



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

ESCOLA POLITÉCNICA

DEPTº DE ENGENHARIA AMBIENTAL - DEA

MEPLIM

**MESTRADO PROFISSIONAL EM
GERENCIAMENTO E TECNOLOGIAS
AMBIENTAIS NO PROCESSO PRODUTIVO**

JÚLIA SILVA DE MORAES

**INDICADORES ENERGÉTICOS DE EDIFÍCIOS
PÚBLICOS: ESTUDO DE CASO DA ESCOLA
POLITÉCNICA - UFBA**



**SALVADOR
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JÚLIA SILVA DE MORAES

**INDICADORES ENERGÉTICOS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS: ESTUDO
DE CASO DA ESCOLA POLITÉCNICA - UFBA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres

Salvador,

2007

M8275 Moraes, Júlia Silva de

Indicadores energéticos de edifícios públicos: Estudo de caso da Escola Politécnica - UFBA / Júlia Silva de Moraes. --- Salvador-BA, 2007.

218p. il.

Orientador: Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres
Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2007.

1. Energia elétrica – Utilização – Eficiência e melhoria. 2. Energia elétrica – Combate ao desperdício 3. Edifícios públicos – Consumo de energia - Indicadores. I.Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. II. Torres, Ednildo Andrade. III. Título.

333.79

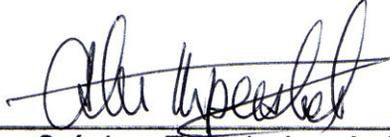
TERMO DE APROVAÇÃO

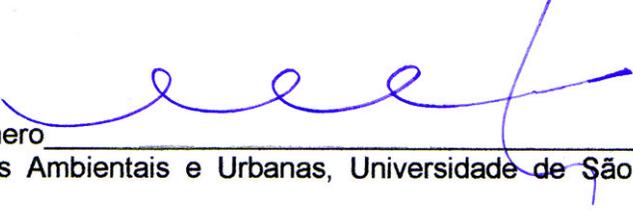
JÚLIA SILVA DE MORAES

**INDICADORES ENERGÉTICOS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS: ESTUDO DE CASO
DA ESCOLA POLITÉCNICA: UFBA**

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Ênfase em Produção Limpa, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Ednildo Andrade Torres 
Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 1999.

Asher Kiperstok 
Doutorado em Engenharia Química e Tecnologias Ambientais, University Of Manchester Institute Of Science And Technology, UMIST, Inglaterra, 1996.

Marcelo de Andrade Romero 
Doutorado em Estruturas Ambientais e Urbanas, Universidade de São Paulo, USP, 1994.

Salvador, 10 de setembro de 2007.

Dedico este trabalho à ilustre Escola Politécnica estendida a toda a Universidade Feral da Bahia, instituição que contribuiu para as minhas maiores conquistas e ao meu avô Júlio, que Deus permitiu estar entre nós para vivenciar essa importante etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Em um momento de alegria e satisfação pelo trabalho realizado, agradeço a todos que contribuíram para sua realização, com destaque:

A DEUS, senhor supremo, que permitiu estar aqui, me relacionar com todos e contribuir, de alguma forma, para a produção do conhecimento;

AO PROF. EDNILDO TORRES, por ter acreditado em mim desde o primeiro momento, quando tudo era apenas um desejo, e abriu caminho para tornar-se realidade. Pela orientação, amizade, oportunidade....

AO TECLIM, em especial ao Prof. Asher Kiperstok, pela confiança e amizade, por contribuir para minha formação e para o desenvolvimento deste trabalho; LORIANA, SUZETE e LINDA, pela paciência, agilidade e compressão nos momentos finais;

AO PROF. PAULO BASTOS, pelos incentivos, por viabilizar a consultoria de Eficiência Energética em Edifícios Públicos, pelo seu trabalho realizado em prol da eficiência energética na Escola e muitos outros méritos alcançados;

AO PROF. E DIRETOR DA ESCOLA LUIS EDMUNDO, pelo apoio incondicional em todas as etapas deste trabalho e por incentivar o uso do SIG;

Á PROFA.. MARIA LÚCIA CARVALHO, por me introduzir aos conceitos de conforto ambiental e APO, pela amizade e pela minuciosa avaliação durante a pré-banca;

AO PROF. MARCELO ROMÉRO, pela atenciosa recepção durante a visita na FAU-USP, pelas discussões sobre eficiência energética e contribuições enquanto banca examinadora.

AO ENG. ARI, da Prefeitura do Campus, por disponibilizar os levantamentos das contas energéticas, pela atenção constante e agilidade na informação, estendendo aos profissionais da Mapoteca e demais corpo técnico da Prefeitura.

AO SEBRAE, Programa Energia Brasil, por investir na Linha de pesquisa em Eficiência energética, no cadastro energético e a capacitação de bolsistas (Karl e Ramon);

AS EMPRESAS JUNIORES - ELETROJR, ENGETOP - pela ajuda no levantamento do espaço físico e energético da Escola;

ÀS ESTUDANTES NAZARÉ E LETÍCIA, pela colaboração na aplicação dos questionários e no tratamento dos dados;

AOS AMIGOS SERGIO, RAMON, E ANDERSON, por contribuírem na minha capacitação para o uso da ferramenta SIG;

À COMUNIDADE DA ESCOLA, que colaborou no processo de construção da metodologia, por responder aos questionários e pela boa recepção durante as visitas técnicas;

AOS AMIGOS CONQUISTADOS NO LEN, companheiros do dia a dia, em especial à Verinha, sempre presente e amiga; ao Eng. Marcos Fábio, que me presenteou com um software para computar os questionários e ao artista gráfico Juca, pela ajuda no desenvolvimento das ilustrações.

À AMIGA NÚBIA, pelo apoio final e fundamental para conclusão do trabalho;

... E por fim, agradeço à família:

AOS MEUS PAIS, Geraldo e Kátia, sempre presentes, torcendo por mim;

AO MEU AMOR MARCOS, pelos incentivos constantes, junto com seus pais Gercino e Socorro.

À MINHA IRMÃ MAIRA, que me deu mais uma prova de amizade e MAISIA, pois sei o quanto está feliz;

Á MINHA VÓ MARIA, pelas orações milagrosas!

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que elas acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”

(Fernando Pessoa)

RESUMO

A eficiência energética no ambiente construído demanda estudos do melhor uso da energia. Para tanto, torna-se necessário à obtenção de indicadores de desempenho que levem em consideração a tipologia da edificação, seu uso e condições ambientais. O presente trabalho tem como objetivo desenvolvimento de uma metodologia para obtenção de indicadores de eficiência energética em função de variáveis arquitetônicas, climáticas e de conforto do usuário. A metodologia consiste em procedimentos quantitativos e qualitativos baseados nos princípios bioclimáticos, de tecnologias limpas e conforto ambiental, em particular a metodologia de Avaliação Pós Ocupação (APO). Foi construída a partir de um caso real, a Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, resultando no desenvolvimento de um banco de dados digital contendo indicadores energéticos expressos em varias unidades como consumo de energia e demanda (kWh, kW) para sala de aula, laboratórios e escritórios. Com base neste estudo, conclui-se que a proposição de indicadores de melhoria de eficiência energética deve ser baseada em estratégias de *benchmarking*, ecoeficiência dos sistemas, conforto do usuário, características da edificação, usos do edifício e condições climáticas do local.

Palavras-chave: Indicadores energéticos, Eficiência energética, Avaliação Pós-ocupação.

ABSTRACT

Energy efficiency in a constructed environment demands studies of the energy's best uses. To do that, it's necessary to obtain performance indicators that take in consideration the edification typology, its uses and environmental conditions. This work has as its objective the development of a methodology for obtaining energy efficiency indicators in function of architectonic, climate and user comfort variables. This methodology consists in quantitative and qualitative proceedings based on the bioclimatic principals of clean technologies and environmental comfort, with emphasis in the methodology of Post Occupation Evaluation.

It was based on a real life scenario, the Polytechnic School of the Federal University of Bahia, resulting in the development of a digital database with energy indicators expressed in different units like energy consumption and demand (kWh, kW) for classrooms, labs and offices. This study concludes that the proposition of energy efficiency indicators must be based on benchmarking strategies, eco-efficiency, user comfort, edification characteristics, building uses and local climate conditions

Key word: Energy Efficiency, Energy pointers, Pos-Occupancy Evaluation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia
ABILUX	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ÁGUAPURA	Programa de Minimização do consumo de água da UFBA.
ANAEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
APO	Avaliação Pós Ocupação
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>
BEN	Balanço Energético Nacional
CEN	Centro Europeu para Normalização
CGIEE	Comitê Gestor de Índices e Níveis de Eficiência Energética
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
CIE	<i>Commission Internationale de l'Eclairage</i>
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
CONPET	Programa nacional de Racionalização do Uso de derivados de Petróleo e Gás natural.
CONSERVE	Programa de Conservação de Energia do Setor Industrial
COP	Coefficiente de performance
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S. A.
ESCOs	Empresas de Serviços de Energia
IES	<i>Illuminating Engineering Society</i>
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
ISA	Indicadores de Sustentabilidade Ambiental
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>
LABEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LACAM	Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal da Bahia

LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LEN	Laboratório de Energia e Gás
NR	Norma Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
PC	<i>Personal Computer</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
PL	Produção Limpa
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROCEL	Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica
Rio 92	Segunda Conferência Mundial sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SETAC	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
TBS	Temperatura de Bulbo Seco
TBU	Temperatura de Bulbo Úmido
TECLIM	Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos
tEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
TRY	<i>Test Reference Year</i> - Ano Climático de Referência
UE	União Européia
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UR	Umidade Relativa
USEPA	<i>US Environmental Protection Agency</i>
VV	Velocidade do Vento.
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das etapas de uma diagnóstico energético (adaptado).	36
Figura 2: Esquema - diagrama bioclimático (adaptado).....	43
Figura 3: Fluxograma da metodologia APO energética	46
Figura 4: Construção do Indicador (adaptado).	51
Figura 5: Fluxograma da metodologia	55
Figura 6: Relação Demanda e aparelho, Consumo e usuário	65
Figura 7: Esquema _ Indicadores dos ambientes desagregados por uso final	66
Figura 8: Tabela PROCEL de eficiência (W/W) dos aparelhos tipo janela e <i>split hi-hall</i>	70
Figura 9: Planta temática proposta.	76
Figura 10: Planta Baixa – Escola Politécnica.	80
Figura 11: Corte – Bloco III - Anfiteatros	81
Figura 12: Fachada Noroeste	81
Figura 13: Fachada Sudeste	82
Figura 14: Foto do Módulo I – Escola Politécnica.....	83
Figura 15: Escola Politécnica.....	84
Figura 16: Ventos Predominantes da cidade de Salvador (BA).....	87
Figura 17: Carta Bioclimática com TRY para Salvador	89
Figura 18: Salvador (Bahia) - Escola Politécnica	90
Figura 19: Cobogós da fachada noroeste e marquise da fachada sudeste	91
Figura 20: Corte esquemático da Escola Politécnica: Escolha das salas para medição.	92
Figura 21: Esquema: Indicadores dos ambientes desagregados por uso final.	116
Figura 22: Indicadores de Demanda pelo dimensionamento da intral lux 1.0 – Salas de aula do 7º andar.	130
Figura 23: Avanço tecnológico e crescimento da eficiência luminosa.	132
Figura 24: Luminária com barra de LEDs.	133
Figura 25: Projeção da eficiência luminosa do LED.....	134

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução dos consumos setoriais do Brasil, período de 1970 a 2005.....	21
Gráfico 2: Consumo de energia elétrica do setor público no período de 1990 a 2006 (adaptado).	23
Gráfico 3: As dez maiores Demandas da UFBA de energia elétrica	24
Gráfico 4: Extrato – amostragem por cotas	97
Gráfico 5: Usuários entrevistados.	98
Gráfico 6: Histórico do consumo de energia da Escola Politécnica (mensal) –	105
Gráfico 7: Histórico do consumo anual de energia da Escola Politécnica.	105
Gráfico 8: Histórico de Demanda Faturada de energia da Escola Politécnica (mensal) – período de Janeiro de 1998 até Janeiro de 2004.	106
Gráfico 9: Histórico de Demanda Faturada – Tarifa Verde	107
Gráfico 10: Comparação do Consumo Estimado com o histórico de consumo de 2005 e 2006.	113
Gráfico 11: Potência Instalada estimada por uso final - Ano: 2006	114
Gráfico 12: Consumo Estimado por uso final - Ano: 2006.....	114
Gráfico 13: Consumo Estimado por uso final - Ano: 2001.	115
Gráfico 14: Variação da temperatura – Sala 07.01.05 – Inverno.....	172
Gráfico 15: Variação da Umidade – Sala 07.01.05 - Inverno.....	172
Gráfico 16: Variação da Radiação – Sala 07.01.05 - Inverno	173
Gráfico 17: Variação da Velocidade do vento/ ar – Sala 07.01.05 - Inverno.....	173
Gráfico 18: Variação da temperatura – Sala 07.01.05 – Verão	174
Gráfico 19: Variação da Umidade – Sala 07.01.05 – Verão.....	174
Gráfico 20: Variação da Radiação – Sala 07.01.05 – Verão	175
Gráfico 21: Variação da Velocidade do vento/ ar – Sala 07.01.05 - Verão	175
Gráfico 22: Variação da temperatura – TECLIM – Inverno	176
Gráfico 23: Variação da Umidade – TECLIM – Inverno.....	176
Gráfico 24: Variação da Radiação – TECLIM – Inverno	177
Gráfico 25: Variação da Velocidade do vento/ ar – TECLIM – Inverno.	177
Gráfico 26: Variação da temperatura – TECLIM – Verão	178
Gráfico 27: Variação da Umidade – TECLIM – Verão	178
Gráfico 28: Variação da Radiação – TECLIM – Verão	179
Gráfico 29: Variação da Velocidade do vento/ ar – TECLIM - Verão	179
Gráfico 30: Variação da temperatura – LEN – Inverno	180
Gráfico 31: Variação da Umidade – LEN – Inverno.....	180
Gráfico 32: Variação da Radiação – LEN – Inverno	181
Gráfico 33: Variação da Velocidade do vento/ ar – LEN – Inverno.....	181
Gráfico 34: Variação da temperatura – – LEN – Verão.....	182
Gráfico 35: Variação da Umidade – LEN – Verão	182
Gráfico 36: Variação da Radiação – LEN – Verão.....	183
Gráfico 37: Variação da Velocidade do vento/ ar – LEN – Verão	183

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela Resumo do Faturamento Tarifário.....	41
Tabela 2: Fatores determinantes de iluminância adequada.	68
Tabela 3: Iluminâncias em lux, por tipo de atividade (valores médios em serviço).....	69
Tabela 4: Disponibilidade e características de SIG do mercado.....	74
Tabela 5: População Fixa da Escola Politécnica.....	85
Tabela 6: Vagas oferecidas por ano nos cursos da graduação	85
Tabela 7: Número de Professores por Departamento.....	86
Tabela 8: Dados do dia típico de Goulard, Lambert e Firmino (1997), Nível 1%.....	88
Tabela 9: Estratégias Bioclimáticas (%).....	89
Tabela 10: Síntese das medições.....	94
Tabela 11: Comparação da variação de temperatura obtida nos.....	95
Tabela 12: Resultado da enquete.....	99
Tabela 13: Características das luminárias.....	108
Tabela 14: Equipamentos de climatização instalados na Escola.	109
Tabela 15: Consumo dos computadores.....	110
Tabela 16: Rotina de uso e ocupação da sala 07.01.01	111
Tabela 17: Tabela síntese de uso e ocupação das salas de aula do 7º Andar.....	112
Tabela 18: Consumo Estimado e o consumo médio de 2006 e 2005.....	113
Tabela 19: Síntese dos Indicadores estimados – total do ambiente	117
Tabela 20: Síntese dos Indicadores estimados de iluminação	118
Tabela 21: Síntese dos Indicadores estimados de climatização.....	119
Tabela 22: Síntese dos Indicadores estimado – equipamentos de informática.....	120
Tabela 23: Síntese dos Indicadores estimados – outros equipamentos.....	121
Tabela 24: Indicadores de iluminação ASHRAE/IES.....	128
Tabela 25: Indicadores de iluminação segundo a <i>Califórnia Energy Commission</i>	128
Tabela 26: Dados de entrada - intral lux 1.0.....	129
Tabela 27: Dimensionamento das luminárias pelo intral lux 1.0 x as luminárias instaladas .	129
Tabela 28: Síntese das estratégias de Iluminação.	135
Tabela 29: Síntese das estratégias de Climatização	137
Tabela 30: Demanda dos Processadores.....	138
Tabela 31: Demanda dos Processadores.....	139
Tabela 32: Síntese das estratégias – equipamentos de informática.....	142
Tabela 33: Demanda dos aparelhos em <i>standby</i>	144
Tabela 34: Síntese das estratégias – demais equipamentos da edificação.....	144

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	20
1.2 OBJETIVOS	24
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	25
2. O MEIO AMBIENTE, A ENERGIA E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	27
2.1 PRODUÇÃO LIMPA	27
2.1.1 Eco-eficiência e o Fator X	29
2.1.2 <i>Design para o ambiente e a compra verde</i>	29
2.1.3 Indicadores ambientais e as estratégias de <i>Benchmarking ambiental</i>	30
2.1.4 Avaliação do Ciclo-de-Vida - ACV	30
2.1.5 Auto-regulação e Sistemas de certificação (selo-verde)	31
2.1.6 Inovação	32
2.2 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	32
2.3 O MERCADO DE SERVIÇO DE ENERGIA	34
2.3.1 Os principais serviços prestados pelas ESCOs	35
2.3.1.1 Diagnóstico Energético	35
2.3.1.2 O <i>retrofit</i>	36
2.3.1.3 Estudos da Tarifação das contas de energia	37
2.4 A ARQUITETURA, O CLIMA E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.	41
2.4.1 A bioclimatologia	42
2.5 APO - AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO	44
2.5.1 APO - energético	45
2.6 INSTRUMENTOS LEGAIS	47
2.6.1 Normalização de Eficiência energética	47
2.6.2 Indicadores	50
2.6.3 Os indicadores e a eficiência energética	52
3. METODOLOGIA DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS COM ÊNFASE EM INDICADORES ENERGÉTICOS	55
3.1 DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO QUANDO AO CONFORTO AMBIENTAL	56
3.1.1 Caracterização da edificação	56
3.1.2 A caracterização do clima da cidade e microclima do sítio da edificação	56
3.1.3 Medições das variáveis ambientais	57
3.1.3.1 Escolha dos ambientes internos	57
3.1.3.2 Os instrumentos utilizados e as rotinas	57
3.1.3.3 Avaliação dos dados	58
3.2 OPINIÃO DO USUÁRIO	58
3.2.1 Observação comportamental	58
3.2.2 Entrevistas específicas	58
3.2.3 A elaboração e aplicação de questionários	59
3.2.3.1 Amostras	59
3.2.3.2 Tratamento dos dados sobre a opinião do usuário	60
3.2.3.3 Aspectos que influenciam na avaliação comportamental	60
3.3 ESTUDO DE DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO QUANTO AO CONSUMO DE ENERGIA	62
3.3.1 Macrodados energéticos	62

3.3.2	Levantamento dos sistemas	62
3.3.2.1	O cadastro das potências instaladas	62
3.3.2.2	Obtenção das rotinas de uso	63
3.4	INDICADORES ENERGÉTICOS	63
3.4.1	Os indicadores energéticos da edificação	64
3.4.1.1	Procedimentos de cálculo	65
3.4.2	Indicadores de referência	66
3.4.2.1	Indicadores específicos dos sistemas elétricos instalados	66
3.4.2.2	Indicadores da literatura e de simulação.	71
3.4.2.3	Indicadores Qualitativos	71
3.5	PESQUISA E CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS	71
3.5.1	O SIG	72
3.5.1.1	O SIG e a Eficiência energética	73
3.5.2	Definição do software tipo SIG	74
3.5.3	Procedimentos para construção do banco de dados no Arcview.	75
3.5.3.1	Banco de dados da edificação	75
3.5.3.2	As plantas temáticas	75
3.6	RECOMENDAÇÕES: APLICAÇÃO, ACOMPANHAMENTO E REVISÃO.	77
4.	<u>APLICAÇÃO DA METODOLOGIA – CASO ESCOLA POLITÉCNICA</u>	78
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	78
4.1.1	Histórico da edificação - Escola Politécnica	78
4.1.1.1	O projeto arquitetônico da nova Escola	79
4.1.2	A edificação atual	84
4.2	ESTUDOS DO DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO QUANDO AO CONFORTO AMBIENTAL	86
4.2.1	Caracterização do Clima de Salvador	86
4.2.2	A Bioclimatologia aplicada à cidade de Salvador	88
4.2.3	O Clima e a edificação	90
4.2.3.1	As medições das variáveis ambientais	91
4.2.3.2	Outros estudos	96
4.3	OPINIÃO DO USUÁRIO	96
4.3.1	Definição das amostras	96
4.3.2	Período de aplicação	97
4.3.3	Condições do tempo	98
4.3.4	Tratamento das enquetes	98
4.3.4.1	Os extratos da população	98
4.3.4.2	Questionário	98
4.3.5	Avaliação dos resultados da enquete	101
4.4	ESTUDO DE DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO QUANDO AO CONSUMO DE ENERGIA	102
4.4.1	A edificação e a energia	102
4.4.2	As instalações elétricas	104
4.4.2.1	As fontes de energia	104
4.4.2.2	As instalações prediais de alta tensão	104
4.4.2.3	Histórico de consumo de energia elétrica	104
4.4.2.4	Histórico dos contratos de tarifação COELBA	106
4.4.3	Levantamento das potências instaladas	107
4.4.3.1	Período do cadastro e participantes	107
4.4.3.2	Os sistemas de iluminação	108
4.4.3.3	Climatização	109
4.4.3.4	Os equipamentos de informática	109

4.4.3.5	Equipamentos e motores	110
4.4.4	Rotinas de uso e ocupação dos ambientes e das potências instaladas	110
4.4.5	Indicadores da edificação	112
4.4.5.1	A demanda e o consumo estimados de energia da Escola.	112
4.4.5.2	A Demanda e o consumo estimados desagregados por uso Final	113
4.4.6	Dos ambientes	115
4.4.7	Discussão dos indicadores apresentados	122
4.4.8	As salas de aula	123
4.4.8.1	Salas de aula especiais	124
4.4.9	Laboratórios e escritórios	125
4.5	INDICADORES DE REFERÊNCIA	127
4.5.1	Iluminação	127
4.5.1.1	A eficiência luminosa e rendimento	127
4.5.1.2	Referências da literatura	127
4.5.1.3	Cálculos teóricos - Simulação em softwares de iluminação.	128
4.6	RECOMENDAÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICAÇÃO	130
4.6.1	Iluminação	131
4.6.1.1	Minimização do consumo de iluminação no período diurno	131
4.6.1.2	Sistemas de iluminação com consumo tendendo a zero	133
4.6.2	Climatização	135
4.6.2.1	Minimização dos sistemas de climatização	135
4.6.2.2	Os sistemas de ar condicionado na edificação	136
4.6.3	Equipamentos de Informática	137
4.6.3.1	Desempenho dos sistemas	138
4.6.3.2	Reestruturação do ambiente de trabalho e comportamento	141
4.6.4	Outros equipamentos	143
4.6.5	O acompanhamento e revisão	145
4.6.6	A automação da edificação	146
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
5.1	O USO DOS INDICADORES	147
5.2	CASO ESCOLA POLITÉCNICA	148
REFERÊNCIAS CITADAS		152
BIBLIOGRAFIA		159
GLOSSÁRIO		163
APÊNDICE A: GRÁFICOS MEDICÕES DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS		171
APÊNDICE B: PLANTAS TEMÁTICAS		184
ANEXO A: MODELO DA ENQUETE APLICADA		217

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A questão energética é uma preocupação mundial. O crescimento das cidades associado às políticas de consumo sem considerar o esgotamento dos recursos naturais vem levando as sucessivas crises de energia, com seus efeitos sobre o meio ambiente, a economia e o bem estar da sociedade.

