AO SAIR, APAGUE A LUZ!' (When leaving, turn off the light!).

ESTAS LUMINÁRIAS PODEM FICAR APAGADAS 10% DO TEMPO ENTRE 8h00 E 18h00

DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL

BAIXA ALTA

AO SAIR, APAGUE A LUZ!

SEJA CONSCIENTE !

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

Prezados,

meu nome é Guilherme, sou aluno do Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável e estou desenvolvendo a pesquisa "Análise do uso de energia frente ao comportamento do usuário para o delineamento de estratégias de eficiência energética na Escola de Arquitetura da UFMG".

Gostaria de agradecer a todos que, nas últimas duas semanas, colaboraram com o desenvolvimento da pesquisa ao responder o questionário sobre percepção da luz no ambiente. O resultado da pesquisa depende da participação de todos os usuários da Escola de Arquitetura.

Nas próximas semanas, com o apoio da Diretoria e a colaboração dos Colegiados dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Design, forneceremos informações a respeito do consumo de energia elétrica na EA e da importância da participação dos usuários na implementação de estratégias de eficiência energética.

Obrigado pela participação.

Atenciosamente,

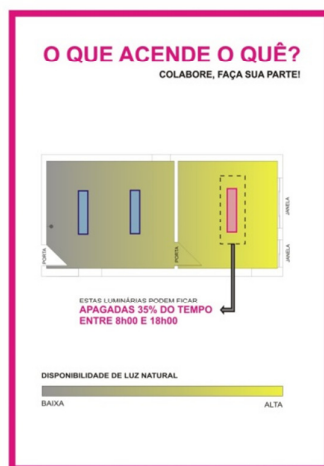
Guilherme Brandão



SEJA CONSCIENTE !

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

Com o intuito de facilitar o acionamento do sistema de iluminação e evitar que luminárias permaneçam acesas sem necessidade, foram afixados os seguintes cartazes na Escola de Arquitetura.



A partir da simulação computacional foi verificada a disponibilidade de luz natural no ambiente. O cartaz indica a luminária e o percentual do tempo que esta poderá ficar apagada durante o dia sem prejudicar a realização de tarefas. Os acionamentos das luminárias foram indicados nos interruptores com as cores correspondentes ao mapa.



Foram afixados cartazes em todas as portas da Escola de Arquitetura com o objetivo de alertar aos usuários da importância de verificar se, ao sair do ambiente, todas as luminárias foram apagadas.

SEJA CONSCIENTE !

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

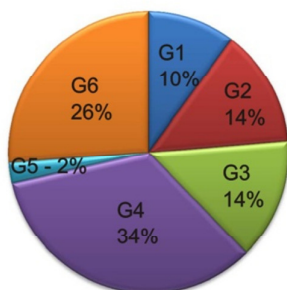
O consumo de energia elétrica na Escola de Arquitetura pode ser compreendido através da análise do consumo desagregado por uso final.

Consumo estimado desagregado por usos de equipamentos e iluminação da EAUFMG



De refrigeração: inclui aparelhos de ar condicionado e ventiladores mecânicos;
De informática: inclui o conjunto do computador (CPU, monitor e estabilizador), o scanner e a impressora;
De sala de aula: inclui o retroprojetor, o projetor de slides, a televisão para uso exclusivo de aula, o vídeo cassete, e o datashow.
De laboratório e oficinas: inclui equipamentos de uso específico, não inclui aparelhos de informática;
Diversos: todos os demais equipamentos que não foram citados acima, como, por exemplo, rádio, fax, aparelhos do auditório, frigobar, geladeira, microondas, freezer, televisão, elevadores, etc..