Com a vigência do *Protocolo de Kioto*, as emissões atmosféricas decorrentes da queima de combustíveis fósseis convidam a refletir sobre a importância de medidas de redução do desperdício. Por isso, a minimização do consumo e conseqüente a diminuição das demandas energéticas vem se mostrando como uma saída para a permanência dos sistemas de produção de energia sem grandes ampliações, evitando os efeitos ambientais e sociais gerados.

A crise da energia elétrica experimentada recentemente pelo o Brasil, juntamente com outros países da América Latina, levou a períodos de racionamento de energia elétrica ocasionada não apenas por fatores hidrológicos, mas principalmente pela falta de planejamento, bem como pelo elevado nível de ineficiência e desperdício de diversos setores.

Tomando como referência dados do Balanço Energético Nacional de 2006 quanto ao uso final, o consumo em todos os setores desde a década de 70 até os dias atuais vem aumentando em larga escala (Gráfico 1). A produção de energia elétrica em centrais de serviço público e auto-produtoras atingiu 402,9 TWh em 2005, superando em 4% o ano anterior (BRASIL, 2006).

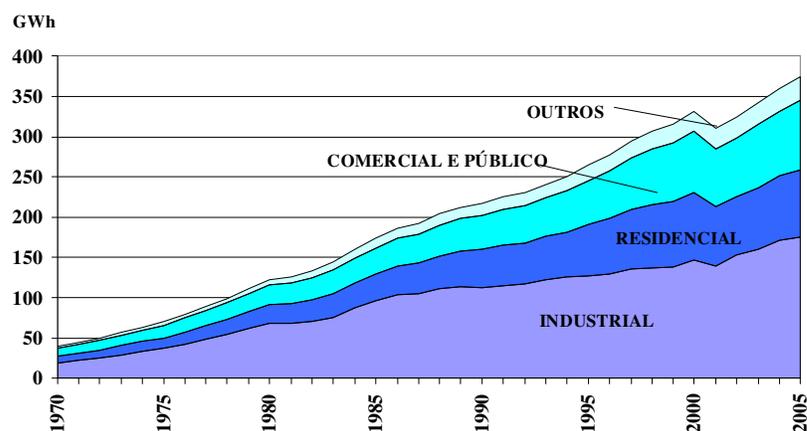


Gráfico 1: Evolução dos consumos setoriais do Brasil, período de 1970 a 2005.

Fonte: Brasil, 2006.

As ações governamentais caminham para soluções que vão desde a construção de novas usinas hidrelétricas e termoelétricas, à conclusão e melhoramento dessas unidades produtoras. Passam também pela implementação de alternativas - a exemplo do gás natural e biocombustíveis - e de campanhas de combate ao desperdício, obtenção de eficiência energética nas edificações e incentivos a equipamentos com maior eficiência.

Diante do exposto, verificamos que a questão energética no ambiente construído considerando os usos finais é um tema que está na agenda mundial e brasileira. Porém, esse não é o único fator que justifica a proposição desta dissertação.

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética, “há poucos estudos sobre o potencial de aumentar a eficiência energética no Brasil. Os que estão disponíveis sofrem limitações – ou por ser muito genéricos e teóricos, ou desatualizados” (INSTITUTO..., 2001. p. 6). Portanto, há de se considerar uma demanda por proposições.

Partindo do pressuposto de que as ações ambientais nos diversos campos buscam a eficiência dos sistemas considerando o uso de indicadores de desempenho, constata-se que, no Brasil, não existem tais ferramentas normalizadas para o ambiente construído, sendo necessário recorrer a padrões americanos e europeus.

Com o objetivo de atender a essa demanda, existem trabalhos em desenvolvimento buscando estabelecer índices compatíveis à realidade nacional e que levem à aferição do desempenho energético de edificações, com vistas à certificação.

Como as edificações possuem particularidades de uso e ocupação, tipologia, e condições ambientais, a proposição de uma metodologia para obtenção de indicadores de desempenho locais, que promova eficiência energética nas edificações traz contribuições para a implementação de indicadores no ambiente construído.

Nesse contexto, buscando a realização de um estudo de caso no qual a metodologia proposta fosse aplicável na prática, o setor público pode ser considerado o que tem maior urgência por soluções.

Esse setor é constituído, em grande parte, por edifícios antigos, construídos sob o pensamento dos recursos naturais ilimitados. Vêm sofrendo com a falta de conservação, mudança de uso, sucessivas reformas, ampliações e incremento dos aparelhos de informática na rede atual, aliados às ações comportamentais.

O setor representa 8,7% do consumo total de energia elétrica no Brasil. O consumo é crescente e vem atingindo maior proporção a partir da década de 90. O Gráfico 2 demonstra que de 1990 a 2000, o consumo desse setor aumentou de 1.559 para 2.510×10^3 tEP havendo um declínio em 2001, período do racionamento, voltando a crescer atingindo 2.815×10^3 tEP (BRASIL, 2006).

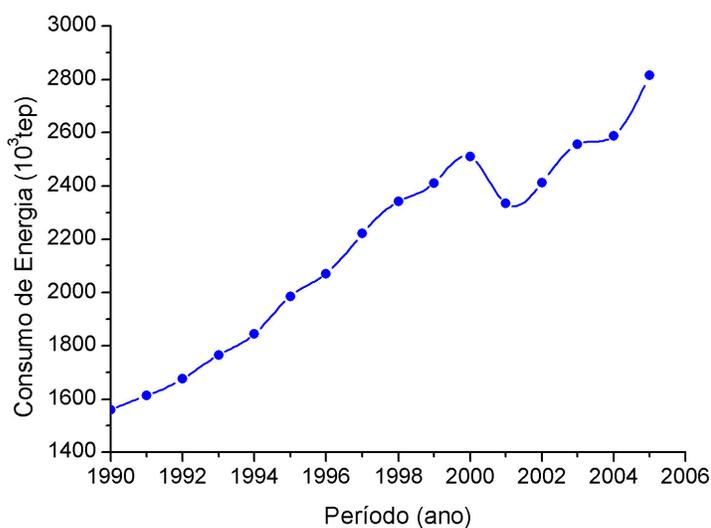


Gráfico 2: Consumo de energia elétrica do setor público no período de 1990 a 2006 (adaptado).
 Fonte: Brasil, 2006.

Preocupado com esse crescimento, o governo expediu determinações específicas para as instituições públicas. O decreto presidencial número 3.330, de 6 de janeiro de 2000, dispõe sobre a redução do consumo de energia elétrica em prédios públicos. Já o decreto de número 4.131, de 14 de fevereiro de 2002, o complementa, apresentando medidas de redução do consumo de energia elétrica.

A regulamentação trouxe a meta à redução do consumo de energia nessas edificações em 85% da média do consumo mensal, tendo por referência o mesmo mês do ano 2000, a partir de fevereiro de 2002. Considerando o Gráfico 2, pode-se afirmar que os índices esperados não foram alcançados.

A escolha do setor público tem como fator motivador a aplicação dos estudos no campus da UFBA, provendo melhorias.

O conjunto da UFBA é composto de 40 subestações em unidades e órgãos. Desse complexo, a Escola Politécnica representa a terceira maior demanda de energia elétrica (Gráfico 3), 5% da demanda contratada da instituição.

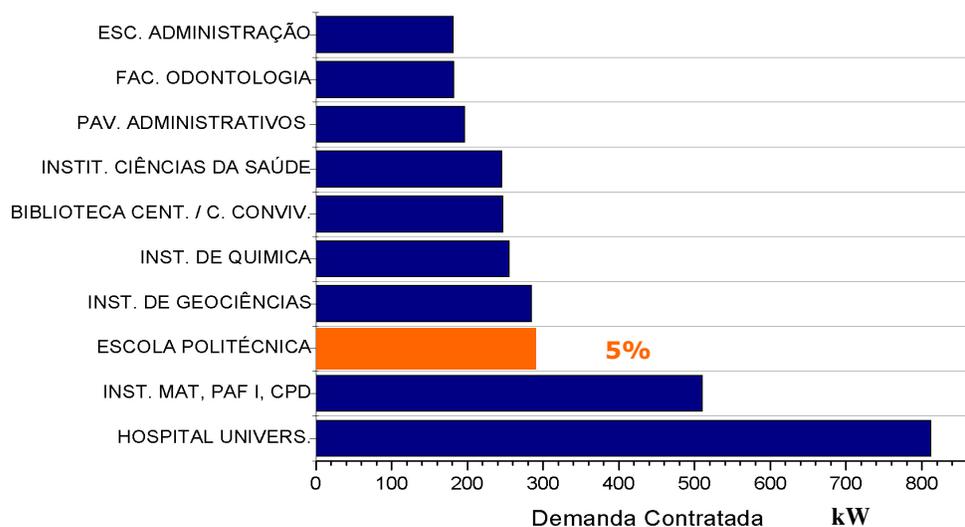


Gráfico 3: As dez maiores Demandas da UFBA de energia elétrica
 Fonte: UFBA - Prefeitura do Campus.

As duas maiores demandas, o hospital Universitário e Pavilhão de aulas da Federação (PAF), são constituídos por um conjunto de edificações, enquanto que a Escola pode ser considerada um prédio único, isso faz da Politécnica um espaço propício para investigações.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia para obtenção de indicadores de eficiência energética no ambiente construído, visando a ecoeficiência da edificação e a gestão dos sistemas em função de variáveis arquitetônicas, climáticas e de conforto do usuário.

Como objetivo específico, pretende-se contribuir para o processo de efficientização do campus da UFBA com o estudo de caso Escola Politécnica; obtenção de indicadores da edificação, construção de um banco de dados digital, recomendações de eficiência energética e validação da metodologia proposta.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O capítulo 2, intitulado: “O meio ambiente, a energia e a eficiência energética” tem como objetivo introduzir alguns conceitos atuais sobre o meio ambiente e energia, abordando princípios e métodos que foram tomados como referência para a proposta metodológica.

O capítulo inicia com um breve relato sobre a trajetória das questões ambientais e Produção Limpa. Em seguida, a energia vista como uma demanda ambiental e os métodos de obtenção de eficiência no ambiente construído, com ênfase nas empresas que prestam serviços de energia e na literatura bioclimática. E, por fim, a normalização da eficiência energética em edificações e os indicadores, conceitos e aplicações.

O capítulo 3: “Metodologia de Eficientização Energética de Edifícios Públicos com ênfase em indicadores energéticos”, apresenta o método proposto para obtenção dos indicadores da edificação, baseados nos princípios bioclimáticos, tecnologias de conforto ambiental e Avaliação Pós Ocupação (APO).

O capítulo 4: “Aplicação da metodologia”, contempla a validação da metodologia, demonstrando no caso “Escola Politécnica” as recomendações para a edificação.

Em especial, nesse capítulo, encontra-se o item 4.1.1: “Histórico da edificação - Escola Politécnica que faz uma homenagem¹ à Escola Politécnica, resgatando sua história, e ao Prof. Diógenes Rebouças, arquiteto, professor da Faculdade de Arquitetura e autor do projeto da Escola.

A pesquisa realizada contempla desde a seleção e digitalização sob a forma de escaneamento das plantas originais da Escola, que se encontrava em estado de degradação na mapoteca; digitalização do álbum de fotos da época da inauguração (Escola Politécnica, 1960); até o registro da Escola atual, realizado pelo repórter fotográfico Antônio Saturnino. O

¹ Homenagem idealizada pelo Prof. Orientador Ednildo Torres e realizado com recursos próprios, oriundos do Laboratório de Energia e Gás.

objetivo foi tornar público o acervo de plantas, divulgar o projeto realizado pelo Prof. Diógenes Rebouças e contribuir para a perpetuação da memória da Escola.

Capítulo 5: Por fim, a avaliação do método proposto e os resultados alcançados na Escola Politécnica.

Para melhor compreensão dos termos técnicos utilizados nesta dissertação, foi dedicado um glossário, realizado a partir da seleção de termos e conceitos aqui empregados.

2. O MEIO AMBIENTE, A ENERGIA E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O final do século XX foi marcado por uma nova percepção da sociedade quanto à sua forma de apropriação dos recursos naturais disponíveis. Esse “*foi o começo do fim da nossa guerra contra a terra*”. (LOVINS e outros, 2001, p.1)

A rápida expansão da produção industrial e dos seus impactos obrigou o aprimoramento da relação produção-meio ambiente. O meio ambiente passa a ser visto não apenas como um conglomerado de corpos receptores. A preservação da natureza torna-se um valor em si mesmo. Além disso, novas funções são reconhecidas. A natureza como fornecedora de recursos, renováveis ou não, cuja preservação se constitui um pré-requisito para a continuidade do processo produtivo. A natureza como fornecedora de informações fundamentais para o desenvolvimento tecnológico. (KIPERSTOK, 1999, p.50)

A Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano em Estocolmo, 1972 trouxe a boa nova e marca o final do século XX anunciando novos tempos, no qual o homem passa a ter consciência da sua condição de modificador da natureza e assume um compromisso com as questões ambientais no planeta. A Conferência Mundial do Meio Ambiente no Rio de Janeiro – Eco 92 define o caminho para o desenvolvimento sustentável. A partir desse momento, o homem deve modificar a natureza considerando as gerações futuras. Um desafio grandioso, para alguns, mas enigmático para outros!

2.1 PRODUÇÃO LIMPA

Buscando respostas para o desafio de sustentabilidade lançado, o *Greenpeace* (organização ambientalista internacional) apresentou como proposta a *Clean Production* (Produção Limpa), a partir de 1989 pela agência da ONU, no Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – *PNUMA*, como um princípio que busca a sustentabilidade.

Nesse contexto, a Produção Limpa pode ser definida como:

“Modelo de administração industrial para reorientar a produção de bens e serviços, segundo a visão atual de Sistema de Produto”. (FURTADO, 2000, p.4)

Processo - atóxico, energia-eficiente; utilizador de materiais renováveis, extraído de modo a manter a viabilidade do ecossistema e da comunidade fornecedora ou, se não-renováveis, passíveis de reprocessamento atóxico e energia-eficiente; não poluidor durante todo o ciclo de vida do produto; preservador da diversidade da natureza e da cultura social; promotor do desenvolvimento sustentável.

“Produto – durável e reutilizável; fácil de desmontar e remontar; mínimo de embalagem; utilização de materiais reciclados e recicláveis.” (GREENPEACE apud: FURTADO, 2000, p.5)

A utilização de tecnologias, que propiciem um menor consumo de recursos naturais (água, energia e outros produtos), minimização dos resíduos, dos riscos e dos impactos ambientais, através dos princípios da eco-eficiência e da precaução (...) envolve um conjunto de medidas relativas à produção e consumo, tais como: boas práticas operacionais e adoção de medidas para evitar perdas, armazenamento e disposição adequada de resíduos; redesenho de produtos e processos produtivos, fechamento de insumos e recuperação de insumos; minimização uso eficiente de matérias-primas e energia; substituição de substâncias tóxicas, etc. (ANDRADE e outros, 2001, p.328)

A produção limpa baseia-se em princípios pautados em ecologia e sustentabilidade, tendo em vista agregar ganhos ambientais, econômicos e sociais com o uso racional dos recursos naturais. Defende a implantação de instrumentos orientadores da questão ambiental como: adoção do conceito de eco-eficiência, fator X, *benchmarking*, abertura de informações, Análise do Ciclo de Vida (ACV) dos produtos e processos, *eco-design*, sistemas de certificação de produto e processos (selo-verde), atendimento a padrões de desempenho ambiental, sistemas voluntários de auto-regulação, minimização dos impactos e mudança de comportamento dos usuários e fomento às inovações.

2.1.1 Eco-eficiência e o Fator X

O Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável / World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) define Ecoeficiência como: *“produtos e serviços a preço competitivo que satisfaçam as necessidades humanas e garantam a qualidade de vida, ao mesmo tempo em que, progressivamente, reduzam os impactos ambientais e a demanda por recursos naturais ao longo do seu ciclo de vida, a um nível no mínimo igual à capacidade de suporte da Terra”* (WORLD ..., 2003, p.7).

A ecoeficiência é uma estratégia empresarial que visa o incremento de novas alternativas tecnológicas e comportamentais agregando resultados econômicos e ambientais.

Para obtenção de Ecoeficiência, torna-se importante: 1. reduzir a demanda de materiais; 2. reduzir a demanda de energia; 3. reduzir a dispersão de substâncias tóxicas; 4. aumentar a reciclabilidade; 5. maximizar o uso de recursos sustentáveis; 6. estender a vida dos produtos; 7. aumentar a intensidade dos serviços (WORLD ..., 2003, p. 7).

A velocidade das transformações necessárias para uma reversão do processo de degradação ambiental ou porte desse desafio da redução do impacto pode ser denominada Fator.

Como exemplo, na ordem de grandeza de redução do impacto ambiental de 4 a 10 vezes em um horizonte de 30 a 50 anos tem-se Fator 4, Fator 10. O fator de desempenho da produção tem em vista a obtenção de ganhos com a ecoeficiência dos sistemas e processos.

2.1.2 Design para o ambiente e a compra verde

O *Ecodesign* ou *Design* para ecoeficiência é uma maneira de projetar que relaciona as questões ambientais com as projetuais. Pressupõe o desempenho do design com objetivos ambientais, ou seja, o meio ambiente ajuda a definir as decisões do design, com qualidade, funcionalidade, ergonomia e estética.

O *ecodesign* considera o ciclo de vida dos produtos e premissas de reutilização, reaproveitamento e redução. Tem o objetivo de diminuir o impacto ambiental do produto ou trazer um impacto positivo, com menos lixo e menos emissões de carbono na atmosfera, dotado materiais menos poluentes com o princípio de minimização dos recursos naturais.

Já a compra verde consiste em um incentivo à aquisição de produtos ecoeficientes, agregando as questões econômicas e ambientais.

2.1.3 Indicadores ambientais e as estratégias de *Benchmarking* ambiental

Os Indicadores de Sustentabilidade Ambiental (ISA) são ferramentas de avaliação da realidade ambiental e de suas tendências de mudança, implementação e monitoramento a caminho do desenvolvimento sustentável (AGRA FILHO e outros 2005).

O seu estabelecimento está intrinsecamente relacionado às estratégias de *Benchmarking*, processo sistemático de medir o desempenho de processos ou produtos, e comparar com outros considerados como as melhores práticas.

Tem em vista o melhor nível de desempenho alcançado por um processo ou atividade, sendo utilizado como um padrão a seguir ou buscar. Ou seja, sustentação de níveis superiores de desempenho e superação dos indicadores estabelecidos com o implemento das modificações tecnológicas e comportamentais definidas pela empresa ou instituição. O tema indicador será amplamente explorado no decorrer da dissertação.

2.1.4 Avaliação do Ciclo-de-Vida - ACV

A ISO 14040 estabelece as bases para a Avaliação do Ciclo de Vida, e tem em vista avaliar os impactos ambientais associados ao produto.

Segundo a Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia - SETAC, ACV é:

“Processo para avaliar as cargas associadas com um produto, processo ou atividade, através da identificação e quantificação da energia e materiais usados e resíduos liberados; acessar o impacto da energia e materiais liberados no ambiente; e identificar e avaliar as oportunidades que afetam o melhoramento ambiental (...) durante todo o ciclo de vida do produto ou atividade, envolvendo a extração e processo de matérias-primas brutas, manufatura, transporte, distribuição, uso, reuso, manutenção, reciclagem, e destinação final.” (GRAEDEL e ALLENBY,1995, p.108).

2.1.5 Auto-regulação e Sistemas de certificação (selo-verde)

A auto-regulação tem como fomento a utilização do conceito de “Responsabilidade Social Corporativa”. Andrade, Kiperstok e Marinho (2001) apontam que as iniciativas voluntárias podem ser promovidas por agentes governamentais e econômicos com objetivos específicos ou códigos, programas e normas ambientais que promovam responsabilidade, padronização e indicadores. Os sistemas de certificação são instrumentos de auto-regulação que selecionam e padronizam grupos de serviços, processos e produtos.

Como exemplo de iniciativas voluntárias, o *Green Light Program* incentivado pela *US Environmental Protection Agency - USEPA*, em incentivo à prática de racionalização de energia nos EUA; o Selo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) em incentivo a aparelhos eficientes e normas de adesão voluntária, como a série a *International Organization for Standardization - ISO*.

2.1.6 Inovação

Inovação tecnológica é a primeira aplicação comercial bem sucedida de uma nova idéia técnica. Por definição, ocorre em instituições, basicamente em empresas privadas que buscam o lucro, que competem no mercado. Inovação deve ser distinguida de invenção, que é o desenvolvimento de uma nova idéia técnica, e de difusão, que é a subsequente adoção, amplamente espalhada, de uma inovação por aqueles que não a desenvolveram. Distinguir entre inovação e difusão é complicado devido ao fato de que inovações raramente podem ser adotadas por novos usuários sem serem modificadas. Quando as modificações são extensivas, elas podem resultar em nova inovação. (NICHOLAS ASHFORD, 2000 *apud* KIPERSTOK, 2002 e outros, p. 3).

As expectativas humanas de superar os desafios ambientais permeiam pela busca e estabelecimento de inovações, aqui considerado requisito para o desenvolvimento sustentável.

2.2 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O uso da energia da sociedade passa uma série de etapas que vai desde o estágio que ela é encontrada na natureza (energia primária) até os serviços energéticos que interessam como luz, movimento ou calor. Melhorar a eficiência significa reduzir o consumo de energia primária necessário para produzir um determinado serviço de energia. A redução pode acontecer em qualquer etapa da cadeia das transformações. Pode também ocorrer devido à substituição de uma forma de energia por outra no uso final. (INSTITUTO ... , 200, p. 5).

Segundo Nogueira (PROGRAMA ..., 2001), a necessidade do uso racional da energia emergiu na década de setenta, com a difusão do conceito de sustentabilidade dos sistemas energéticos associados à elevação dos preços dos combustíveis com a crise do petróleo.

Como consequência da crise, a década de oitenta foi marcada pela difusão de análises energéticas, ou auditorias energéticas, impulsionadas pela segunda crise do petróleo e por medidas governamentais.

No Brasil, o setor industrial foi o primeiro setor a buscar medidas de conservação e substituição dos derivados de petróleo com o programa *Conserve*, que tinha como foco a redução de energéticos importados. Neste momento, ocorre a formação das Comissões Internas de Conservação de Energia (CICE's – Portaria CNP/ Diplan 255/81), com cotas de consumo para óleo e lenha.

A substituição de derivados de petróleo por excedentes de energia elétrica para produção de calor desencadeou o processo de crise do setor elétrico.

Em 1985, o governo cria o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, dando maior difusão às análises energéticas. As empresas concessionárias também criaram programas de incentivo à redução do consumo de energia.

A questão da eficiência energética ganha maior destaque na década de 90, com a Conferência Mundial do Meio Ambiente no Rio de Janeiro – Eco 92, que discutiu a questão do aumento das emissões, e que entre outros resultados, propiciou um acordo internacional sobre Mudanças Climáticas.

Nesse sentido, a eficiência energética se institucionaliza, na maioria dos países, por meio da criação de agências e/ou de legislação específica que exige padrões mínimos de eficiência nos diversos setores.

Algumas agências se vinculam diretamente aos órgãos ambientais, enquanto outras se situam no âmbito das instituições federais de energia, tendo como estratégia o cumprimento das metas de redução do consumo de combustíveis fósseis e da produção de gases causadores do efeito estufa.

Os Programas de Eficiência Energética no Brasil não têm sido priorizados continuamente ao longo do tempo. É possível constatar que são mais intensos nos momentos de crise energética, como a que se instala no país em 2001, durante a qual as regiões brasileiras alcançaram índices superiores a 20% de redução de energia.

2.3 O MERCADO DE SERVIÇO DE ENERGIA

O crescimento da demanda de energia associado à expansão dos movimentos ambientais e a crise energética abriu um novo mercado de serviços de energia, dentre eles o de identificar oportunidades de conservação, implantar projetos de redução de energia, além de outros serviços.

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (2001), diversos tipos de empresas prestam serviços de eficiência energética. Dentre elas, empresas de engenharia e arquitetura; empreiteiros de sistemas elétricos, mecânicos e de iluminação; empresas de administração e manutenção; e as Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCO`s).

O termo ESCO (em inglês Energy Service Company), foi adaptado para o Brasil como ESSE, Empresa de Serviço de Energia. No inglês, a sigla ESCO tem um significado restrito e refere-se a empresas que vende projetos de otimização de energia com contratos de risco, com garantias sobre custos para implementação e resultados. A remuneração das empresas é feita a partir dos ganhos do projeto, com algumas variantes (POOLE e GELLER, 1997).

No Brasil são empresas de contrato com preço fixo, sem assumir os riscos do projeto. Poucas aplicam contrato de risco, com participação nas economias. São empresas, na maioria, de pequeno porte. (POOLE e GELLER, 1997)

Poole e Geller apontam que os serviços prestados tendem a se especializar conforme a experiência dos responsáveis técnicos de cada ESE. As principais áreas de especialização são: *“iluminação, sistemas de ar condicionado, sistemas de controle predial, sistemas de água e esgotamento sanitário, auditorias em prédios públicos e “retrofits”, cogeração em pequena escala.”* E prestam também outros serviços referentes à energia como: *“renegociação de contratos de energia; auditoria energética; redução da demanda na ponta; correção do fator de potência; sistemas de controle predial, sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado; melhora de qualidade da energia; aumento de tensão; melhoria de processos industriais; treinamento de pessoal; programas de operação e manutenção; monitoramento e banco de dados;”* Medição e Verificação (M&V) (POOLE e GELLER, 1997, p.18.).

Os serviços de energia são setores em expansão em função das novas demandas energéticas e de sustentabilidade. Como não possuem certificação e a maioria das ESEs são de pequeno porte, faltando um corpo técnico com formação diversificada, isso leva à falta de credibilidade. (POOLE e GELLER, 1997)

Na busca de uma identidade, as ESEs se uniram em uma associação: a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO) fundada em 1997. Segundo o seu *website*, possui atualmente 48 associados, dos quais 39 têm seus dados divulgados, sendo distribuídos na seguinte proporção pelo país: Brasília (1), Bahia (3), Ceará (1), Minas Gerais(1), Pará (2), Paraná (2), Rio de Janeiro (4), Rio Grande do Sul (3), São Paulo (22). (ASOCIAÇÃO ... , 2005) A instituição conta com o apoio do Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE, organização não-governamental promove estudos sobre energia.

2.3.1 Os principais serviços prestados pelas ESCOs

2.3.1.1 Diagnóstico Energético

O Diagnóstico Energético consiste em uma série de procedimentos que permitem identificar os pontos críticos e apresenta proposições de melhorias nos sistemas.

Para o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (2001, p. 95), Diagnóstico Energético é a “*análise sistemática dos fluxos de energia em um sistema particular, visando discriminar as perdas e orientar um programa de uso racional dos insumos energéticos.*”.

Os métodos para obtenção das melhorias variam em função do uso da edificação, dos sistemas energéticos existentes e principalmente pela formação profissional da equipe que participa do diagnóstico.

O Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (2001, p.102) apresenta sintetizada na Figura 1 as etapas de um diagnóstico energético.

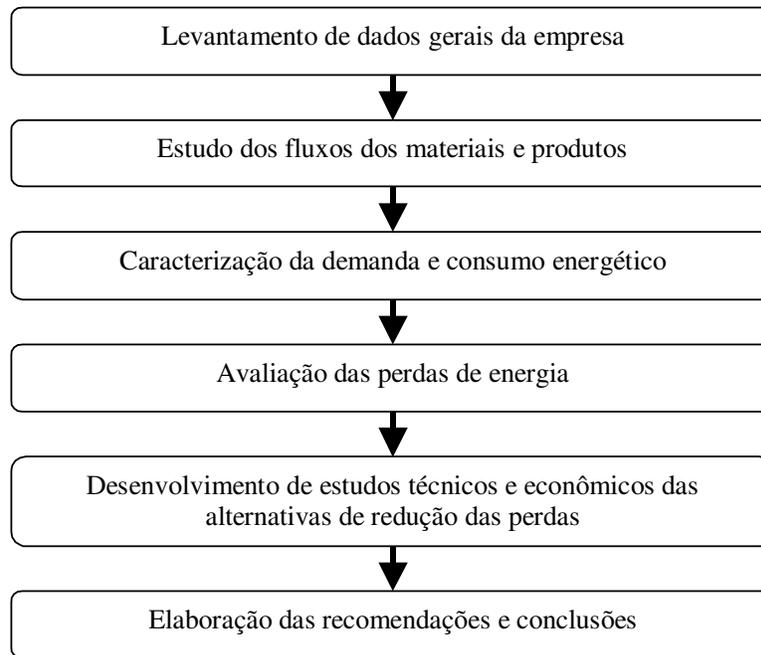


Figura 1: Fluxograma das etapas de uma diagnóstico energético (adaptado).

Fonte: (PROGRAMA ..., 2001, p. 102)

O fluxograma apresenta o diagnóstico tradicional, que considera apenas os sistemas energéticos. Ainda neste capítulo, no item 2.5.1, encontra-se o fluxograma da *APO energética* que considera outras variáveis no processo, como arquitetura, o clima e o usuário.

2.3.1.2 O retrofit

O termo *retrofit* é utilizado para designar reformas nos sistemas energéticos das edificações tendo em vista a racionalização de energia.

Segundo Ghisi e Lambert (1998), a metodologia das reformas baseia-se na determinação de usos finais de eletricidade na edificação, na avaliação do atual sistema de iluminação artificial e nos ganhos de iluminação natural, na reelaboração do projeto luminotécnico considerando o potencial de racionalização de energia elétrica, estudo econômico do retrofit e “*pós-retrofit*”.

O retrofit inicia-se com um diagnóstico energético, contemplando pontos possíveis de reformas e proposições como substituição de lâmpadas, luminárias, reatores, motores de elevadores e sistema de ar condicionado.

No período da crise energética, o retrofit tornou-se o termo da moda e passou designar as pequenas modificações nos sistemas, como troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes, mudanças de hábito, entre outras medidas de emergências, tendo o seu sentido real limitado a ações arbitrárias.

O INSTITUTO ..., (2004, p.3) ressalta:

A grande maioria dos edifícios desperdiça relevantes oportunidades de poupar energia... Quando se concebe um projeto integrado da edificação, ganhos significativos de sustentabilidade podem ser atingidos... Da mesma forma, técnicas de restauração de edifícios (“retrofits”) permitem aumentar substancialmente a eficiência energética de prédios existentes.

Considerando o *retrofit* como medidas embasadas com critérios objetivos, Dumke e outros. (1999) apresenta uma redução de consumo de aproximadamente 30% em edifícios existentes e aproximadamente 50% em prédios já projetados dentro dos conceitos de eficiência energética, em relação às edificações tradicionais.

2.3.1.3 Estudos da Tarifação das contas de energia

A tarifação é um instrumento legal desenvolvido para realizar a cobrança de energia aos consumidores. No Brasil está regulamentada na Resolução 456 da ANEEL, publicada no Diário oficial de 29 de Novembro de 2000.

A Resolução 456 tem como objetivo “*consolidar e aprimorar as disposições vigentes relativas ao fornecimento de energia elétrica, com tarifas diferenciadas para a demanda de potência e consumo de energia, conforme os períodos do ano, os horários de utilização e a estrutura tarifária horo-sazonal*”; entre outros.

O estudo da tarifação vem sendo utilizado como um instrumento de redução dos gastos com a energia e a sua compreensão contribui na proposição de melhorias. Segundo o Manual do Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (2002, p. 5):

A conta reflete o modo como a energia elétrica é utilizada e sua análise por um período de tempo adequado permite estabelecer relações importantes entre hábito e consumo. Dadas as alternativas de enquadramento tarifário disponível para alguns consumidores, o conhecimento da formação da conta e dos hábitos de consumo permite escolher a forma de tarifação mais adequada e que resulta em menor despesa com a energia elétrica.

A resolução classifica os consumidores de energia pelo nível de tensão em que são atendidos. O Grupo B foi designado para a baixa tensão, em geral com 127 ou 220 Volts. Já o Grupo A, alta tensão, acima de 2.300V.

O Grupo B possui a tarifação *monômia*, isto é, o valor cobrado é calculado por meio do consumo de energia. Já o Grupo A tem tarifação *binômia*, pois são cobrados tanto pela demanda quanto pelo consumo de energia.

A tarifação binômia possui três alternativas tarifárias: Convencional, Horo-sazonal Verde e Horo-sazonal Azul (compulsória para tensão igual ou superior a 69 kV).

Na tarifa Convencional, o consumidor define um único valor de demanda que pretende utilizar (*Demanda Contratada*), independente da hora do dia ou período do ano. O valor da conta de energia é calculado considerando um preço único para Demanda e Consumo, e está expresso nas equações (Eq. 1, Eq. 2, Eq. 3) ²:

$$P_{Consumo} = Tarifa\ de\ Consumo \times Consumo\ Medido \quad \text{Eq. 1}$$

$$P_{Demanda} = Tarifa\ de\ Demanda \times Demanda\ Contratada \quad \text{Eq. 2}$$

$$P_{total} = P_{Consumo} + P_{Demanda} \quad \text{Eq. 3}$$

² As equações apresentadas foram extraídas do Manual PROCEL (2002). São equações simplificadas, não constando outros fatores como o índice de imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS).

Os consumidores que ultrapassam a *Demanda Contratada* pagam a *Tarifa de Ultrapassagem* que corresponde a três vezes a Tarifa de Demanda. O cálculo do valor a ser pago está expressa segundo a equação (Eq. 4) :

$$P_{ultrapassagem} = \text{Tarifa de ultrapassagem} \times (\text{Demanda Medida} - \text{Demanda Contratada})$$

Eq. 4

O valor total a ser pago passa a ser (Eq. 5):

$$P_{total} = P_{Consumo} + P_{Demanda} + P_{ultrapassagem}$$

Eq. 5

Na Tarifação *Horo-sazonal Verde*, o consumidor também determina uma *Demanda Contratada*, e existem tarifações diferentes para o Consumo considerando o período do dia e meses do ano.

O consumo medido *na ponta* refere-se ao consumo no período de três horas corridas do dia, definidas pela concessionária (com exceção ao sábado, domingo e feriados). A Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - COELBA definiu o horário *de ponta* 18:00 às 21:00 horas. O consumo fora de ponta refere-se aos demais horários do dia.

No ano, os meses são divididos em *período seco*, compreendidos de Maio à Novembro, e o período úmido, de Dezembro à Abril.

A Tarifa para o consumo de energia no período *de ponta* tem valor diferenciado e superior ao da tarifa *fora de ponta* e durante o ano, no período seco, algumas modalidades tarifárias possuem valor superior ao período seco.

O cálculo da conta da energia na Tarifação *Horo-sazonal Verde* é semelhante ao da tarifa convencional, diferenciando apenas no cálculo dos Consumos (Eq. 6, Eq. 2 e Eq. 3), sendo Eq. 6 :

$$P_{Consumo} = (\text{Tarifa de Consumo na ponta } X \text{ Consumo Medido na ponta}) + \text{Eq. 6}$$

$$(\text{Tarifa de Consumo fora de ponta } X \text{ Consumo Medido fora de ponta})$$

Para os consumidores que ultrapassam a demanda contratada, também são penalizados com a *Tarifa de Ultrapassagem* calculada pela equação (Eq. 4), tendo o valor total da conta expresso em Eq. 5.

A Tarifação *Horo-sazonal Azul* é uma modalidade que exige um contrato específico. O consumidor determina a *Demanda Contratada* e a tarifação considera preços diferentes para Consumo e Demanda. O cálculo da conta está expresso nas equações (Eq. 6, Eq. 7 e Eq. 3), sendo Eq. 7:

$$P_{Demanda} = (\text{Tarifa de Demanda na ponta } X \text{ Demanda Medida na ponta}) + \text{Eq. 7}$$

$$(\text{Tarifa de Demanda fora de ponta } X \text{ Demanda Medida fora de ponta})$$

E a *Tarifa de Ultrapassagem* é aplicada para os limites de ultrapassagem, que neste caso podem ser 5% ou 10%, a depender dos subgrupos determinados e é calculado segundo a equação (Eq. 8):

$$P_{ultrapassagem} = \text{Tarifa de ultrapassagem na ponta } X$$

$$(\text{Demanda Medida na ponta} - \text{Demanda Contratada na ponta}) +$$

$$\text{Tarifa de ultrapassagem fora de ponta } X$$

$$(\text{Demanda Medida fora da ponta} - \text{Demanda Contratada fora da ponta}) \text{ Eq. 8}$$

Para simplificar a compreensão das tarifações, Hadad e Gama (PROGRAMA ... , 2001) desenvolveram a tabela Resumo de Faturamento Tarifário a seguir.

Tabela 1: Tabela Resumo do Faturamento Tarifário

	AZUL	VERDE	CONVENCIONAL
Demanda (KW)	Um preço para ponta Um preço fora de ponta	Preço único	Preço único
Consumo (kWh)	Um preço – ponta - período úmido Um preço – ponta - período seco Um preço – fora de ponta - período úmido Um preço – fora de ponta - período seco		Preço único

Fonte: Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica , 2001.

2.4 A ARQUITETURA, O CLIMA E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

Na trajetória humana de sobrevivência e perpetuação da espécie, o ambiente construído sempre foi condicionado pelo princípio de aproveitar as características desejáveis do clima e evitar as indesejáveis, para proteção das intempéries e realização das atividades humanas. Como exemplo, a arquitetura vernacular, dos iglus dos pólos às ocas dos índios tropicais, a arquitetura está intrinsecamente relacionada ao clima.

No entanto, em um determinado momento, esta lógica foi mudada. Diversos autores, Mascaró (1983), Lambert, Dutra e Pereira (1997), atribuem a uma série de acontecimentos históricos, associados às transformações econômicas, sociais e tecnológicas no período da Revolução Industrial que culminaram, nos anos cinquenta, com o Movimento Moderno, no qual se criou um estilo internacional de arquitetura reproduzido pelo mundo, que a distanciou das características culturais e climáticas locais.

O resultado desta produção são edifícios com envolventes envidraçadas, utilizando em larga escala sistemas de iluminação e climatização artificiais, apresentando elevado consumo de energia e algum tipo de desconforto ao usuário.

A arquitetura contemporânea, reflexo de sociedade da informação, possui como característica a individualidade, pluralidade e independência formal de estilos. Nesse

contexto, identificam-se duas vertentes: a primeira de edifícios concebidos com a lógica dos recursos naturais ilimitados, aplicando materiais e estilos da arquitetura internacional e uma segunda que considera as relações existentes ente ambiente construído, conforto do usuário e consumo de energia.

As características da edificação são determinadas durante a sua concepção, ou seja, durante o projeto e determinam o seu desempenho energético. Para Santamouris e outros (1995), o projeto arquitetônico deve apontar para soluções que minimizem o uso de “fontes artificiais” de energia, ao tempo em que procuram obter maior eficiência dos sistemas mecânicos, nas suas dimensões, operação e manutenção, o que pode representar em menor consumo de energia, com resultados similares para as condições de conforto. Para eles, a tarefa mais importante é harmonizar a edificação e seus sistemas mecânicos em cada aspecto do conforto ambiental, do balanço de energia, da construção e da operação.

2.4.1 A bioclimatologia

Na década de 60, em um momento de esplendor da arquitetura de estilo internacional e da crise energética, surgiram os primeiros estudos considerando o conforto térmico humano no ambiente construído. Os irmãos Olgyay, precursores da Bioclimatologia aplicada arquitetura, criaram o diagrama bioclimático, ferramenta que apresenta estratégias de projeto para adequação da arquitetura ao clima.

O diagrama de Olgyay possui dois eixos, sendo o vertical das temperaturas e o horizontal das umidades relativas com dados climáticos obtidos no exterior da edificação e identifica estratégias arquitetônicas para alterar a sensação climática no interior da edificação.

Givoni (1992), em continuidade aos trabalhos de Olgyay desenvolve a carta bioclimática para edifícios, construída a partir do diagrama psicrométrico (relaciona temperatura do ar e umidade relativa) e considerando dados do ano climático de ambientes internos da localidade (Figura 2).

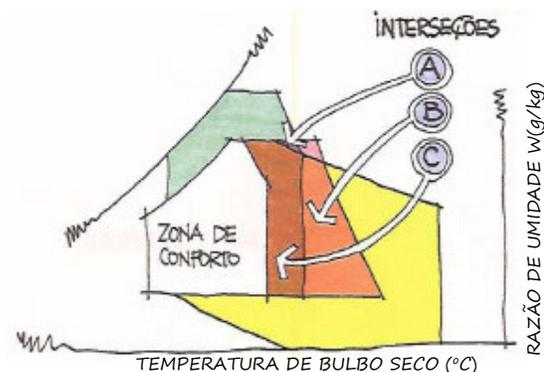


Figura 2: Esquema - diagrama bioclimático (adaptado).

Fonte: Lambert, Dutra e Pereira (1997, p.111).

A carta bioclimática de Givoni identifica nove zonas com estratégias construtivas para adequação da arquitetura ao clima. São elas: 1- Conforto; 2- Ventilação; 3- Resfriamento evaporativo; 4- Massa térmica para resfriamento; 5- Ar condicionado; 6- Umidificação; 7- Massa térmica para aquecimento; 8- Aquecimento solar passivo; 9- Aquecimento artificial.

Goulart, Lambert e Fimino. (1997) e Lambert, Dutra e Pereira (1997) desenvolveram as cartas bioclimáticas de 14 cidades brasileiras utilizando dados do Ano Climático de Referência (Test Reference Year – TRY) e o programa Analysis, obtendo-se estratégias mais adequadas de projeto para cada período do ano.

Outro exemplo da Bioclimatologia aplicada à arquitetura são as Tabelas de Mahoney (UNITED NATIONS, 1971) e (MASCARÓ, 1983). Carl Mahoney elaborou uma série de tabelas que resultam em diretrizes básicas de projeto em relação ao clima.

O usuário das tabelas utiliza-se de dados das médias mensais dos elementos climáticos (temperatura, umidade, pluviosidade, velocidade e direção dos ventos), que são comparados com os limites de conforto.

O método possui seis indicadores a serem adotados, três de umidade: H1; H2; e H3 e três indicadores de aridez (A1, A2, A3). O usuário indica por mês o indicador, contabilizando o total de cada indicador.

O resultado das análises são recomendações para a disposição do edifício quanto à orientação, tipo de paredes, aberturas, coberturas, e características externas.

O crescimento da bioclimatologia associada ao desenvolvimento tecnológico e as questões ambientais permitiram o desenvolvimento de novas ferramentas para orientação ao projeto, com ênfase em simulação computacional. Atualmente existem diversos softwares no mercado para análise do desempenho energético e ambiental da edificação.

2.5 APO - AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

A Avaliação Pós Ocupação é uma metodologia que teve início nos Estados Unidos, em meados do século XX, e vem sendo aplicada em países como Canadá, França, Inglaterra, Japão e, recentemente, no Brasil. Tem como objetivo avaliar o desempenho de ambientes construídos, detectando problemas construtivos, ergonômicos, estéticos, energéticos e de conforto ambiental numa edificação já em uso, promovendo correções que têm em vista melhoria da qualidade de vida do usuário.

O método utiliza procedimentos quantitativos e qualitativos como: Estudos de Conforto Ambiental, ergonomia, dados relacionados à memória da produção do edifício, aspectos de uso, operação e manutenção, considerando a opinião do usuário. Os estudos geram conhecimento sobre a relação ambiente-comportamento.

Para Amorim (2007, p. 6), “*o grande diferencial de uma APO com relação a uma avaliação de desempenho tradicional é exatamente o fato de levar em conta a opinião do usuário, além dos fatores técnicos, contribuindo para uma visão mais humanizada do ambiente construído*”.

O método APO consiste basicamente em quatro etapas (ROMERO e ORNSTEIN, 1994, p. 4).

- a) Levantar, quantificar, analisar e tabular o maior número possível de variáveis envolvidas no estudo de caso em análise;
- b) Levantar, quantificar, analisar e tabular junto ao usuário, todas as variáveis identificadas no item anterior;
- c) Comparar as informações obtidas nos itens a e b e extrair um diagnóstico do comportamento do estudo de caso em análise;
- d) Elaborar recomendações, quer para o próprio estudo de caso, quer para futuros projetos semelhantes.

2.5.1 APO - energético

A APO vem sendo utilizada como instrumento de efficientização energética. Os estudos consistem na avaliação do usuário e nas análises técnicas, relacionando o uso da energia às questões comportamentais, conforto ambiental e desempenho da edificação.

Os procedimentos da APO com ênfase em eficiência energética foram detalhados na metodologia “*APO energética*” desenvolvido por Romero (1997) (Figura 3).

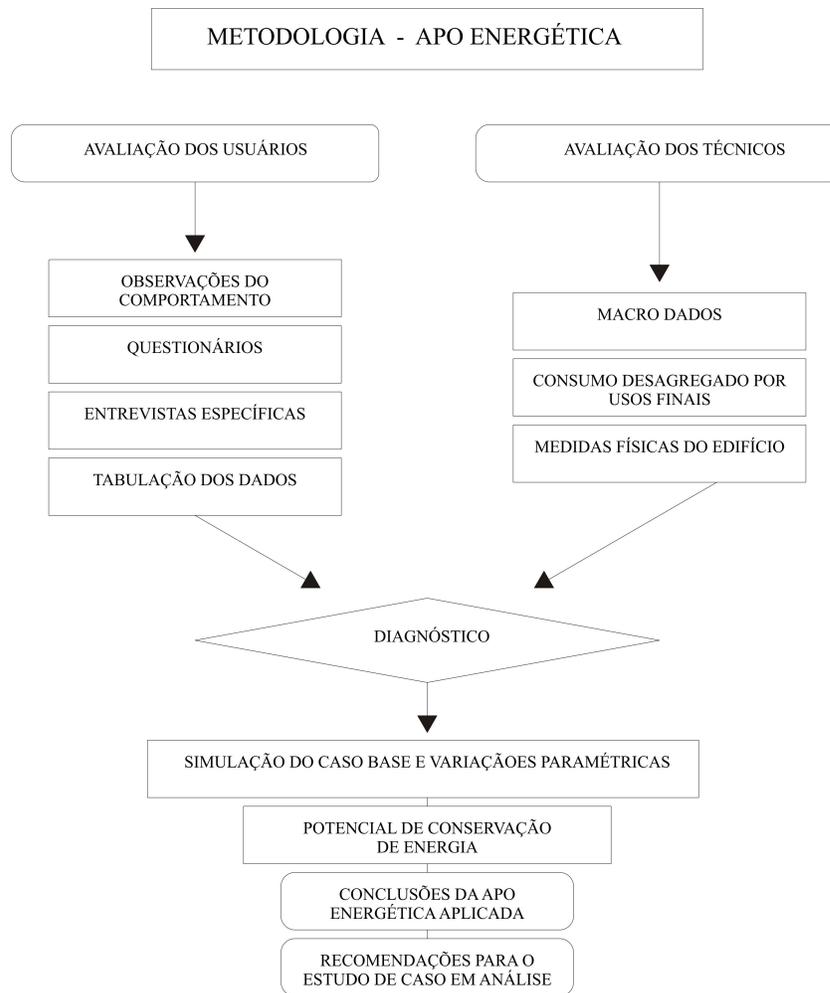


Figura 3: Fluxograma da metodologia APO energética

Fonte: Roméro (1997, p. 2.5)

Baseado em Roméro (1997) no caso da USP e utilizando uma metodologia similar, Carvalho e Moraes (2002) desenvolveram uma proposta de APO com ênfase em eficiência energética para a UFBA, aplicando na Faculdade de Arquitetura, também considerando o cruzamento de estudos técnicos a opinião do usuário, para gerar recomendações de eficiência energética. Consistem nas seguintes etapas:

I - Pesquisa Empírica para angariar a Avaliação dos Usuários quanto ao conforto ambiental: a iluminação natural, a iluminação artificial, a sensação de calor, ruído externo e interno, gasto de energia elétrica e outros aspectos. A pesquisa foi feita por amostragem com o método de questionários.