Consumo estimado por grupo de ambientes da EAUFMG



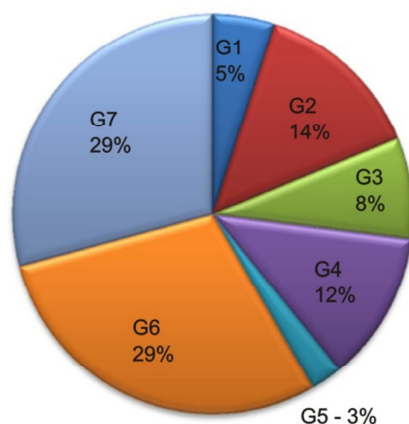
Grupo 1: setor administrativo, o qual inclui as salas de diretoria, secretaria geral, colegiado;
Grupo 2: salas de aula;
Grupo 3: salas de departamentos acadêmicos, que incluem secretaria, sala dos professores, sala dos bolsistas;
Grupo 4: laboratórios e oficinas;
Grupo 5: setor de serviço, que inclui as salas de serviços gerais, os depósitos;
Grupo 6: demais ambientes, como banheiros, áreas de circulação, cantina, biblioteca.

SEJA CONSCIENTE !

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

A ILUMINAÇÃO NA EAUFMG

O gráfico abaixo demonstra quais ambientes da EAUFMG consomem mais energia elétrica por uso de iluminação.



Grupo 1: setor administrativo, o qual inclui as salas de diretoria, secretaria geral, colegiados;

Grupo 2: salas de aula;

Grupo 3: salas de departamentos acadêmicos, que incluem secretaria, sala dos professores, sala dos bolsistas;

Grupo 4: laboratórios e oficinas;

Grupo 5: setor de serviço, que inclui as salas de serviços gerais, os depósitos;

Grupo 6: demais ambientes, como banheiros, áreas de circulação, cantina;

Grupo 7: Biblioteca.

EM QUAIS DESTES AMBIENTES VOCÊ PODE COLABORAR PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA?

SEJA CONSCIENTE !

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA EAUFMG

Em 2013 a EAUFMG recebeu a **Etiqueta PBE Edifica**, que avaliou o nível de eficiência energética da envoltória e do sistema de iluminação.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE - aponta o desempenho geral da edificação, assim como o de sistemas individuais, seja para a avaliação completa ou parcial da edificação.



Nível de eficiência energética da envoltória da edificação

Nível de eficiência energética do sistema de iluminação

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - EAUFMG

A EAUFMG, por ser condicionada naturalmente, não possui avaliação do sistema de condicionamento de ar. Desta forma, sua ENCE apresenta o desempenho dos sistemas individuais.

SEJA CONSCIENTE !

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

O USUÁRIO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O consumo de energia elétrica é até **85% maior*** do que o previsto, em etapa de projeto, em campus de universidades.

A maneira com que os **ocupantes se comportam** e interagem com a edificação tem **grande impacto nos níveis de conforto e no consumo de energia da mesma.**

COMO VOCÊ PODE CONTRIBUIR PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA EA?

- Ao sair do ambiente, apague a luz;
- Acione apenas a iluminação suficiente para a realização da atividade;
- Evite deixar aparelhos ligados em Stand by;
- Desligue o monitor quando não estiver utilizando o computador;
- Quando puder, troque o elevador pelas escadas.



* GUL, M.; PATIDAR, S. An Analysis of Energy Consumption and Occupant Behaviour of an Academic Building. 2014

SEJA CONSCIENTE !

COLABORE, FAÇA SUA PARTE!

CONSERVAR ENERGIA É RACIONALIZAR, E NÃO, RACIONAR.

Um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

PARA TANTO, É IMPORTANTE SABER QUE...

1. Os **avanços da tecnologia** estão colaborando para atingir as metas de **redução no consumo de energia** desejadas, mas isso não conduz necessariamente a uma redução global.
2. A maneira com que **os ocupantes se comportam e interagem** com a edificação tem grande **impacto nos níveis de conforto e no consumo de energia** da mesma.
3. É **pouco provável que, atitudes isoladas** de conservação de energia, **possam reduzir expressivamente o uso de energia**.



O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA EA ESTÁ DIRETAMENTE RELACIONADO COM A MANEIRA COM QUE VOCÊ INTERAGE COM OS SISTEMAS INSTALADOS NA EDIFICAÇÃO.