II – Avaliação Técnica relativa às condições de Desempenho dos Edifícios.

III - Desempenho quanto ao conforto térmico, durante a conjuntura de grande estresse térmico (umidade e calor intenso); quanto ao conforto lumínico natural e artificial; e quanto ao conforto acústico, nos momentos de uso intensivo.

IV – Análise das condições técnicas e da eficiência das instalações elétricas (iluminação e condicionamento do ar e usos especiais).

V - Diagnóstico APO - Comparação da Avaliação Técnica com Padrões de Qualidade e com a Avaliação dos Usuários. (CARVALHO e MORAES, 2001, p.13).

2.6 INSTRUMENTOS LEGAIS

2.6.1 Normalização de Eficiência energética

A normalização sobre Eficiência Energética em edificações no mundo pode ser considerada algo novo e seu desenvolvimento pode ser relacionado à normalização do conforto ambiental.

Segundo Cardoso (2002), países membros da Comunidade Econômica Européia iniciaram estudos no início da década de 80 para regulamentação do conforto térmico e acústico em edificações, objetivando o uso racional de energia.

Os códigos de construção europeus associam soluções arquitetônicas, materiais construtivos, características térmicas, e consumo de energia. Isso é feito a partir da divisão do território em zonas climáticas e do estudo das tipologias construtivas.

Portugal desenvolveu em 1990 um regulamento específico, tendo em vista atender o código Europeu, contemplando condições climáticas e sistemas construtivos (ROMERO, 1998).

Para aprofundar os parâmetros de desempenho, a Diretiva da União Européia 2002/91/EC – “Eficiência energética dos edifícios” exige um certificado para o consumo de energia da edificação. Ao Centro Europeu para Normalização - CEN - foi destinado à elaboração de normas para medir e calcular o consumo de energia para calefação, ventilação e iluminação, e do sistema de controle de um edifício. (ASSOCIAÇÃO ... , 2006).

Para Roméro (1998), as normas e códigos europeus são bons indicadores para regulamentação Energética Brasileira, pois se preocupam com os envolventes da edificação e o seu desempenho.

Nos Estados Unidos, o Estado da Califórnia implantou em 1992 a Norma de Eficiência Energética para Edificações Residenciais e não Residenciais. Na norma, consta o zoneamento climático, detalhamento de diversas tipologias construtivas, limites de transmitância térmica e consumo de energia, aplicadas nas novas edificações, reformas e ampliações das edificações existentes.

Para complementar a norma, foi adotado mundialmente a etiquetagem voluntária *Leadership in Energy and Environmental Design* – LEED, concedida pelo *U.S. Green Building Council* – WGBC.

O LEED oferece orientações para mensurar e documentar adequadamente cada tipo de edificação e suas fases de construção, com os princípios do crescimento inteligente, urbanismo e construção sustentável.

No Brasil ainda não existe normalização sobre eficiência energética no ambiente construído, e os primeiros estudos estão em fase de desenvolvimento. A partir das experiências européia e americana, a normalização brasileira caminha pelo mesmo processo, pela definição de parâmetros de conforto ambiental em edificações.

Segundo Lambert, Pereira e Dutra (1997) existem uma correlação entre o conforto térmico e economia de energia. Além disso, a normalização em conforto constitui uma importante contribuição para a eficiência energética no ambiente construído.

Pode-se considerar que a normalização brasileira teve início com a definição do desempenho de equipamentos comercializados no país, através da Lei de número 10.295/2001, que estabelece padrões mínimos de Eficiência Energética, bem como pelo Decreto nº. 4.059 de 19 de dezembro de 2001 que criou o Comitê Gestor de Índices e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE.

O convênio firmado entre a Universidade Federal de Santa Catarina e a Eletrobrás no âmbito do programa PROCEL EDIFICA, sob a aprovação do GGIEE, vem desenvolvendo estudos intitulados “Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos”. A versão preliminar apresenta os requisitos técnicos necessários para a classificação do nível de eficiência energética desses edifícios visando à etiquetagem, com foco na eficiência energética para tais edificações (LABORATÓRIO... 2007).

Como a etiquetagem voluntária é um tema novo, tendo seu documento preliminar divulgado em fevereiro de 2007, cria-se a expectativa quanto a sua aplicação e rebatimentos na sociedade. Essa regulamentação deve ser regulamentada sob a forma de lei em um período de 10 anos (LABORATÓRIO..., 2007).

Ações no âmbito estadual também merecem ser ressaltadas, a Companhia de Eletricidade do estado da Bahia (2001) desenvolveu um projeto de normalização em eficiência energética para o Código de obras da cidade, tendo em vista o estabelecimento de limites mínimos de eficiência em sistemas de iluminação e ar-condicionado em edifícios comerciais, além de limites de desempenho térmico de componentes construtivos, visando reduzir o consumo de energia elétrica nessas edificações considerando o conforto interno e o clima da cidade.

2.6.2 Indicadores

O desejo de medir objetos e evento está intrinsecamente relacionado à trajetória humana e a construção do conhecimento. Ao longo da história foram criados diversos inventos para medir a natureza e seus fenômenos. Atualmente, na sociedade da produção e do consumo, o desafio dos diversos setores é medir o desempenho das atividades humanas para quantificar a eficiência e/ou eficácia da ação.

Segundo Geisler (2000) *apud* Rosados (2005, p. 61), “a definição de métrica inclui três aspectos: o item medido (o que medir), a unidade de medida (como medir) e o inerente valor associado com a métrica (por que medir ou o que se pretende encontrar com esta mensuração)”. Ele afirma que para avaliar ciência e tecnologia o método viável é mensuração por indicadores.

O indicador é “expressão (numérica, simbólica ou verbal) empregada para caracterizar as atividades (eventos, objetos, pessoas), em termos quantitativos e qualitativos, com o objetivo de determinar o valor” (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO, 1998, p. 2). Tem como objetivo expressar a relação entre variáveis e tornar perceptível fenômenos não detectáveis no imediato, utilizando instrumentos de análise como gráficos mapas e tratamentos estatísticos (AGRA FILHO, E OUTROS, 2005), ou seja, permite identificar e antecipar acontecimentos, além de auxiliar na sua solução.

Aplicando esse conceito à questão ambiental, “os indicadores são uma importante ferramenta de medida, e permitem expressar os resultados relativos ao desempenho

ambiental e acompanhar a evolução da empresa na implementação de ações que levem efetivamente a melhorias no caminho da sustentabilidade.” (CARDOSO, 2004, p. 18).

A obtenção dos indicadores requer etapas bem definidas, que começam pelo estabelecimento de dados primários (que podem ser por medição, observação) e análise com critérios previamente estabelecidos com o intuito de atingir os objetivos pré-determinados (Figura 4) (CARDOSO, 2004, p.65).

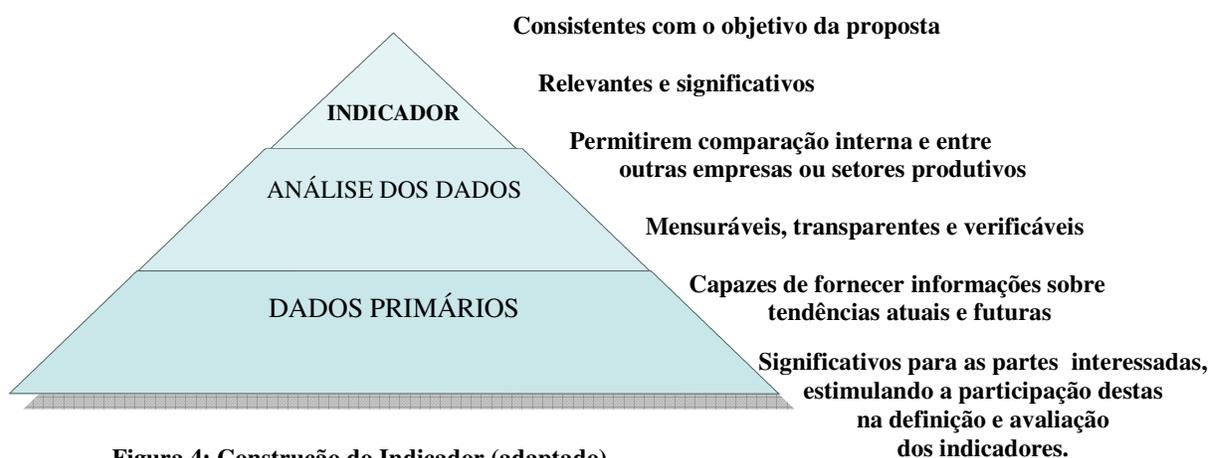


Figura 4: Construção do Indicador (adaptado).
Fonte: Cardoso (2004).

Os indicadores expressam um conceito e independentemente do tipo escolhido, permitem o conhecimento do perfil atual e de tendências futuras, em relação aos parâmetros analisados. Quando inseridos em um contexto social, eles também podem desempenhar o papel importante na motivação das pessoas. O acompanhamento dos resultados pode ser utilizado na melhoria contínua, dando retorno aos participantes e responsáveis pelo processo quanto ao seu desempenho (SINK e TUTTLE, 1993).

O estabelecimento das metas com a elaboração de diretrizes a partir dos objetivos estipulados e na busca por superação pode ser entendido como estratégias de “*benchmarking*”.

2.6.3 Os indicadores e a eficiência energética

Na busca por soluções e tecnologias de efficientização, a mensuração do desempenho tem relevância adicional em momentos de crise energética e demandas ambientais.

Já o estabelecimento de indicadores é algo complexo, pois a medição ou valoração do desempenho energético está estreitamente relacionada à edificação e ao usuário, passando por questões comportamentais e de conforto no ambiente construído.

A eficiência energética enquanto processo dinâmico necessita de um conjunto de indicadores específicos que melhor expressem cada estágio do uso da energia e as metas da edificação.

Na busca por indicadores, Baird apud Souza (2005) afirma que os índices de desempenho energéticos mais utilizados são o *AEUI* (*Area Energy Use Index* - Índice de Uso de Energia por Área) e o *PEUI* (*Person Energy Use Index* - Índice de Uso de Energia por Pessoa). No Brasil, esses indicadores recebem a denominação de “consumo específico”, que pode ser em função da área como também do número de pessoas. (BAIRD apud SOUZA, 2005).

Haddad e Gama (PROGAMA ... , 2001) confirmam e acrescentam, apresentando três indicadores de eficiência energética que considera mais comum e utilizados. São eles: Consumo Específico de Energia (CE); Fator de Carga da Instalação (FC) e Custo Médio de Energia.

Roméro (2003, p. 2) esclarece: “*O consumo por unidade de área (kWh/m²) juntamente com a demanda de pico (W/m²) é um dos indicadores mais utilizados como elemento comparativo em pesquisas na área de conservação de energia elétrica tanto no Brasil como no exterior. No Brasil utilizamos o somatório mensal enquanto nos EUA e Europa utiliza-se o somatório anual. Quanto à área, o mais coerente é a utilização de áreas úteis (...)*” E posteriormente ressalta: “*O consumo desagregado por usos finais é um dos melhores indicadores para se diagnosticar o comportamento térmico-energético de um dado edifício*

em análise” e “um outro importante indicador para o setor elétrico é o consumo por funcionário ativo”.

Na literatura de eficiência energética ainda não existem índices padronizados para servirem de referência, considerando a atividade da edificação e desagregados pelo usos finais da energia. Existem casos publicados. Como exemplos encontrados:

- Mascaró (1992) apresenta dados de consumo de energia em função da área (kWh/m^2) de edificações escolares;
- Roméro (1994) utiliza indicadores energéticos em edifícios públicos, caso da USP, apresentando demanda e consumo por unidade de área (W/m^2 e kWh/m^2), Consumo por funcionário ativo (kWh/funcionário) etc. Já em ROMERO (1997), na tese de livre docência, apresenta estudos de APO e indicadores em edifícios de São Paulo.
- Alvarez (1998), no caso USP, desenvolve os *Indicadores genéricos*: Fator de carga, Consumo Mensal por área útil (kWh/mês. m^2), Consumo Mensal de iluminação por área iluminada (kWh/mês. m^2), Consumo Mensal de ar condicionado por área climatizada (kWh/mês. m^2), Potência Instalada de iluminação por área iluminada (W/m^2), Potência Instalada de iluminação por número de interruptores (W), Potência Instalada de ar condicionado por área climatizada (W/mês. m^2); *Indicadores para análise de instalações de ensino*: Consumo mensal por docente equivalente (kWh/DE.mês), Consumo mensal por aluno equivalente (kWh/AE.mês), Consumo mensal por usuário equivalente (kWh/UE.mês),.
- Souza (2005), o consumo de energia em função da área (kWh/m^2) e do usuário (kWh/pessoa), com algumas variações para escolas públicas;
- Torres (1994) apresenta indicadores de consumo de energia para edificações residenciais, como consumo desagregado por uso final (kWh. Mês), por m^2 ($\text{kWh/m}^2 \text{ mês.}$) e por renda familiar (kWh. Mês), considerando 5 faixas

salariais (0 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e acima de 30 salários). Nos estudos também considera outras faixas energéticas como o gás GLP e natural, madeira (lenha).

Os casos apresentados possuem situações específicas de local, clima, tipologia etc. distintas, por isso, torna-se difícil comparar ou relacionar os dados obtidos.

Não obstante, eles podem ser considerados como referência para casos que possuam as mesmas características.

Como o tema é complexo e envolve muitas variáveis, torna-se pertinente uma proposta metodológica que consiga criar indicadores locais de eficiência energética considerando o clima, tipologia e uso específico, tendo em vista a eficiência dos sistemas e conforto do usuário.

3. METODOLOGIA DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS COM ÊNFASE EM INDICADORES ENERGÉTICOS

A metodologia consiste em procedimentos quantitativos e qualitativos desenvolvidos a partir do estudo de diversos métodos e casos de projetos de eficiência energética, nos princípios bioclimáticos e tecnologias de conforto ambiental, em particular a metodologia de Avaliação Pós Ocupação (APO). Foi dividida em cinco etapas detalhadas no fluxograma a seguir (Figura 5).



Figura 5: Fluxograma da metodologia

3.1 DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO QUANDO AO CONFORTO AMBIENTAL

Os estudos de desempenho da edificação quando ao conforto ambiental foram divididos em três etapas: Caracterização da edificação, do clima da cidade e microclima do sítio e medições das variáveis ambientais.

3.1.1 Caracterização da edificação

Consiste no levantamento de macrodados da edificação com o objetivo de conhecer o objeto de estudo. Este contempla as seguintes variáveis:

- **Arquitetônicas:** Levantamento do histórico da edificação com a verificação de reformas e ampliação; obtenção das Plantas (Plantas Baixas, Cortes e Vistas); caracterização do edifício quanto às características construtivas e materiais de acabamento entre outras informações pertinentes ao tema.
- **Utilização:** Levantamento dos usuários da edificação e dos respectivos usos e rotinas.
- **Ambiental:** Análise da implantação da edificação, verificação do rumo e azimute, condições do entorno imediato e interferências externas, existência de vegetação e outros.

3.1.2 A caracterização do clima da cidade e microclima do sítio da edificação

Tem o intuito de situar a edificação na cidade, identificando características construtivas e elementos de desconforto ambiental. Os estudos contemplam a compreensão do clima da cidade, em uma escala mesoclimática e posteriormente, o microclima do sítio e suas influências com a edificação, considerando a implantação no terreno, as análises das barreiras de vento nas envasaduras a partir da volumetria, fluxo de entrada e saída de ar, e disponibilidade de luz nos ambientes.

3.1.3 Medições das variáveis ambientais

3.1.3.1 Escolha dos ambientes internos

A escolha tem como critério a definição de ambientes que representem à edificação e que traga contribuições para a caracterização do seu desempenho. Os estudos iniciais de caracterização da edificação e do clima local ajudam na escolha.

3.1.3.2 Os instrumentos utilizados e as rotinas

Propõe-se inicialmente como procedimento duas series de medições, nos solstícios de verão e inverno, em três dias corridos (sem intervalos), no período de oito horas da manhã a oito da noite de cada dia, em um intervalo de trinta minutos por medição.

Para realização das medições, recomendam-se duas estações meteorológicas móveis, posicionadas uma no interior da edificação e outra no exterior. As estações medem: temperatura do ar - T_a ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar – UR (%), velocidade do ar – V (m/s), temperatura de globo – T_G ($^{\circ}\text{C}$) e radiação global (W/m^2), em conformidade com a - ISO-DIS 7726. (*INTERNATIONAL ...* , 1996).

Nos ambientes internos, nos mesmos dias citados e nos horários de 08:00, 12:00, 16:00 e 18:00, medições dos níveis de iluminação (em lux) com luxímetro e a ventilação do recinto (em m/s) com anemômetro, ambos com certificados de calibração.

Nas medições dos níveis de iluminação, utilizaram-se os procedimentos para verificação das iluminâncias de interiores descritos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5382 (1984).

3.1.3.2.1 Tratamento dos dados quanto as variáveis medidas

Os dados da medição recebem tratamento estatístico utilizando o *software Excel*, para obtenção de valores máximos, mínimos, média aritmética e desvio padrão.

Para melhor demonstrar o desempenho da edificação, realizam-se gráficos com o *software OriginPro 7.0*, das variáveis ambientais por hora, contendo as curvas obtidas no interior e exterior da edificação sobrepostas.

3.1.3.3 Avaliação dos dados

O resultado das medições foi comparado com índices e normas da literatura, como por exemplo, o dia típico de Goulard, Lambert e Firmino (1997) para a cidade em estudo, no período do verão e inverno.

3.2 OPINIÃO DO USUÁRIO

A opinião do usuário foi obtida em todos os momentos da execução do trabalho, utilizando as técnicas de observação, entrevistas direcionadas com pessoas consideradas chaves e aplicação de questionários.

3.2.1 Observação comportamental

A observação permite a percepção da relação do usuário com o objeto de estudo, a energia. Durante o processo, foram identificadas as pessoas consideradas chave no processo, que detém informações importantes de uso, operação e manutenção da edificação.

3.2.2 Entrevistas específicas

Com as pessoas consideradas “chaves”, foram feitas visitas específicas utilizando a técnica de entrevista oral, a partir de perguntas elaboradas previamente.

Houve também consulta com os usuários considerados atuantes em cada ambiente para informar o período de uso, a rotinas e manutenção das potências instaladas, dado que foi considerado no cálculo dos consumos estimados.

3.2.3 A elaboração e aplicação de questionários

Com o objetivo de obter a opinião coletiva quanto ao desempenho energético e térmico da edificação, foi utilizado o método de aplicação de questionário.

Foi desenvolvido a partir dos trabalhos realizados por Roméro (1997) e Carvalho e Moraes (2002), por apresentar resultados considerados satisfatórios para instituições de ensino público em São Paulo e Salvador (vide anexo 1).

Possui 11 perguntas com tipos variados, subjetivas e objetivas. As questões abordam temas sobre conforto ambiental e energia: iluminação natural e artificial, sensação de calor, uso da energia elétrica, comportamental e outros aspectos.

Durante o seu desenvolvimento, foi feito um teste com um questionário piloto, aplicado durante as medições de conforto, que passou por ajustes até a obtenção do questionário final.

3.2.3.1 Amostras

As amostras foram dimensionadas por tratamento estatístico. Segundo Barbeta (2002), para o cálculo do tamanho mínimo de amostras é necessário inicialmente conhecer o tamanho da população (Eq. 9) :

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \quad \text{Eq. 9}$$

Sendo: n_0 = Uma primeira aproximação para o tamanho da amostra.

E_0 = Erro amostral tolerável

E para conhecer o tamanho da amostra (Eq. 10):

$$n = \frac{N.n_0}{N + n_0} \quad \text{Eq. 10}$$

Sendo: n = tamanho da amostra

N = tamanho da população

n₀ = Uma primeira aproximação para o tamanho da amostra.

Os participantes da consulta foram definidos através da *amostragem por cotas* (BARBETA, 2002), onde a população é estratificada proporcional aos subgrupos criados.

3.2.3.2 Tratamento dos dados sobre a opinião do usuário

Com planilhas eletrônicas foram feitos tratamentos estatísticos, obtendo percentuais por pergunta. O resultado final representa o somatório de todos os questionários aplicados.

Foram considerados válidos os questionários sem identificação do avaliado, com respostas marcadas duplamente ou deixadas em branco. Porém, foram invalidados os que apresentaram um número de respostas em branco superior a cinco das 11 perguntas.

3.2.3.3 Aspectos que influenciam na avaliação comportamental ³

As condições climáticas, local de trabalho, as vestimentas e atividade física exercida são aspectos que interferem diretamente na opinião do usuário.

3.2.3.3.1 Dados que situam no tempo e condições climáticas (Data, horário e local da entrevista, condições abobada celeste).

A data e horário da realização permitem ao avaliador situar as condições climáticas do participante no momento da aplicação do questionário. O local em que o usuário se encontra

³ Item baseado em Roméro (1994).

com as características do ambiente pode agregar fatores que influenciam em sua opinião. Como exemplo, o usuário pode se encontrar em uma sala que possui ventilação cruzada ou em uma totalmente vedada, ou possuir sua mesa de trabalho próximo à janela.

Considerando estes aspectos, a consulta foi feita em dias consecutivos, apresentando condições do tempo semelhantes, em salas não climatizadas.

3.2.3.3.2 Tipo de vestimenta e a atividade exercida

A roupa é uma variável que influencia na opinião do usuário, pois é responsável pela sensação de conforto térmico. “*A pele troca calor por condução, convecção e radiação com a roupa, que por sua vez troca calor com o ar por convecção e com outras superfícies por radiação.*” (LAMBERT, PEREIRA E DUTRA, 1997, p. 42).

A *International Organization for Standardization*. - ISO 7730 (1984) aborda a resistência térmica das vestimentas, atribuindo uma escala de valores medida em *clo*, *clothing* em inglês.

Associado ao *clo*, a atividade exercida no ambiente provoca uma determinada sensação de conforto térmico. A *International ..* - .ISO 7730 (1984) detalha as atividades físicas, atribuindo valores metabólicos, em *Wats*.

3.2.3.3.3 Sexo e idade do participante

O sexo e a idade são variáveis que contribuem no nível metabólico e na acuidade visual do indivíduo. Desta forma, este parâmetro pode agregar percepções diferentes de conforto térmico e lumínico.

3.2.3.3.4 Outros aspectos considerados

Houve a preocupação de informar o usuário que se tratava de uma pesquisa, de forma sucinta, para não promover interferências na resposta.

3.3 ESTUDO DE DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO QUANTO AO CONSUMO DE ENERGIA

Consiste na caracterização energética da edificação considerando o levantamento de macrodados, das potências instaladas e suas rotinas de uso.

3.3.1 Macrodados energéticos

Abrangem o levantamento de informações sobre as fontes de energia, demandas, tipo de consumidor da concessionária local, histórico das contas e outras informações pertinentes ao tema.

3.3.2 Levantamento dos sistemas

Realizado pelo método de auditoria energética, contempla o cadastro das potências instaladas nos ambientes e a consulta ao usuário para informar o período de uso dos equipamentos.

3.3.2.1 O cadastro das potências instaladas

Para orientar as visitas em campo, foram realizadas planilhas específicas, na qual as demandas foram desagregadas quanto ao uso final da energia: iluminação, ar condicionado, equipamentos de informática, outros equipamentos.

Considera-se iluminação o conjunto instalado composto por luminárias, lâmpadas, reatores e outros equipamentos destinados a esse fim.

Já em climatização, pode-se atribuir desde os equipamentos mecânicos mais simples como ventiladores, aparelhos de ar condicionado, exaustores, aos mais complexos como os sistemas de climatização central.

Os equipamentos instalados foram divididos em informática, que contempla o computador, impressora, scanner, datashow, hub, etc. e outros equipamentos, as demais potências instaladas como motores e máquinas.

As potências nominais são obtidas pelo método de consulta na “placa” existente nos aparelhos, que fornece informações quanto à potência, corrente e tensão.

Na falta da “placa”, optou-se por cadastrar o aparelho quanto à marca, modelo e série para realização de consulta em *websites* disponibilizados pelos fabricantes para obtenção das potências ou, em casos extremos, a utilização do Alicata Amperímetro, para medição da corrente do equipamento em funcionamento.

3.3.2.2 Obtenção das rotinas de uso

Para a obtenção das rotinas de uso foi considerada a técnica já abordada no item 3.2.2 Entrevistas específicas, com as pessoas consideradas “chave” no ambiente cadastrado.

3.4 INDICADORES ENERGÉTICOS

Para melhor caracterizar desempenho energético da edificação e acompanhar a evolução do processo na implementação de ações que levem efetivamente a melhorias, os indicadores energéticos definidos para este estudo foram classificados em:

- I. Indicadores da edificação
- II. Indicadores de referência
 - Indicadores Específicos dos sistemas
 - Indicadores qualitativos

3.4.1 Os indicadores energéticos da edificação

Os indicadores da edificação expressam o uso da energia na edificação e nos ambiente:

- Consumo e demanda de energia estimada (kWh e kW);
- Consumo e demanda de energia estimada por unidade de área (kWh/m² e kW/m²);
- Consumo e demanda de energia estimada por pessoa (kWh/pessoa e kW/pessoa).

Os indicadores de demanda, como seu próprio nome denota, expressam o valor das potências instaladas nos ambientes. Reflete a quantidade e o desempenho (rendimento) dos equipamentos instalados.

Já os Indicadores de consumo estão estritamente ligados ao usuário e as questões comportamentais, pois refletem a forma de uso dos equipamentos e do ambiente. A estreita relação com o usuário é expressa pelo fator tempo (Figura 6).

Nos indicadores de demanda, a relação com o usuário fica mais evidente em ambientes personalizados, como nos escritórios, pois os mesmos são agentes modificadores do espaço e tem o poder de inserir ou retirar aparelhos instalados. Nos ambientes padrão como as salas de aula, pode-se afirmar que fica exposto o perfil do projetista da edificação ou dos gestores que possibilitou a instalação dos equipamentos.

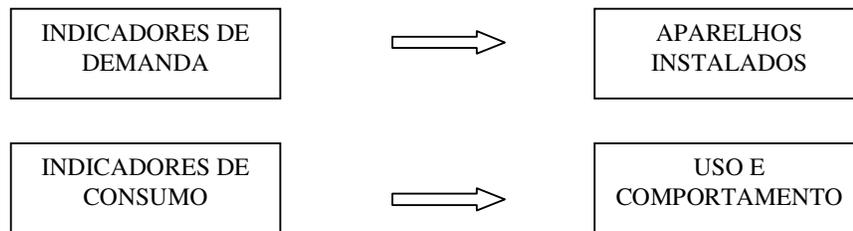


Figura 6: Relação Demanda e aparelho, Consumo e usuário

Os indicadores de Demanda e Consumo por m^2 (kW/m^2 e kWh/m^2), expressam a relação com as dimensões do espaço e permite comparar ambientes com áreas diferentes.

O indicador de Demanda por m^2 (kW/m^2) permite avaliar a quantidade e rendimento das potências instaladas para determinado uso com dimensões espaciais variadas. O consumo por m^2 (kWh/m^2) complementa o indicador de demanda por m^2 expressando o uso dos equipamentos considerando as dimensões do ambiente.

Os indicadores de Demanda e Consumo por pessoa ($kW/$ aluno e $kWh/$ aluno; $kW/$ funcionário e $kWh/$ funcionário) refletem a relação da ocupação do ambiente e a carga energética demanda para realização de determinada atividade no ambiente pelo usuário.

É válido ressaltar que existem outras variações como, por exemplo, os indicadores de demanda e consumo por m^2 pessoa ($kW/m^2 \cdot$ pessoa e $kWh/m^2 \cdot$ pessoa), que permite comparar a relação da do uso da energia por usuário em ambientes com dimensões diferentes entre outros, que podem ser utilizados a depender das necessidades de cada caso.

3.4.1.1 Procedimentos de cálculo

O cálculo dos indicadores energéticos da edificação é realizado em planilhas eletrônicas utilizando os dados levantados como potências dos equipamentos, área dos ambientes, número de pessoas em atividade no recinto e rotinas dos equipamentos, ambientes e usuários.

De forma similar ao cadastro, os ambientes são desagregados pelo tipo, considerando as características da edificação, e pelo uso final da energia, iluminação, climatização, equipamento de informática, outros equipamentos, resultando em indicadores desagregados por uso final (Figura 7).



Figura 7: Esquema _ Indicadores dos ambientes desagregados por uso final

A validação dos resultados é feita comparando os indicadores da edificação com o histórico das contas de energia

3.4.2 Indicadores de referência

Os indicadores de referência foram divididos em indicadores específicos dos sistemas, indicadores da literatura e indicadores qualitativos.

3.4.2.1 Indicadores específicos dos sistemas elétricos instalados

Os indicadores específicos dos sistemas medem o desempenho dos aparelhos instalados. Estão diretamente relacionados à engenharia do equipamento, ao produto.

Representam uma importante ferramenta de medição do desempenho das potências instaladas e nas análises dos indicadores de demanda do ambiente

3.4.2.1.1 Iluminação: Eficácia luminosa e rendimento

Na literatura da luminotécnica, alguns conceitos fundamentais podem ser utilizados como indicadores de eficiência e conforto do usuário. Dentre eles, eficácia luminosa e rendimento.

A eficácia luminosa de uma fonte luminosa é definida pelo quociente entre o fluxo luminoso expresso em *Lúmen* e a potência da fonte em *Watts* (Eq. 11).

$$\eta = \frac{\phi \text{ (Lúmen)}}{W \text{ (Watts)}}$$

Eq. 11

O Fluxo luminoso (ϕ) é a energia eletromagnética emitida por uma fonte luminosa, em frequências compreendidas pelo campo visível, na unidade de tempo. Representa a potência emitida ou observada em todas as direções sob a forma de luz.

Costa (2005, p. 224) esclarece que a eficácia “*baseia-se numa relação entre potência de saída versus potência de entrada, ou seja, corresponde à definição física de rendimento, mas como trata de unidades de potência diferentes, sua denominação básica é eficácia*”.

A relação *Lúmen* por *Watts* permite uma seleção de lâmpadas eficientes e garante melhor eficiência nos sistemas de iluminação.

Já o rendimento expressa a relação entre o fluxo luminoso emitido pela luminária e o fluxo emitido pela lâmpada (Eq. 12).

$$\eta = \frac{\phi \text{ lu min ária (Lúmen)}}{\phi \text{ lâmpada (Lúmen)}}$$

Eq. 12

O resultado depende dos materiais constituintes da luminária, da refletância das suas superfícies, da forma e dos elementos de proteção com o meio externo e a conservação do sistema.

O rendimento é o indicador que mede a eficiência do sistema de iluminação, pois avalia suas características de emissão e demonstra a parte emitida pela lâmpada que é absorvida pela luminária.

3.4.2.1.2 Iluminação: Iluminância

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5413 - Iluminância de Interiores estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, em função da atividade exercida nos diversos setores, comércio, indústria, ensino, esporte e outros.

A iluminância média depende das características da tarefa e do observador (usuário) – Tabela 2. O procedimento consiste em “*analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1); somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal; e usar a iluminância inferior do grupo, quando o valor total for igual a -2 ou -3; a iluminância superior, quando a soma for +2 ou +3; e iluminância média, nos outros casos*” (ASSOCIAÇÃO ..., NBR 5413, 1992, p. 2).

Tabela 2: Fatores determinantes de iluminância adequada.

Característica da tarefa e do observador	Peso		
	- 1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: Associação ..., NBR 5413 (1992, p.2).

Considerando o tema em estudo, instituição de ensino, a norma estabelece valores de iluminâncias mínimas médias, de acordo com a Tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Iluminâncias em lux, por tipo de atividade (valores médios em serviço).

Escolas	Iluminâncias - lux
- Salas de aulas	200 – 300 - 500
- Quadros negros	300 – 500 – 750
- Salas de trabalhos manuais	200 – 300 – 500
- Laboratório:	
Geral	150 – 200 – 300
Local	300 – 500 – 750
- Anfiteatros e auditórios:	
Platéia	150 – 200 – 300
Tribuna	300 – 500 – 750
- Salas de desenho	300 – 500 – 750
- Salão de reuniões	150 – 200 – 300
- Salas de educação física	100 – 150 - 200
- Costuras e atividades semelhantes	300 – 500 – 750
- Artes culinárias	150 – 200 - 300

Fonte: Associação ..., NBR 5413 (1992, p. 4).

A verificação da iluminância está descrita na NBR 5382 – Verificação da Iluminância de Interiores e o detalhamento das grandezas e unidades empregadas NBR 5461 – Terminologias para Iluminação.

A NBR 5413 juntamente com a NBR 5382 e a 5461 são parâmetros importantes para o dimensionamento das potências instaladas de iluminação em ambientes, bem como para avaliar o conforto do usuário.

3.4.2.1.3 Climatização: COP e EER

Segundo Pena (2002), o Coeficiente de performance - COP é um índice que avalia o rendimento de um equipamento de climatização e expressa a capacidade de remoção de calor e a potência requerida pelo compressor (Eq. 13). Quanto maior o COP, maior o rendimento do sistema.

$$COP = \frac{\text{Energia Útil}}{\text{Energia Consumida}}$$

Eq. 13

Uma outra forma de expressar a eficiência do ar condicionado é medida pelo *Energy Efficiency Rate* - EER, expresso pela relação do fluxo de calor retirado no ambiente em Btu/h e a demanda do aparelho em Watt (Eq. 14) (PENA, 2002).

$$EER = \frac{\text{Capacidade de refrigeração (BTU/h)}}{\text{Demanda do aparelho (W)}} \quad (\text{BTU/Wh}) \quad \text{Eq. 14}$$

O Programa de Combate ao Desperdício de Energia (2006) disponibiliza a eficiência dos aparelhos encontrados no mercado brasileiro. Como exemplo, a Figura 8 apresenta o COP dos aparelhos do fabricante ELETROLUX.

FABRICANTE	MARCA	MODELO		VERSÃO	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO (Btu/h)	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (W/W)		CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês)*	
		UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA			127V	220V	127V	220V
ELECTROLUX	ELECTROLUX	SI09F	SE09F	FRIO	9.000	-	2,96	-	18,7
		SI09R	SE09R	REVERSO	9.000	-	3,08	-	18,0
		SI12F	SE12F	FRIO	12.000	-	3,04	-	24,3
		SI12R	SE12R	REVERSO	12.000	-	2,97	-	24,8

FABRICANTE	MARCA	MODELO	VERSÃO	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO (Btu/h)	POTÊNCIA NOMINAL (W)		EFICIENCIA ENERGETICA (W/W)		CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês) (*)	
					127V	220V	127V	220V	127V	220V
ELECTROLUX	ELECTROLUX	EAE07F	FRIO	7500	754	754	2,92	2,92	15,8	15,8
		EAM07F	FRIO	7500	754	754	2,92	2,92	15,8	15,8
		EAM07R	REVERSO	7500		754		2,92		15,8
		EC07F	FRIO	7500	754	754	2,92	2,92	15,8	15,8
		EC07R	REVERSO	7500		754		2,92		15,8
		EAE10F	FRIO	10000	970	970	3,02	3,02	20,4	20,4
		EAE10R	REVERSO	10000		970		3,02		20,4
		EAM10F	FRIO	10000	970	970	3,02	3,02	20,4	20,4
		EAM10R	REVERSO	10000		970		3,02		20,4
		EC10R	REVERSO	10000		970		3,02		20,4

Figura 8: Tabela PROCEL de eficiência (W/W) dos aparelhos tipo janela e *split hi-hall*.

Fonte: Programa ... (2006)

3.4.2.1.4 Equipamentos diversos: Fator de Potência e Rendimento

O fator de potência mede o desempenho das instalações elétricas e dos equipamentos instalados. Segundo Alvarez (1998, p. 68) “*é um indicador bastante importante em análises energéticas, revelando, de forma global, como a energia está sendo utilizada. Quando mais próxima de um, maior a regularidade no uso da energia elétrica*”.

Já o rendimento, como citado anteriormente, é obtido pela relação entre a energia útil e a consumida (W/W).

3.4.2.2 Indicadores da literatura e de simulação.

Na literatura existem casos publicados que podem servir como referencia para avaliação dos indicadores locais obtidos.

Como exemplo da literatura internacional, a *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* - ASHRAE (1989) desenvolveu a legislação Americana baseada em indicadores de desempenho das edificações, apresentando as potência máxima permitida em função do tipo de ambiente. Já o estado da Califórnia instituiu uma legislação específica com indicadores considerados pela literatura como mais rigorosos, (*Califórnia Energy Commission, 2005*).

No mercado existem inúmeros softwares disponíveis para simulação do desempenho da edificação quanto a envolvente, a iluminação e climatização, permitindo a criação de outros cenários de análise que servem como referência comparativa aos indicadores reais obtidos.

3.4.2.3 Indicadores Qualitativos

Na consulta de opinião do usuário, o percentual de acerto ao questionário mede o grau de satisfação quanto às questões levantadas, sendo um importante instrumento de referência na análise dos indicadores.

3.5 PESQUISA E CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS

Como já discutido, o uso dos indicadores demanda a utilização de ferramentas gráficas e de tratamento estatístico para se tornar perceptível os fenômenos não detectáveis no imediato.

Diante desta demanda e tendo em vista o armazenamento de dados e espacialização dos índices obtidos, foram considerados alguns aplicativos disponíveis, a exemplo planilhas eletrônica em *Excel* e *Access* da *Microsoft* e seus ditos “similares”, softwares livres *BrOffice*, e até programas dedicados com linguagens específicas de programação.

Como resultado da pesquisa, concluiu-se que programas desenvolvidos com Sistemas de Informações Geográficas - *SIG* poderia atender melhor aos objetivos, além de servir como objeto de validação da ferramenta *SIG* em casos de eficiência energética.

3.5.1 O SIG

O Sistemas de Informações Geográficas - *SIG*, na terminologia internacional *Geographic Information System - GIS* é uma ferramenta utilizada para sistemas que necessitam tratamento computacional de banco de dados geográficos para análise e gerenciamento espacial.

É a principal ferramenta do Geoprocessamento, disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e vem sendo utilizado de forma crescente nas áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CAMARA e DAVIS, 2006).

Câmara (1995, p.7) reuniu na literatura algumas definições para a ferramenta *SIG*:

“Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar ou manipular dados georeferenciados” (ARONOFF, 1989 apud CÂMARA, 1995).

“Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente um ambiente de resposta a problemas” (COLWEN, 1988 apud CÂMARA, 1995).

Segundo Câmara (1995, p.8), *“o aspecto fundamental em um dado tratado em um SIG é a natureza dual de informações: um dado geográfico possui uma localização geográfica*

(expressas como coordenadas em um mapa) e atributos descritivos (que pode ser representados em um banco de dados convencional)”. Essa característica permite análises espaciais, pois associa local e informação.

3.5.1.1 O SIG e a Eficiência energética

Com referencia a literatura, existem casos de uso do SIG aplicados a Eficiência Energética, relacionando Energia e Planejamento Urbano Regional.

Abordando o parâmetro edificação e energia em micro escalas espaciais, não foram encontrados casos na literatura, tornando-se um desafio o emprego dessa ferramenta.

Como pontos positivos da sua aplicação, podem ser listados:

- Armazenamento de informações georeferenciadas;
- Possibilita a aplicação de filtros, facilitando a identificação e classificação de dados.
- Permite operações de cálculo entre as variáveis e espacialização dos resultados;
- Identifica pontos críticos;
- Criação de infinitos cenários de análise;
- Os dados armazenados formam arquivos com extensão *bdf*, que podem ser utilizados em programas de planilhas eletrônicas.
- Como produtos podem ser obtidos mapas, gráficos e tabelas, possuindo o recurso tridimensional, possibilidade de espacialização de cenários foto-realístico.

3.5.2 Definição do software tipo SIG

Existem diversos softwares desenvolvidos para SIG com características distintas. Câmara e Davis (2006, p.32) listaram os principais tipos de SIG disponíveis no mercado, indicando os fabricantes, a estrutura de dados e equipamentos necessários para utilizar os programas (Tabela 4).

Tabela 4: Disponibilidade e características de SIG do mercado.

GIS fabricante	Estruturas de Dados	Banco de dados	Equipamentos requeridos	Observações
APIC	Vetorial	Orientado a objetos	UNIX Windows	Produzido na França, tem muitas instalações na Europa
APIC Systems	Matricial			
ARC/INFO ESRI	Vetorial topológica Matricial	Relacional	UNIX Windows	Produtos complementares incluem o Arc/CAD (apoiado em AutoCAD e o Arc/View (ferramenta de consulta)) Capaz de ler diretamente arquivos de diversos GIS
AutoDesk World (AutoDesk)	Vetorial	Relacional	Windows	
DBMapa	Vetorial	xBASE	Windows	Apoiado no MaxiCAD
MaxiData				
Genasys	Matricial vetorial	Relacional	UNIX Windows	
Genasys GIS Plus	Vetorial	Relacional	Windows	O TransCAD, especializado em transportes, é baseado no GISplus
Caliper				
IDRISI Clark University	Matricial	Proprietário	Windows	Voltado para aplicações ambientais
MapInfo	Vetorial	Proprietário	Windows	Principalmente utilizado como ferramenta de Desktop Mapping
MapInfo		xBASE		
Maptitude	Matricial vetorial	Relacional	Windows	Mais usado como Desktop mapping
Caliper				
MGE	Vetorial Matricial	Relacional	UNIX Windows	Baseado no sistema CAD MicroStation
Intergraph				
SPRING	Matricial	Relacional	UNIX Windows	Permite integração entre vetores e imagem
INPE	vetorial			
Vision GIS	Vetorial Matricial	Relacional	UNIX	Pioneiro no armazenamento de gráficos dentro do banco de dados relacional
System House				

Fonte: Câmara e Davis (2006, p. 32).

Dos programas listados, optou-se por utilizar o software da empresa ESRI, o *ArcMap* da suíte de aplicativos da *ArcGIS versão 9*. O principal critério da escolha foi a

disponibilidade de acesso ao programa. A Escola Politécnica possui 10 licenças, sendo cedidas pela direção da Escola para o desenvolvimento dos estudos aqui apresentados.

3.5.3 Procedimentos para construção do banco de dados no *Arcview*.

Consiste nas seguintes etapas:

- I. Construção do banco de dados da edificação.
- II. Espacialização dos indicadores e definição dos cenários de análise.

3.5.3.1 Banco de dados da edificação

Os dados de entrada são:

- Planta da edificação em meio digital em formato tipo *Cad*, extensão em *dxf* ou *dwg* do níveis ou andares da edificação;
- Dados coletados na edificação por ambiente.

As plantas em formato *dxf* ou *dwg* são transformadas em arquivos *shape file*. O programador define os ambientes da edificação e os alimenta com os dados cadastrados.

As expressões matemáticas necessárias para obtenção dos indicadores podem ser realizadas no *Arcview* ou em planilhas eletrônicas em formato *excel* para posteriormente serem inseridas como dados tratados.

3.5.3.2 As plantas temáticas

Como mencionado, o aplicativo *Arcview* permite a criação de cenários de análise. No estudo de eficiência energética, o método de apresentação definido foi à espacialização dos indicadores através de plantas temáticas.

As plantas temáticas seguem o mesmo princípio dos indicadores. São desagregadas pelo tipo de ambiente da edificação e o uso final. Para melhor visualização, os indicadores de demanda são apresentados com as suas variações – demanda por m^2 (kW/ m^2) e por pessoa ($kW/ pessoa$). Os mesmos para os consumos: consumo por m^2 (kWh/ m^2) e por pessoa ($kWh/ pessoa$).

A sobreposição é feita a partir de elementos visuais, símbolos e cores. Os indicadores foram divididos em 3 faixas, sendo atribuídos cores (vermelho, amarelo e verde) para os intervalos dos indicadores de demanda e consumo, símbolos em formato de quadrado para os indicadores por m^2 e símbolos em formato circular para os indicadores por pessoa.

Como exemplo, a planta temática de Indicadores de Iluminação das salas de aula – Escola Politécnica – 7º Andar (Figura 9) demonstra a sobreposição dos indicadores e a simbologia definida.

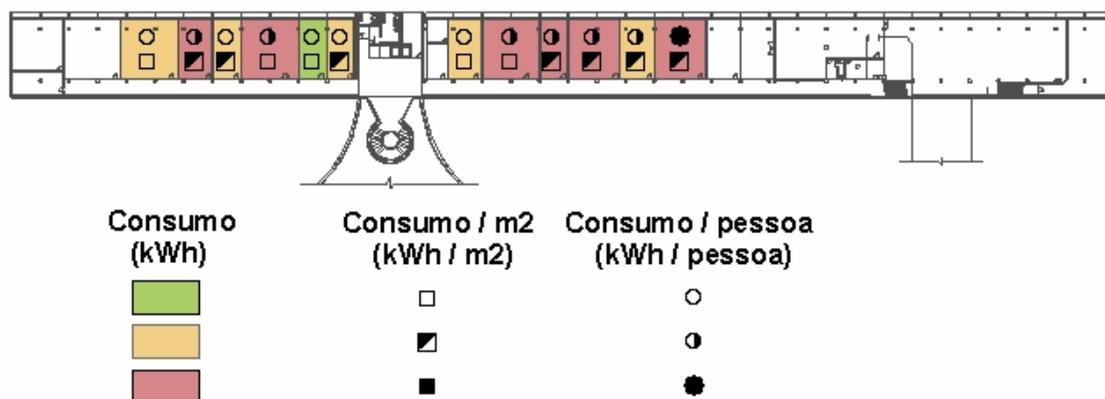


Figura 9: Planta temática proposta.

3.5.3.2.1 Tratamento estatístico

A opção de três faixas é uma simplificação estatística que permite a aplicação em grupos de ambientes com tamanhos diferentes.

O intervalo das faixas é definido pela opção de comando *Natural breaks* do *arcview*. O método de “quebras naturais” permite o agrupamento de dados com características semelhantes. A classificação consiste na organização dos valores em ordem crescente, que são agrupados estatisticamente pela composição de pares com característica adjacentes. As quebras ocorrem quando há uma diferença relativamente entre os grupos.

Posteriormente a geração das plantas, calcula-se os percentuais de cada faixa para obtenção da maior ocorrência por tema. Como dado complementar, obtém-se e os valores máximo, mínimo, média e o desvio padrão.

3.6 RECOMENDAÇÕES: APLICAÇÃO, ACOMPANHAMENTO E REVISÃO.

A análise dos resultados consiste no cruzamento dos estudos de desempenho energético e ambiental da edificação e os indicadores gerados. Na efficientização de edifícios públicos, devem ser consideradas as complexidades inerentes ao processo em busca de indicadores que expressem a realidade da edificação, as necessidades da população, anseios e perspectivas futuras. O desafio é gerar proposições que fomentem ações mais limpas e inovações.

A metodologia pressupõe a aplicação das recomendações, acompanhamento dos resultados e revisão dos estudos de desempenho. Como o processo é cíclico, dinâmico e contínuo, novos indicadores irão expressar os diferentes momentos da história energética da edificação.

É válido ressaltar que o acompanhamento deve ser feito com a participação das partes envolvidas e com interatividade. A disponibilidade das informações e dos ganhos obtidos torna-se fator motivador para que novos níveis de eficiência sejam atingidos.

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA – CASO ESCOLA POLITÉCNICA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

4.1.1 Histórico da edificação - Escola Politécnica

No final do século XIX, momento de surgimento de grandes feitos da humanidade, o mundo vivia a exaltação da máquina e do progresso. A sociedade baiana, não obstante, tinha anseios por transformações e a formação de uma Escola Politécnica representava o caminho para o desenvolvimento da região e a modernidade.

Em 1896, engenheiros da Bahia, com destaque a Arlindo Fragoso, o Governo Estadual e membros da sociedade reuniram - se com o intuito de criar o Instituto Politécnico da Bahia, sendo consolidado em 14 de março de 1897, com a implantação da *Escola Polytechnica da Bahia*, na Rua das Laranjeiras - Sé, onde permaneceu no período de 1901 a 1905, sendo transferida para o Palacete São Pedro e prédios adjacente, na Avenida Sete de Setembro, Salvador (BA).

O objetivo da escola consistia em “*ministrar o ensino da engenharia*” em seus diversos ramos, especialmente o da engenharia civil, bem como o ensino superior das ciências físicas, matemáticas e naturais; e, assim, pela formação de técnicos competentes e realização de pesquisas científicas, concorrer para o desenvolvimento econômico e intelectual da Bahia e do Brasil em geral. (COSTA, 2003, p. 22)

O decreto 2.803 de 9 de Maio de 1898 do Presidente Prudente de Moraes concedeu a *Escola Polytechnica da Bahia* o título de Escola Livre. E em 1934, a Escola Politécnica torna-

se parte do Instituto Federal de Ensino, vindo posteriormente a fazer parte da *Universidade da Bahia*, atual *Universidade Federal da Bahia*.

Desde a concepção do Instituto Politécnico da Bahia os seus fundadores idealizavam a aquisição de uma sede própria, dotada de toda a infra-estrutura necessária: “*crece o entusiasmo, aumentam as aspirações, avoluma-se o desejo e ajusta ambição de uma Escola nova, em terreno, situação e condições próprias e adequadas.*” (TARQUINO, 1960, p. 24).

4.1.1.1 O projeto arquitetônico da nova Escola

Nos ideais de formação da Escola, o progresso deveria estar expresso na produção intelectual e na sua estrutura física. A aquisição de um terreno situado na Federação, rua Aristides Novis, em 1953 com 87.000 m² marca uma nova etapa na história da Escola Politécnica, pois representava um impulso para as transformações.

Logo após a aquisição, o magnífico reitor Edgar Santos, através da portaria n.º. 50 de [195?], designou a criação da Comissão de Planejamento e Projeto do Conjunto Politécnico. A equipe possuía os seguintes integrantes: Prof. Paulo Furtado de Simas (Presidente), Prof. Tito Vespasiano Pires (EPUB); Profs. Arq. Diógenes Rebouças e Fernando Leal (Curso de Arquitetura da Escola de Belas Artes); Eng.º. Silvío Mendonça (Serviço de Obras da Reitoria), “*devendo iniciar-se de logo os estudos preliminares de planejamento, orientação e projeto das futuras instalações, que deveriam satisfazer ao critério, dominante no seio da congregação, de radical transformação nos meios, sistemas e processos do ensino de engenharia (...)*”.(TARQUINO, 1960, p. 33).

A equipe foi movida pelas idéias modernistas da época e tinham a responsabilidade de traduzir, sob a forma de arquitetura, todos os anseios da engenharia na Bahia. O resultado final do Conjunto Politécnico (Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13) consiste em quatro blocos principais dimensionados para atender uma população escolar de 1.600 alunos (TARQUINO, 1960).

Bloco I – (o único construído): Projetado com 4 zonas e oito pavimentos: As zonas I e III para fins didáticos, pesquisa, agrupando todos os departamentos provisoriamente; Zona II destinada à circulação; Zona IV destinado à biblioteca, administração e diretório acadêmico sob caráter permanente;

Bloco II: Dividido em duas partes: a primeira com um pavimento tipo “shed” para colaboração e assistência às indústrias através de usinas pilotos, e seis pavimentos para as matérias de física, química e eletricidade e a parte prática do ensino dos cursos de engenharia elétrica e química;

Bloco III: Oito anfiteatros para 200 alunos cada, destinados às aulas teóricas, e salas para professores e alunos;

Bloco IV: Grande anfiteatro para 2.000 pessoas.

Complemento da edificação: Pequena barragem e uma usina hidroelétrica.

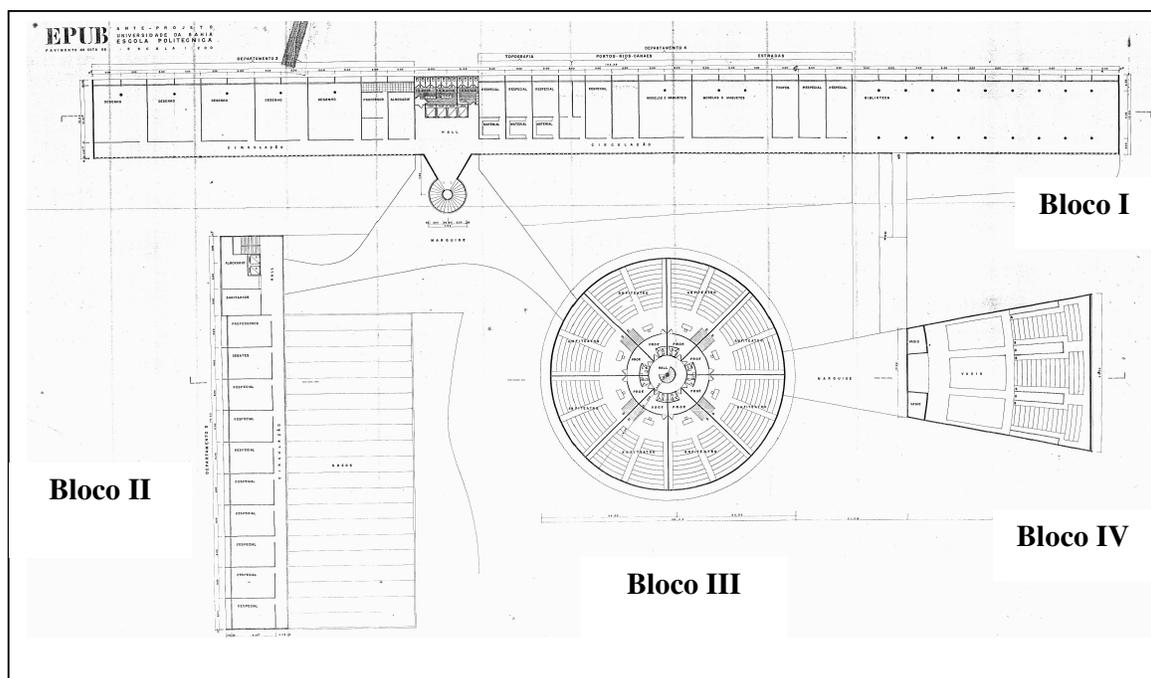


Figura 10: Planta Baixa – Escola Politécnica.
Fonte: Mapoteca da UFBA – Planta original digitalizada.

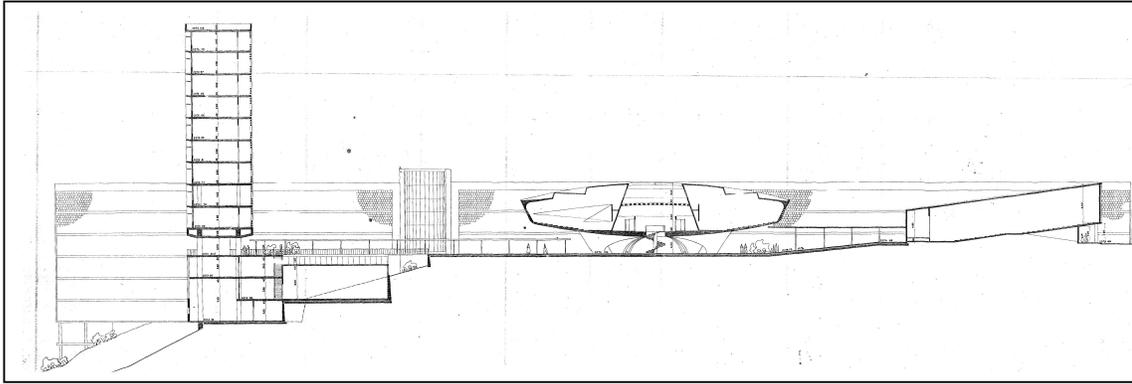


Figura 11: Corte – Bloco III - Anfiteatros
Fonte: Mapoteca da UFBA – Planta original digitalizada.

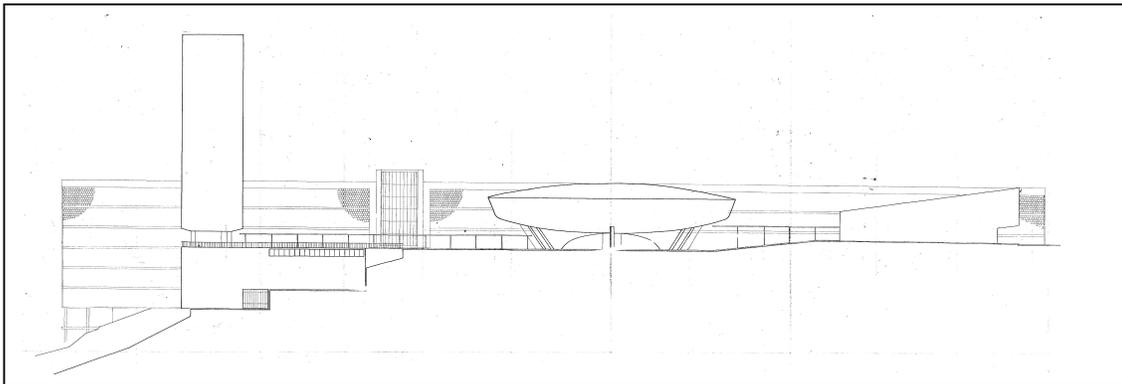


Figura 12: Fachada Noroeste
Fonte: Mapoteca da UFBA – Planta original digitalizada.

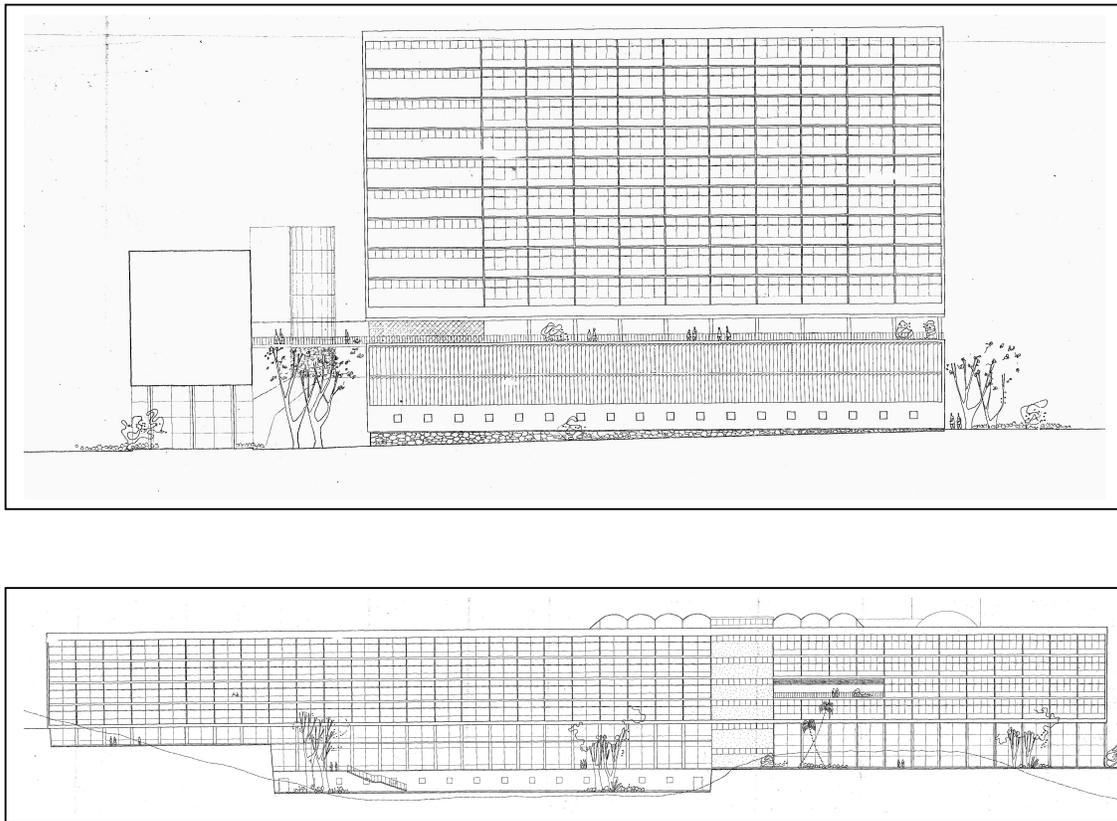


Figura 13: Fachada Sudeste

Fonte: Mapoteca da UFBA – Planta original digitalizada.

O Conjunto sob a liderança do professor e arquiteto Diógenes Rebouças transcende todas as expectativas, pioneiro e inovador, a composição traz as características do funcionalismo Modernista e particularidades do arquiteto, o que faz da obra algo singular.

No partido adotado fica evidente a hierarquização dos espaços. As formas alongadas, limpas e funcionais foram dedicadas aos laboratórios das disciplinas e a indústria, e destaque aos acesos e áreas nobres como os anfiteatros e diretoria.

O Bloco I possui uma forma alongada com fachadas continua marcada por combogós com uso didático e administrativo. Para romper a monotonia, as entradas foram destacadas

pelo movimento dos planos das rampas e pelo cilindro da escada. Já o módulo II, com características de forma e uso semelhantes ao primeiro, se impõe pela verticalidade, que é acentuada pela implantação na cumeada, fazendo dele um marco visual, elemento referencia para a cidade.

A continuidade encontrada na fachada do Bloco I pode ser entendida como um grande mosaico reticulado que serve de “pano de fundo” para o Bloco III, escultura imponente e ousada que abriga os anfiteatros (Figura 12). Sua forma circular suspensa se projeta solto no ar até atingir a praça moldando-se em um grande anfiteatro (Bloco IV).

Para fazer a integração dos blocos, o conjunto foi articulado por uma grande praça composta por diversos planos delimitado por caminhos e áreas verdes (Figura 10).

Do projeto idealizado apenas o Bloco I foi construído, em 1960 (Figura 14), adaptado para atender todas as funções necessárias para o funcionamento de uma escola de engenharia.



Figura 14: Foto do Módulo I – Escola Politécnica

Fonte: Arquivo da Escola Politécnica.

Se o edifício fosse pensado como elemento único, poderia ter tido uma outra forma, quem sabe mais arrojada, ou com um outro tipo de implantação. É verdade que o edifício com tipologia Modernista, de planta livre, esquadrias em fita e cobongós, mesmo sendo uma parte

de um todo, ainda sim é um elemento marcante na paisagem de Salvador, símbolo do progresso, de novos tempos.

4.1.2 A edificação atual

Atualmente a Escola Politécnica permanece no Bloco I, onde estão distribuídos salas de aula, auditórios, laboratórios, gabinetes para professores, área administrativa, áreas comuns e de serviço, sanitários (Figura 15).



Figura 15: Escola Politécnica
Foto: Antonio Saturnino.

A edificação sofreu reformas e ampliações para suprir as demandas geradas no decorrer dos tempos, muitas delas realizadas com recursos limitados e feitas a partir de iniciativas individuais. O resultado destas modificações é a descaracterização da edificação do projeto original, com elementos que destoam do partido arquitetônico, gerando desconforto ao usuário e comprometimento estético da edificação.

Os novos anexos, construídos na lateral sudeste, não expressam a engenharia que busca romper paradigmas com volumes e soluções inovadoras. Foram implantados sem considerar um diálogo com a edificação existente e enquanto elemento arquitetônico não representa os anseios da instituição.

4.1.2.1 População

A Escola Politécnica atualmente atende a aproximadamente 3.200 pessoas, considerando alunos, professores e funcionários da instituição (Tabela 5).

Neste valor não foram contabilizados a população flutuante que são os pesquisadores, técnicos, funcionários terceirizados, visitantes e outros.

Tabela 5: População Fixa da Escola Politécnica

Tipo	Total da edificação
Alunos graduação	2200
Alunos da pós-graduação	720
Professores	140
Funcionários	72

Fonte: Escola Politécnica (2006).

Possui 6 cursos de graduação, 4 de mestrado, 2 doutorados, 21 de especialização, e cursos de extensão. Oferece 480 vagas para o ingresso ao curso de graduação durante o ano. O número de vagas por curso está expresso na Tabela 6.

Tabela 6: Vagas oferecidas por ano nos cursos da graduação

Cursos	Vagas/ano
Engenharia Civil	160
Engenharia Elétrica	80
Engenharia Mecânica	80
Engenharia Química	80
Engenharia Ambiental	40
Engenharia de Minas	40

Fonte: Escola Politécnica (2006).

As disciplinas ministradas foram organizadas em sete departamentos, e os professores distribuídos organizados considerando a sua área de atuação.

Tabela 7: Número de Professores por Departamento

Departamento	No. de Professores efetivos
Ciência e Tecnologia dos Materiais	24
Construção e Estruturas	17
Engenharia Elétrica	21
Engenharia Mecânica	20
Engenharia Química	19
Engenharia Ambiental	17
Transportes	12

Fonte: Escola Politécnica (2006).

4.2 ESTUDOS DO DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO QUANDO AO CONFORTO AMBIENTAL

4.2.1 Caracterização do Clima de Salvador

A cidade de Salvador está localizada numa latitude de 12° 52' Sul e 38° 22' de longitude Oeste. Encontra-se na costa nordeste brasileira, banhada pela Oceano Atlântico com o formato de baía, Baía de Todos os Santos.

Possui o clima quente e úmido, tipicamente tropical, com temperatura do ar média anual de 25,2 °C e umidade relativa média com média anual de 80,8% (NERY e outros, 1997).

Os ventos predominantes são: os alísios de sudeste, na maior parte do ano, os ventos leste, na primavera e verão e ventos nordeste, de outubro a março (VALENTE, 1977). A Figura 16 apresenta as velocidades do vento predominantes por direção.

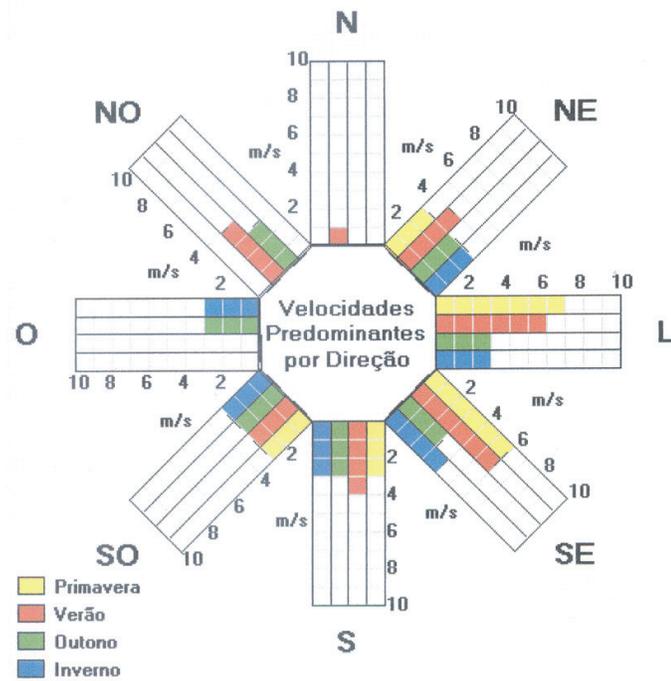


Figura 16: Ventos Predominantes da cidade de Salvador (BA).

Para uma caracterização climática da cidade de Salvador, têm-se como referência os estudos desenvolvidos por Goulard, Lambert e Firmino (1997) segundo a metodologia ASHARE de dias típicos de projeto para cidades brasileiras. Foram desenvolvidos dados climáticos para os dias quentes e frios, definindo os níveis de ocorrência: 1%, 2,5% ... , que caracteriza os dias que a temperatura média se situa imediatamente acima e abaixo do dia de referência.

Com nível 1% e data de referencia no verão 28 de fevereiro e inverno 06 de agosto, Salvador possui os seguintes valores típicos (Tabela 8). Média diária de 27,9 °C de temperatura e 73% de umidade no verão e 21,5 °C e 87% no inverno.

Tabela 8: Dados do dia típico de Goulard, Lambert e Firmino (1997), Nível 1%

		TBS (°C)	TBU (°C)	UR (%)	VV (m/s)
VERÃO	Max:	30,6	25,0	86	5,1
	Min:	24,8	23,0	63	1,5
	Média:	27,9	24,0	73	3,8
	Desvio:	2,0	0,6	8	1,0
INVERNO	Max:	24,9	21,7	96	6,5
	Min:	17,8	17,3	77	2,9
	Média:	21,5	19,9	87	4,3
	Desvio:	2,5	1,6	7	1,1

TBS – Temperatura de Bulbo Seco; TBU - Temperatura de Bulbo Úmido; UR – Umidade Relativa; VV – Velocidade do Vento.
Fonte: Goulard, Lambert e Firmino (1997).

Como pode ser verificado, Salvador é uma cidade que pode ser considerada bastante úmida, com baixa amplitude térmica. Segundo Freire e outros (1997, p.127), a “*condição climática da Cidade de Salvador promove a sensação térmica de estresse térmico positivo durante todo o ano, amenizada nos meses junho, julho e agosto*”.

4.2.2 A Bioclimatologia aplicada à cidade de Salvador

Lambert, Pereira e Dutra (1997) desenvolveu a carta bioclimática de Givoni para a cidade de Salvador. Apresenta como estratégias de projeto para obtenção de conforto térmico as zonas de ventilação (2), resfriamento evaporativo (3) e massa térmica para resfriamento (4); Ar condicionado (5); Massa térmica para aquecimento (7); Aquecimento solar passivo (8) e Aquecimento artificial (9), com algumas interseções onde se pode aplicar estratégias simultâneas. (Figura 17)

A tabela 1 mostra os percentuais das estratégias bioclimáticas. Conforme observado, em 62,2 % do tempo, a cidade encontra-se em desconforto térmico e em 45,5% a estratégia ventilação (2) é indicada.

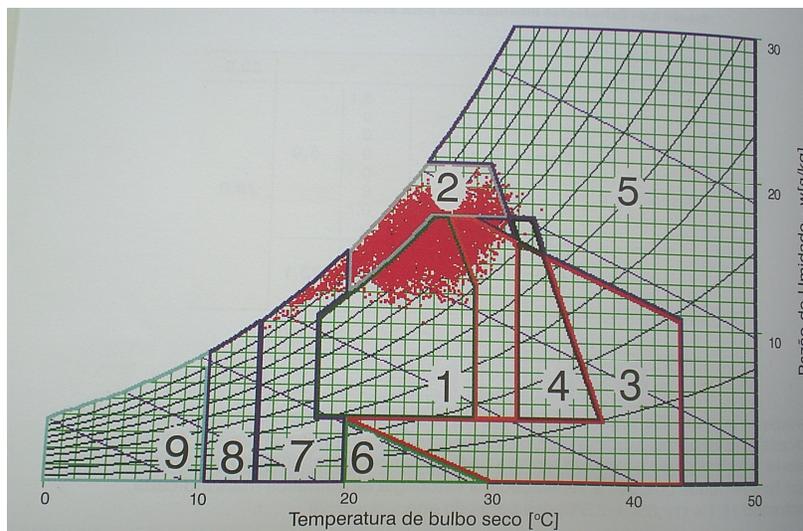


Figura 17: Carta Bioclimática com TRY para Salvador

Fonte: Lambert, Pereira e Dutra (1997, P.128)

Tabela 9: Estratégias Bioclimáticas (%)

Zona	Estratégia	Percentual
Durante o ano		
		(%)
Conforto		37,8
Desconforto	Calor	45,5
		V
		RE
		MR
		AC
		U
		V, MR
		V, MR, RE
	MR, RE	
Frio		MA/AS
		AS
		AA

Sendo: V – Ventilação; RE – Resfriamento Evaporativo; MR – Massa térmica para Resfriamento; AC – Ar condicionado; MA/AS – Massa térmica para aquecimento / Aquecimento solar; AS – Aquecimento solar; AA – Aquecimento artificial.

Fonte: Lambert, Pereira e Dutra (1997, P.129)

A aplicação das tabelas de Mahoney (UNITED NATIONS, 1971), considerando os dados climáticos da cidade de Salvador, indica as seguintes recomendações de projeto:

- Disposição da edificação com orientação norte-sul, eixo maior leste-oeste e separação externa com proteção para ventos frios ou quentes;
- Movimento do ar: habitação em fila simples, com posição temporal para o movimento do ar;
- Aberturas: Grandes aberturas (40 e 80%);
- Paredes leves, curto tempo de retardo;
- Coberturas leves e isoladas. Detalhe: superfícies refletoras, câmara de ar;
- Resguardo da chuva: necessita de proteção contra a chuva intensa;
- Características externas: adequada drenagem para chuva.

4.2.3 O Clima e a edificação

A Escola Politécnica está localizada em uma cumeada da Cidade de Salvador, no bairro da Federação, campus Ondina – Federação, a 12° 59' de latitude Sul e está implantada a 72 metros de altitude em relação ao nível do mar (Figura 18).



Figura 18: Salvador (Bahia) - Escola Politécnica
Fonte: Google Earth (adaptado).

A situação privilegiada, sem obstruções do entorno, associada à forma alongada com implantada com orientação noroeste – sudeste propicia ventilação e iluminação natural sem obstruções.

A edificação foi concebida com o princípio de ventilação cruzada e elementos que reduz a radiação de luz direta no interior da edificação na maior parte dos recintos. A fachada principal (noroeste) é marcada por cobongós, trecho de circulação nos andares e fachada posterior (sudeste), esquadrias em fita protegida por marquise (Figura 19).



Figura 19: Cobongós da fachada noroeste e marquise da fachada sudeste
Foto: Antonio Saturnino (adaptada).

Portanto, pode-se dizer que o edifício da Escola Politécnica está em consonância com as recomendações bioclimáticas para Salvador de Givoni e Mahoney.

4.2.3.1 As medições das variáveis ambientais

4.2.3.1.1 Definição das salas

No Caso Escola Politécnica (UFBA), foram escolhidos três ambientes: sala 03.03.06, 04.03.04 e 07.01.05. Conforme observado (Figura 20), os mesmos encontram-se posicionados em andares diferentes.

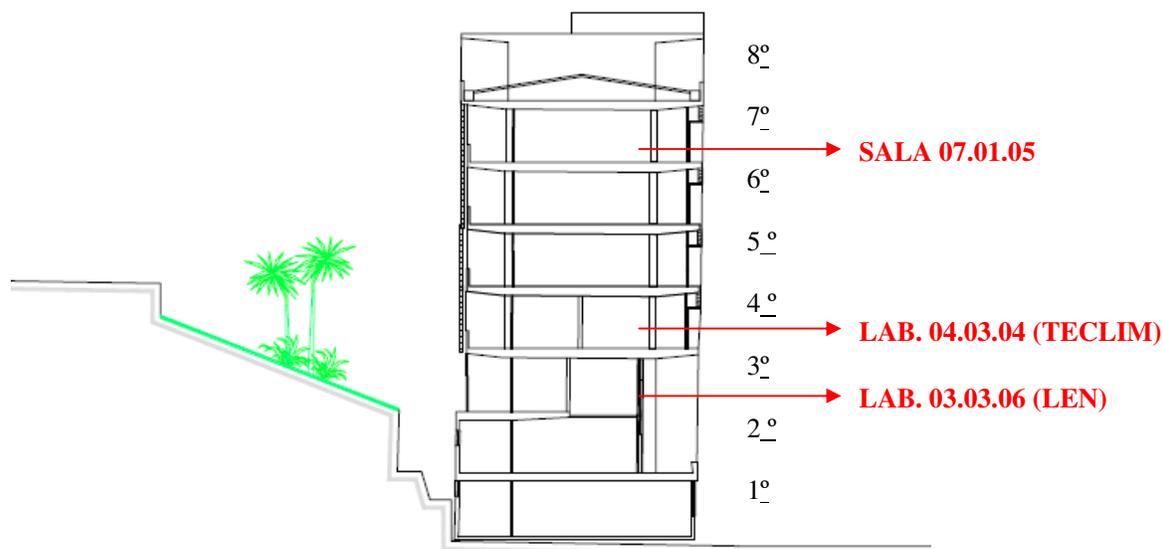


Figura 20: Corte esquemático da Escola Politécnica: Escolha das salas para medição.

A sala 03.03.06 encontra-se no terceiro andar, setor 3. Possui uso de laboratório e atualmente está instalado o Laboratório de Energia e Gás (LEN). Foi escolhida por fazer parte do grupo de ambientes situados com a condição de bloqueio da lateral noroeste pela encosta.

Já a 04.03.04, no quarto andar, também possui o uso de laboratório e encontra-se a Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM). Foi escolhido situar-se imediatamente acima da sala 03.03.06 (LEN) e por possuir a condição da fachada noroeste sem obstruções da encosta.

A sala 07. 01.05, como sua própria numeração designa, encontra-se no sétimo andar, bloco 1. Possui o uso de sala de aula convencional. Foi escolhida para representar o grupo de ambientes posicionados nos andares superiores. É uma sala típica da edificação, pois não sofreu reformas, possui esquadrias em fita voltadas para o sudeste e cobongós para a circulação poente.

Em especial, essa se encontra em uma situação desfavorável, sob o ponto de vista do conforto térmico, pois recebe a contribuição da carga térmica da cobertura.

4.2.3.1.2 Rotinas e instrumentos

Ocorreram nos solstícios de verão os dias 21, 22 e 23 de março de 2005, e inverno nos dias 31 de agosto, 01 e 02 setembro de 2005. As datas foram definidas em função do calendário escolar e na disponibilidade de obtenção dos aparelhos de medição.

Foram utilizadas duas estações meteorológicas móveis da marca SMETEK– System, cedida pelo Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura da UFBA, posicionadas uma no interior da edificação e outra no exterior.

As estações medem: temperatura do ar - T_a ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar – UR (%), velocidade do ar – V (m/s), temperatura de globo – T_G ($^{\circ}\text{C}$) e radiação global (W/m^2).

4.2.3.1.3 Análise e resultado das medições

Os resultados das medições das variáveis ambientais por ambientes analisados estão resumidos na Tabela 10 e no Apêndice A.

Tabela 10: Síntese das medições.

		Temp. Sup. (°C)		Temp. 1 (oC)		TG (oC)		Radiação (W/m2)		Umidade (%)		Vel. Vento - ar (m/s)			
		I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E		
		07.01.05	Verão	Max:	30,0	57,0	29,7	37,6	21,6	47,6	14,0	930,0	77,0	89,0	0,8
Min:	28,0			29,0	27,7	27,7	20,4	25,4	6,0	0,0	71,0	54,0	0,0	0,0	
Média:	28,8			43,8	29,1	32,9	21,1	37,1	10,0	434,4	73,1	66,1	0,2	0,7	
Desvio:	0,6			9,5	0,4	3,5	0,4	8,1	2,7	378,5	1,7	10,5	0,2	0,6	
Inverno	Max:		28,0	48,0	27,2	31,2	19,9	40,7	8,0	182,0	79,0	76,0	0,2	2,4	
	Min:		25,0	26,0	25,3	24,9	17,8	23,1	0,0	0,0	60,0	48,0	0,0	0,0	
	Média		25,8	34,4	26,2	27,8	18,8	30,1	2,8	74,5	71,8	64,2	0,0	0,3	
	Desvio		0,9	7,1	0,6	2,0	0,6	6,0	2,5	52,8	5,7	8,7	0,1	0,6	
04.03.04 (TECLIM)	Verão		Max:	30,0	66,0	30,3	36,5	22,4	230,0	2,0	1118,0	78,0	86,0	2,1	9,2
			Min:	28,0	33,0	28,1	28,2	20,3	27,5	0,0	5,0	66,0	55,0	0,1	0,8
			Média	29,1	50,1	29,4	34,5	21,4	51,8	1,2	816,3	72,0	62,3	0,9	3,5
			Desvio	0,7	9,4	0,6	2,2	0,6	47,7	0,8	355,1	3,3	8,6	0,5	2,3
	Inverno	Max:	28,0	52,0	26,5	34,8	19,1	47,5	8,0	867,0	77,0	75,0	0,5	0,5	
		Min:	25,0	30,0	24,7	25,2	17,6	23,3	0,0	2,0	70,0	44,0	0,0	0,0	
		Média	25,8	40,4	25,7	30,8	18,5	35,1	2,5	309,4	73,5	56,0	0,1	0,1	
		Desvio	0,8	7,7	0,6	3,5	0,5	7,7	2,4	270,9	2,2	10,4	0,1	0,1	
	03.05.03 (LEN)	Verão	Max:	29,0	55,0	30,1	38,1	22,0	47,0	8,0	1034,0	72,0	77,0	0,2	2,1
			Min:	28,0	33,0	29,0	28,5	21,2	27,3	5,0	0,0	69,0	52,0	0,0	0,0
			Média	28,5	45,2	29,7	34,3	21,6	39,1	6,2	426,6	69,6	61,8	0,0	1,0
			Desvio	0,5	7,8	0,2	3,4	0,2	7,3	1,1	346,5	0,8	8,4	0,1	0,7
Inverno		Max:	26,0	52,0	26,8	35,6	19,3	46,5	4,0	819,0	78,0	77,0	0,0	1,0	
		Min:	25,0	28,0	25,4	25,2	18,1	23,6	0,0	2,0	72,0	47,0	0,0	0,0	
		Média	25,6	37,3	26,3	29,2	18,8	32,3	1,0	262,0	75,1	61,4	0,0	0,2	
		Desvio	0,5	8,3	0,3	3,7	0,3	7,7	1,3	251,7	2,2	10,8	0,0	0,2	

Sendo E= exterior da edificação e I = interior da edificação

No período de 08:00 às 18:00 horas, as temperaturas internas, do verão apresentaram baixa amplitude térmica, em média 1,8°C, enquanto que no exterior atingiu em média 9,3 °C. O mesmo comportamento pode ser verificado no inverno; 1,7 °C em média no interior da edificação e 8,8 °C no exterior (Tabela 11). A baixa amplitude térmica expressa baixa inércia térmica, ou seja, a edificação absorve pouco o calor do exterior.

Tabela 11: Comparação da variação de temperatura obtida nos ambientes internos e no exterior da edificação.

	Amplitude térmica (oC)			
	VERÃO		INVERNO	
	I	E	I	E
07.01.03	2,0	9,9	1,9	6,3
04.03.04 (TECLIM)	2,2	8,3	1,8	9,6
03.03.06 (LEN)	1,1	9,6	1,4	10,4

Sendo E= exterior da edificação e I = interior da edificação

A sala 03.03.06 apresentou a menor amplitude térmica do verão e do inverno (Tabela 11). Este comportamento pode ser explicado pela interferência da encosta que protege os ambientes situados do primeiro ao terceiro andar do poente.

Comparando a temperatura e umidade obtida no interior da edificação no verão, com os dados das características do dia típico de Goulard, Lambert e Firmino (1997), verifica-se que os valores apresentados são próximos. O autor apresenta médias diárias de 27,9°C e 73% de umidade relativa para o verão (Tabela 9, P. 89) enquanto que na edificação obtém-se 29,4 °C e 72%. É válido lembrar que o valor médio obtido a partir de Goulard, Lambert e Firmino (1997) considera dados meteorológicos diário, 24 horas, enquanto o estudo aqui apresentado possui 12 horas diárias.

O melhor desempenho da ventilação nos ambientes foi apresentado na sala 04.01.03 - TECLIM, pois possui as esquadrias modificadas, permitindo melhor cruzamento de ar. No verão chegou a atingir um valor médio de 0,9 m/s, enquanto que as demais salas que possuem as esquadrias originais apresentaram 0,2 m/s (sala 07.03.05) e 0,0 m/s (LEN) (Tabela 11).

4.2.3.2 Outros estudos

Carvalho e Moraes (2001) desenvolveram estudos de quatro edifícios da UFBA com o objetivo avaliar o desempenho das esquadrias existentes nas salas de aula. Foram analisados a ventilação higiênica mínima, área de iluminação requerida e o cálculo da carga térmica total por volume do compartimento, para verificar a necessidade de sistemas mecânicos. Nos estudos, foram analisadas duas salas na Escola Politécnica, a sala 07.01.01 e 07.03.07, ambas no sétimo andar.

Os resultados da pesquisa apontam para esquadrias que não garantem a ventilação higiênica mínima requerida e baixa superfície iluminante. Quanto à carga térmica total por volume do compartimento, verificou-se que não é necessário o uso de sistemas mecânicos, considerando as esquadrias abertas.

4.3 OPINIÃO DO USUÁRIO

4.3.1 Definição das amostras

A definição das amostras foi feita pelo método de amostragem por cotas, descrito em Barbata (2002), onde a população é estratificada proporcional aos subgrupos criados.

Na Escola Politécnica, a população é composta por alunos, professores, funcionários e pesquisadores. No dimensionamento foi considerada a população fixa, isto é, os alunos da casa, funcionários e professores do quadro. Como os pesquisadores geralmente são também alunos ou professores, os mesmos não foram considerados como subgrupo.

Resolvendo as equações descrita no item 3.2.3.1- Amostras e resolvendo as equações (Eq. 11 e Eq 12), com uma população total (N) de 3.132 usuários e um erro amostral (E_0) de 5%, o número de amostras mínima para o Caso é de 355 usuários, sendo 94% dos entrevistados devem ser alunos, 4% professores e 2% funcionários (Gráfico 4).

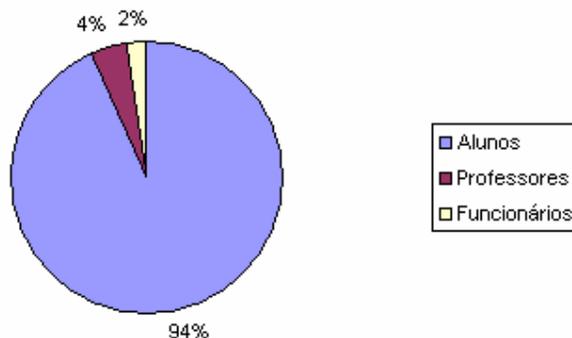


Gráfico 4: Extrato – amostragem por cotas

Foram aplicadas 400 enquetes nos oito andares da Escola, sendo consideradas válidas 369. As demais foram anuladas por não possuírem clareza no preenchimento, ou por ter a maioria dos itens sem resposta ou realizada em ambientes com climatização artificial (ar condicionado).

4.3.2 Período de aplicação

O questionário piloto ocorreu no dia 03 de março de 2005 na sala do TECLIM, período de treinamento da equipe com as estações meteorológicas e posteriormente durante as medições de conforto ambiental nas salas escolhidas (sala 07.01.05, 04.03.04 e 03.05.03) em quatro horários: 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00, no período do verão e do inverno.

A consulta para obtenção da opinião do usuário ocorreu o mais próximo possível do verão, considerando o calendário escolar, dias 14 e 15 de Dezembro de 2006, no período de 8:00 às 18:00.

A definição do período de consulta ao usuário teve como critério a condição climática. Como Salvador possui a estação do inverno com temperaturas amenas e o verão marcado por *stress térmico*, optou-se em aplicá-los no verão, situação mais desfavorável quanto ao conforto térmico.

4.3.3 Condições do tempo

O dia da aplicação pode ser caracterizado como um dia típico de verão, com céu claro e sol intenso. No período não houve presença de chuva.

4.3.4 Tratamento das enquetes

4.3.4.1 Os extratos da população

Durante a consulta foram ouvidos 262 usuários do sexo masculino, 82, feminino, e 25 usuários optaram por não identificar seus dados pessoais, como nome e sexo. Quanto ao cargo ou função exercida (Gráfico 5), foram ouvidos 285 estudantes, 19 funcionários, 28 professores e 13 pesquisadores. O usuário médio possui 26 anos de idade, 1,73 m de altura e 70,34 kg.

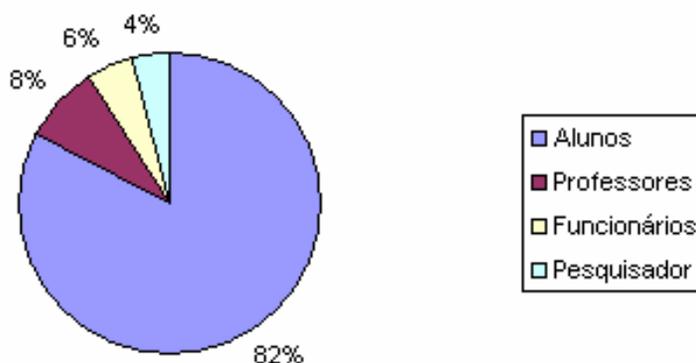


Gráfico 5: Usuários entrevistados.

4.3.4.2 Questionário

O resultado da consulta está sintetizado na Tabela 12 com o percentual das respostas obtidas.

Tabela 12: Resultado da enquete

1. Como você está sentindo a temperatura desta sala neste momento?			
Ótimo	bom	Ruim	péssimo
6%	52%	34%	10%
1. a. Em caso de ruim ou péssimo. Por quê?			
quente	frio		
103%	2%		
2. Como caracteriza este cômodo, ao longo do ano, em relação ao conforto térmico?			
Maior parte do ano quente	Maior parte do ano fria	Maior parte do ano confortável	
57%	3%	44%	
3. Como é a ventilação deste cômodo?			
forte	boa	fraca	inexistente
4%	49%	43%	5%
3. a. Acharia necessário aumentar a ventilação?			
sim	não		
62%	38%		
4. Como você melhoraria o conforto térmico deste ambiente?			
Instalando ventiladores	Instalando um ar condicionado	Inserindo mais janelas ou melhorando as existentes	Substituindo os aparelhos de ventilação mecânica por outros mais eficientes.
22%	38%	37%	6%
5. Em qual período do ano é possível estar neste ambiente sem o uso de equipamentos artificiais (ventilador e ar condicionado)?			
Em nenhum período	Apenas no período de inverno	Na maior parte do ano	Em todos os dias do ano
21%	41%	32%	7%
6. Na ausência de luz artificial, como você avalia o nível de claridade desta sala?			
ótima	boa	ruim	péssima
7%	49%	38%	7%
6 a. E, por quê?			
clara	escura		
47%	45%		
7. Como você avalia a iluminação deste cômodo?			
ótimo	bom	ruim	péssimo
12%	72%	16%	0%
7. a. E, por quê?			
clara	escura		
70%	19%		

7. b. Como você melhoraria a iluminação deste ambiente?

Aumentando o número de lâmpadas e luminárias.

Inserir mais janelas ou melhorar as existentes.

Substituir as lâmpadas e luminárias por outras mais eficientes.

Este ambiente não precisa de melhorias.

13%	22%	22%	44%
-----	-----	-----	-----

8. Como você avalia as condições das instalações prediais elétricas?

ótimo

bom

ruim

péssimo

2%	47%	41%	7%
----	-----	-----	----

9. Este ambiente desperdiça energia?

sim

não

52%	47%
-----	-----

9. a. Em caso de sim, o quê poderia ser detectado como desperdício?

Equipamentos ligados sem necessidade

O ar condicionado.

Equipamentos antigos que consomem muita energia.

Maus hábitos

27%	3%	24%	31%
-----	----	-----	-----

10. Você seria capaz de modificar hábitos, tendo em vista o uso eficiente da energia?

sim

não

91%	7%
-----	----

A maioria dos usuários acha: A temperatura da sua sala no momento da enquete boa (52%), seguido de 34% que considera ruim, ou seja, quente. Ao longo do ano, o ambiente foi caracterizado quanto ao conforto térmico como quente (57%) seguida de confortável (44%).

A ventilação do cômodo é boa (49%), seguida de fraca (43%), sendo necessário aumentar a ventilação (62%). Como instrumentos de melhoria, propuseram instalar um ar condicionado (38%) e inserir mais janelas ou melhorar as existentes (37%).

O período do ano em que se é possível estar no ambiente sem o uso de equipamentos artificiais é apenas no período de inverno (41%) seguido dos que acham na maior parte do ano (32%).

Na ausência de luz artificial, o nível de claridade da sala é bom (49%), seguido de ruim (38%). A iluminação do cômodo boa (72%) e não precisa de intervenções para melhor a iluminação (44%).

As instalações prediais elétricas são consideradas boas (47%) seguidas de ruins (41%). O ambiente em que se encontram desperdiça energia (52%) e foram atribuídos como desperdício, equipamentos ligados sem necessidade (37%) e maus hábitos (31%). O usuário concedera-se capaz de modificar hábitos tendo em vista o uso eficiente da energia (91%).

4.3.5 Avaliação dos resultados da enquete

O número de usuários do sexo masculino superior ao feminino confirma a preferência do sexo masculino pelas escolas de engenharia. O usuário médio é jovem, alto e com peso proporcional a sua altura (magro).

Como já abordado, o período do verão em Salvador é marcado por *stress* térmico e calor intenso. Os estudos realizados no item 4.2 apontam para uma edificação com baixa inércia térmica.

Os resultados obtidos ratificam o bom desempenho térmico, pois a maioria dos usuários considera a temperatura da sala boa. No entanto, ficou evidente a necessidade da instalação de equipamentos mecânicos em momentos de calor intenso.

A iluminação dos ambientes também apresentou uma boa aceitação, principalmente à integrada (natural e artificial), com 72%. Confirmando a opinião do usuário, as medições realizadas na sala 07.01.05 atingiram iluminâncias médias de 1,1 KLux (iluminação integrada), valor superior ao recomendado pela NBR 5413 (ASSOCIAÇÃO ..., 1992) que sugere, em média, 300 Lux.

Quanto ao uso da energia, o reconhecimento que a Escola desperdiça energia pode ser interpretado como um primeiro estágio de educação ambiental, pois os usuários já conseguem detectar pontos críticos e se mostram acessíveis a mudanças comportamentais.

4.4 ESTUDO DE DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO QUANDO AO CONSUMO DE ENERGIA

4.4.1 A edificação e a energia

A questão energética nas edificações do campus da UFBA vem despertando interesse a partir anos 90. Os estudos realizados por Torres e outros (2000) nos prédios da UFBA, quanto ao consumo de energia e água no ano de 1998, apresentaram elevados índices de consumo, com destaque ao Instituto de Química e Geociências, representado 8,0% do total, seguidos da Escola Politécnica e o Instituto de Matemática (6,0%) e o Instituto de Física com (4,2%).

Esta preocupação levou uma de equipe de professores com uma formação interdisciplinar a desenvolver projetos para o Campus, dentre eles o Programa de Gestão Ambiental de Qualidade, baseado em princípios de Produção Limpa e ações educacionais.

O Programa de Gestão Ambiental do Campus contemplava quatro subprogramas, o de Uso Racional da Energia e Conforto Ambiental; o *Águapura*; o de Manejo de Resíduos Sólidos; e o de Urbanismo e Paisagismo do Campus.

O Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura - LACAM desenvolveu em 2001 e 2002 projetos no Programa de bolsas de Iniciação Científica - PIBIC contemplando o Subprograma de Uso Racional da Energia e Conforto Ambiental. Os resultados preliminares apresentaram recomendações para a Escola Politécnica e mais três edificações quanto ao desempenho energético das salas de aula (CARVALHO E MORAES, 2002).

Dentre os programas, foram dados continuidade na UFBA o *Águapura*, abrangendo todas as unidades.

A questão energética da UFBA tornou-se mais agravante com o decreto lei presidencial que impôs aos órgãos federais o racionamento nacional de energia elétrica.

Para atender o decreto, a UFBA desenvolveu um programa emergencial setorial – o Programa POUPELUZ, (Portaria Nº 443/01, de 02 de abril de 2001, do Magnífico Reitor da UFBA), que por sua vez criou Comissões Internas de Redução do Consumo de Energia – CIRCE's, nas unidades administrativas e tornou-se responsável pela concepção, coordenação, acompanhamento e supervisão técnica das ações de redução de consumo de energia elétrica na instituição.

As medidas emergências aplicadas em cada unidade podem ser entendidas como superficiais e paliativas, sendo que as maiorias não estão mais em vigor com fim do racionamento.

Em 2001, com o objetivo de reduzir o consumo das unidades, foi realizado um Projeto pela Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP de aproximadamente 1,5 milhões de Reais para realização de auditoria energética de treze unidades que apresentavam maior consumo e aplicar em melhorias apontadas no diagnóstico.

Como a Politécnica encontrava-se entre os três maiores unidades consumidoras, foi contemplada pelo Projeto, sendo realizado a auditoria energética pela empresa ECOLUZ (2002). Atendendo recomendações da consultoria e utilizando os recursos oriundos do convenio, a Escola realizou o *retrofit* - troca dos sistemas de iluminação: luminárias, lâmpadas e reatores por equipamentos mais eficientes.

O *retrofit* pode ser considerado a iniciativa mais importante já realizada em prol da efficientização da edificação, porém insuficiente, pois ainda não foi instaurado um programa de uso racional de energia que atue de forma contínua e global.

Atualmente a Escola sofre constantes quedas de energia provocadas pelo aumento das demandas energéticas. Ações como redimensionamento dos transformadores da subestação por dois anos consecutivos, 2005 e 2006, não representa uma garantia para responder a seguinte pergunta: Por quanto tempo o sistema atual vai suportar?

4.4.2 As instalações elétricas

4.4.2.1 As fontes de energia

A Escola Politécnica é servida de energia elétrica pela concessionária local, a COELBA. Existem outras formas de energia na escola, porém pouco representativas. Como por exemplo, recentemente houve a instalação de placas solares na cobertura para geração de energia da biblioteca.

4.4.2.2 As instalações prediais de alta tensão

A Escola Politécnica se enquadra como Consumidora do Grupo A da COELBA, por possuir uma rede trifásica com tensão de 13,8 kV, alta tensão, subgrupo A4.

As instalações da Escola são constituídas por dois geradores de 300 kVA, sendo considerado pelos gestores da Escola com insuficientes em função do aumento crescente da demanda de energia.

4.4.2.3 Histórico de consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica na edificação no período de Janeiro de 1998 até Dezembro de 2006 apresenta um perfil crescente com variações (Gráfico 6 e Gráfico 7).

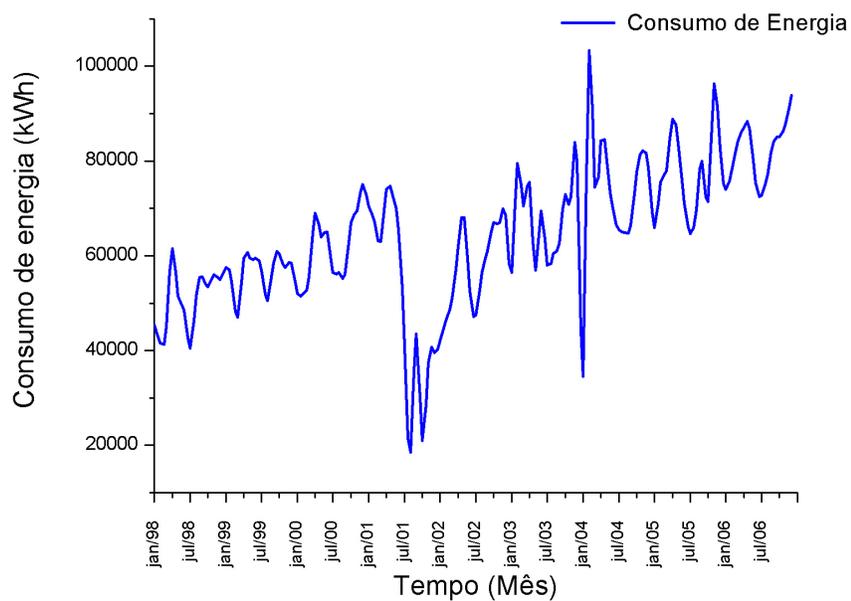


Gráfico 6: Histórico do consumo de energia da Escola Politécnica (mensal) –

Período: Janeiro de 1998 à Dezembro de 2006.

Fonte: Arquivo da Prefeitura do Campus - UFBA.

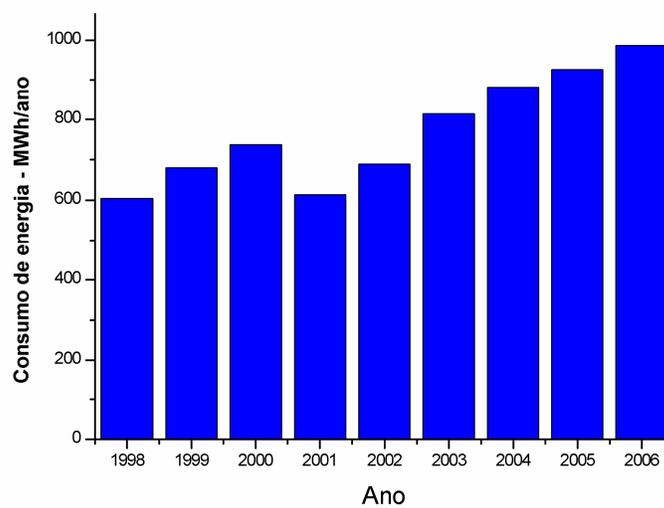


Gráfico 7: Histórico do consumo anual de energia da Escola Politécnica.

Fonte: Arquivo da Prefeitura do Campus - UFBA.

Comparando a variação do consumo decrescente com os momentos históricos de crise energética, percebe-se que o declínio pode ser atribuído às medidas emergenciais providas no período de racionamento de energia, entre 2001 e 2002, e posteriormente, um aumento gradativo decorrente do fim do racionamento, já que as medidas aplicadas não permaneceram em vigor.

Outra observação pertinente é o período do *retrofit* em 2004. O Gráfico 7 indica um aumento do consumo de energia entre 2004 e 2005. É válido ressaltar que não se pretende atribuir ao *retrofit* o aumento do consumo, ao contrário, mostrar que o consumo de energia poderia ter sido mais intenso devido à entrada de novos equipamentos no sistemas e ampliação do espaço físico.

4.4.2.4 Histórico dos contratos de tarifação COELBA⁴

Desde a sua fundação até o ano de 2004, a Escola possuía um contrato com concessionária com *Tarifa Convencional*. A *Demanda Contratada* no período de 1997 a 2004 era de 210 kW. Neste momento, a Escola excedia o valor contratado na maior parte dos meses, conforme verificado no Gráfico 8.

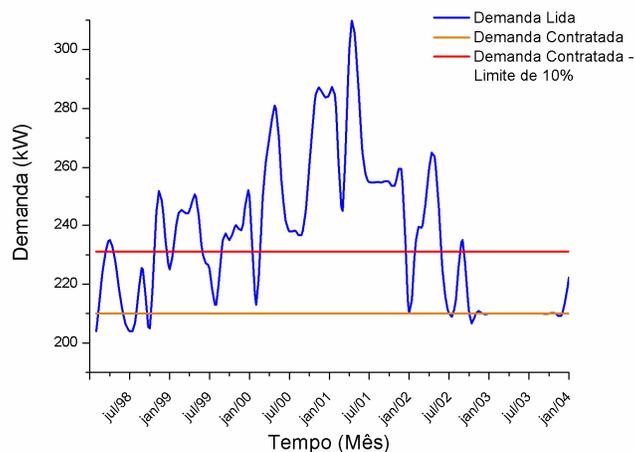


Gráfico 8: Histórico de Demanda Faturada de energia da Escola Politécnica (mensal) – período de Janeiro de 1998 até Janeiro de 2004.

Fonte: Arquivo da Prefeitura do Campus - UFBA.

⁴ Os termos aqui utilizados estão definidos em 2.3.1.3: Estudos da Tarifação das contas de energia.

O ônus por ultrapassar a *Demanda Contratada* reflete no preço final da energia, expresso na conta. Segundo um estudo feito por Torres e outros (1999), a Escola Politécnica estava em terceiro lugar, representando 6% no valor pago pela instituição.

Em fevereiro de 2004, a Escola passou por um processo de revisão de contrato, passando para Tarifa Verde, com *Demanda Contratada* de 290 kW, valor atualmente vigente.

O histórico da Demanda Consumida pela Escola está expresso no Gráfico 9. Durante esse período, a Escola ultrapassou o valor contratado nos meses de Fevereiro de 2005 e Janeiro, Março, Abril Maio de 2006, sendo penalizada com a *Tarifa de Ultrapassagem*.

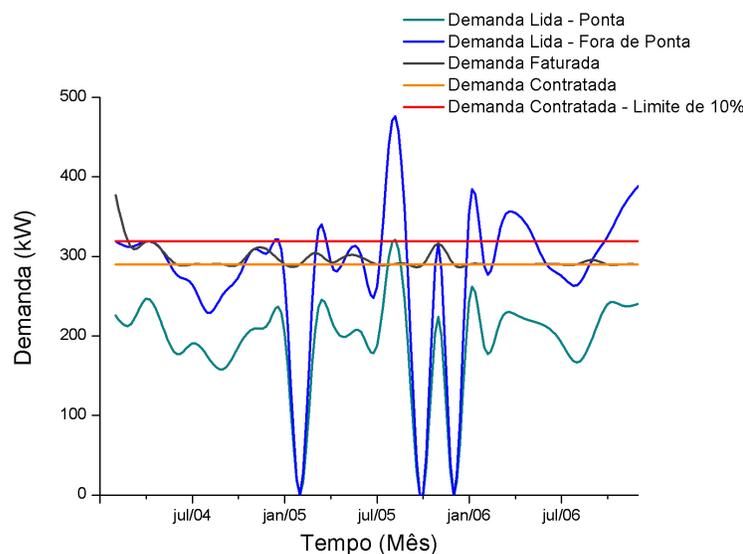


Gráfico 9: Histórico de Demanda Faturada – Tarifa Verde

Fonte: Arquivo da Prefeitura do Campus - UFBA.

4.4.3 Levantamento das potências instaladas

4.4.3.1 Período do cadastro e participantes

O levantamento das potências instaladas foi realizado por alunos de Engenharia elétrica com o apoio do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE - Programa Energia Brasil, nos meses de fevereiro e março de 2005 e atualizados em setembro e outubro de 2006, em função das constantes reformas na edificação.

4.4.3.2 Os sistemas de iluminação

Com o *retrofit*, houve uma padronização dos sistemas de iluminação. As características dos sistemas instalados estão descritos na Tabela 13. São luminárias ditas eficientes, com alta refletância e rendimento.

Durante as visitas foram observadas algumas exceções, principalmente nos laboratórios, resultado de reformas realizadas com recursos próprios.

Tabela 13: Características das luminárias

	<p>Local: Salas de aula e laboratórios.</p>
	<p>Características: Luminária em alumínio de sobrepôr para lâmpada fluorescente tubular (2 de 32 W), corpo em chapa de aço tratada e pintada; refletor facetado em alumínio anodizado brilhante de alta refletância e alta pureza 99,85%. Rendimento de 84%. Reator eletrônico</p>
	<p>Referencia: INTRAL tipo OA.</p>
	<p>Local: Escritórios e laboratórios de informática</p>
	<p>Características: Luminária em alumínio de sobrepôr para lâmpada fluorescente tubular (2 de 32 W), corpo em chapa de aço tratada e pintada; refletor facetado em alumínio anodizado brilhante de alta refletância e alta pureza 99,85%; aletas planas em chapa de aço pintada. Rendimento de 62%.</p>
	<p>Referencia: INTRAL tipo EAPN-AL.</p>
	<p>Local: Áreas de circulação, sanitário, copa e depósito.</p>
	<p>Características: Luminária em alumínio de sobrepôr para lâmpada fluorescente tubular (2 de 32 w), corpo refletor em chapa de aço tratada e pintada de branco.</p>
	<p>Referencia: INTRAL tipo OABR</p>

Fonte: INTRAL (2007).

4.4.3.3 Climatização

Já os sistemas de climatização da Escola não apresentam um padrão. Possuem como característica aparelhos individualizados, que se diferenciam quanto ao tipo e forma de exaustão. Os tipos existentes são: ar condicionado de janela e *split* e ventiladores. A Tabela 14 demonstra que na Escola predomina os sistemas de janela. A exaustão dos aparelhos encontra-se predominantemente na fachada sudeste e em alguns casos voltados para a circulação.

Tabela 14: Equipamentos de climatização instalados na Escola.

Ar condicionado Tipo	Quantidade
Janela	170
<i>Split</i>	38
Ventilador	73

4.4.3.4 Os equipamentos de informática

Os computadores podem ser considerados os equipamentos mais complexos para obtenção das potências instaladas, pois dependem de um conjunto de componentes de configuração da máquina.

Os ambientes visitados não possuem cadastros contendo informações de configuração das máquinas instaladas. Por isso, não foi possível registrar a demanda real do equipamento.

O procedimento adotado foi o registro do número de processadores existentes no ambiente e o tamanho do seu respectivo monitor. A potência dos aparelhos foi atribuída considerando os valores de demanda divulgados na literatura.

No site da internet da SMS (2007) (Tabela 15) foram encontrados valores em função o tipo de processador e o monitor. Já o Programa Energia Brasil (SEBRAE) sugere um uso de

250 W. Como na Escola possui computadores de tipos variados, dos atuais e os mais antigos, optou-se em adotar a demanda recomendada pelo SEBRAE para todos os computadores da Escola.

Tabela 15: Consumo dos computadores.

PC	Consumo máximo (VA)
PC (ON BOARD) + Monitor 14" ou 15"	250
PC (ON BOARD) + Monitor 17" ou 19"	300
PC (OFF BOARD) + Monitor 14" ou 15"	350
PC (OFF BOARD) + Monitor 17" ou 19"	400

Fonte: SMS (2007).

4.4.3.5 Equipamentos e motores

Quanto aos equipamentos podem ser classificados em dois tipos:

1. Específicos dos laboratórios: estufas, balanças eletrônicas, entre outros.
2. Os domésticos: bebedouros, geladeiras, frízeres, cafeteiras, aparelhos de microondas etc.

A maioria dos equipamentos e motores encontra-se nos laboratórios e escritórios.

4.4.4 Rotinas de uso e ocupação dos ambientes e das potências instaladas

As rotinas de uso e ocupação das salas de aula foram obtidas através de consulta ao *Website* da Escola Politécnica (2006), onde disponibiliza o sistema de alocação de salas, com a disciplina alocada e o módulo de alunos matriculados por horário.

As informações foram tratadas em planilhas eletrônicas, gerando a rotina de uso do ambiente e o número de usuários semanal e mensal, Posteriormente foi realizado tratamento estatístico de valor máximo, mínimo, média e desvio.

Como exemplo, a Tabela 16 apresenta a rotina de uso e ocupação da sala 07.01.01. Possui a capacidade de 40 alunos, e em média está sendo ocupada por 29 alunos, com rotina de uso de 31 horas semanais. Já a Tabela 17 contém uma síntese das salas de aula do sétimo andar, que em média funcionam 42 horas semanais, com uso e modulo de alunos intermitentes.

Tabela 16: Rotina de uso e ocupação da sala 07.01.01

SALA 07.01.01						
OC TOTAL SEMANA (alunos)	CAPAC (alunos)	SÍNTESE DO AMBIENTE				ROTINA (h/semana)
		OC MAX (alunos)	OC MIN (alunos)	OC MED (alunos)	OC DESV (alunos)	
890	40	40	20	29	8	31
OCUPAÇÃO (alunos)						
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB
07:00	40	40	40	40	20	
08:00	40	40	40	40	20	
09:00		21		21	20	
10:00		21		21	20	
11:00						
12:00						
13:00	33	26	33	26		
14:00	33	26	33	26		
15:00		28		26		
16:00		28				
17:00	22		22			
18:00	22		22			
19:00						
20:00						
21:00						
MAX	40	40	40	40	20	
MIN	22	21	22	21	20	
MÉDIA	32	29	32	29	20	
DESVIO	8	7	8	8	0	
Rotina diária (horas)	6	8	6	7	4	0

Sendo: OC= ocupação e CAPAC = capacidade
Fonte: Escola Politécnica (2006) – adaptado.

Tabela 17: Tabela síntese de uso e ocupação das salas de aula do 7º Andar.

SALA	OC TOTAL SEMANA (alunos)	CAPAC (alunos)	OC MAX (alunos)	OC MIN (alunos)	OC MED (alunos)	OC DESV (alunos)	ROTINA (h/semana)
07.01.01	890	40	40	20	29	8	31
07.01.02	854	40	35	5	22	9	38
07.01.03	1832	35	50	18	35	9	52
07.01.04	1276	40	40	15	35	8	36
07.01.05	1278	40	40	9	29	11	44
07.01.06	1870	60	50	31	39	6	48
07.01.07	1430	50	45	15	31	10	46
07.03.02	917	40	40	9	32	13	29
07.03.03	2176	60	50	11	38	13	58
07.03.04	1284	40	40	12	30	9	43
07.03.05	1644	65	60	26	41	11	40
07.03.06	996	40	40	6	29	13	34
07.03.07	1928	60	55	9	37	16	52
média	1413	47	45	14	33	10	42

Sendo: OC= ocupação e CAPAC = capacidade
 Fonte: Escola Politécnica (2006) – adaptado.

Já a rotina de uso dos sistemas instalados nas salas de aula foi obtida identificando os responsáveis pelo ambiente que são os técnicos de manutenção e funcionários dos departamentos, no qual informaram o tempo de uso dos equipamentos durante as aulas.

Nos laboratórios e escritórios, as rotinas de uso foram obtidas como descrita na metodologia, através de entrevistas específicas com as pessoas consideradas “chave” (item 3.2.2, P. 58).

4.4.5 Indicadores da edificação

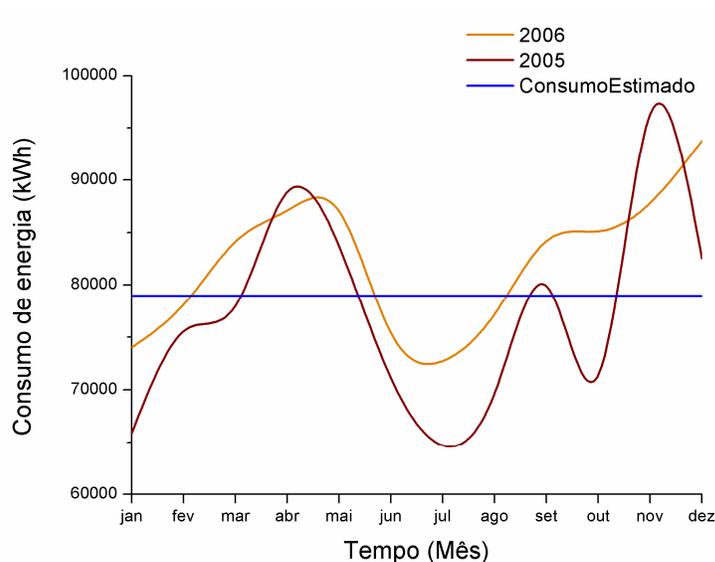
4.4.5.1 A demanda e o consumo estimados de energia da Escola.

O estudo estima uma potência instalada na Escola de 1,116 MW e um consumo de 78,97 MWh mês. Comparando o valor do consumo estimado com as médias anuais de consumo, ano de 2005 e 2006, (Tabela 18) obtém-se uma margem de erro 3,95% para o consumo médio de 2006 e 2,16% de erro para 2005.

Tabela 18: Consumo Estimado e o consumo médio de 2006 e 2005.

Consumo Estimado (MW/h)	Consumo Médio	
	2006 (MW/h)	2005 (MW/h)
78,97	82,21	77,30

Em um segundo comparativo, agora considerando os consumos mensais do ano de 2006 e 2005 da Escola (Gráfico 10), o consumo estimado aproxima-se ao consumo real nos meses de Março, Maio, Setembro e Novembro de 2005 e Fevereiro, Junho e Agosto de 2006.

**Gráfico 10: Comparação do Consumo Estimado com o histórico de consumo de 2005 e 2006.**

4.4.5.2 A Demanda e o consumo estimados desagregados por uso Final

4.4.5.2.1 Total da edificação

Ao desagregar as cargas instaladas da Escola por uso final (Gráfico 11), obtém-se a maior parcela para os equipamentos (55%), seguidos da climatização (35%) e iluminação (10%).

Com um comportamento semelhante, o consumo estimado desagregado por uso final (Gráfico 12). Os equipamentos são responsáveis pela maior parcela do consumo(42%), seguidos da climatização (39%) e iluminação (19%).

Ao desagregar os equipamentos instalados em informática e demais equipamentos, verificou-se que a carga instalada dos demais equipamentos (37%) é superior aos de informática (18%) (Gráfico 11). Já no consumo estimado o comportamento é o inverso, a informática (32%) representam uma parcela de aproximadamente três vezes maior que os demais equipamentos (10%)(Gráfico 12).

Essa observação confirma que os aparelhos de informática instalados são largamente utilizados e ao contrario, os demais equipamentos possui rotinas de uso disforme.

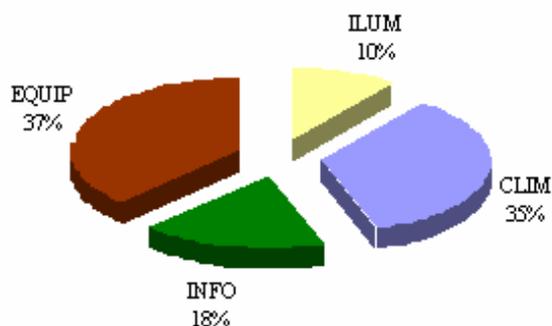


Gráfico 11: Potência Instalada estimada por uso final - Ano: 2006

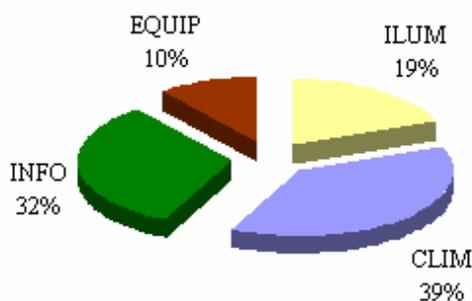


Gráfico 12: Consumo Estimado por uso final - Ano: 2006

O perfil de demandas e consumos desagregados apresentados podem ser considerados um cenário novo. A ECOLUZ (2002) realizou uma consultoria e apresentou para 2001 o seguinte perfil de consumo (Gráfico 13): Os setores de climatização (48%) e iluminação (45%) praticamente empatados, seguido dos equipamentos (7%).

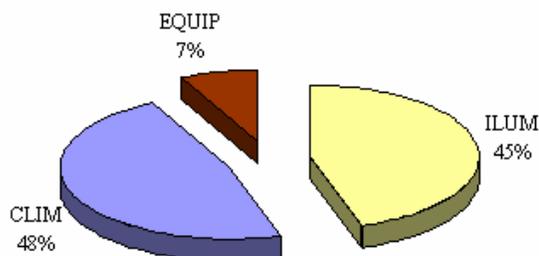


Gráfico 13: Consumo Estimado por uso final - Ano: 2001.
Fonte: ECOLUZ (2002)

Analisando os resultados obtidos com os estudos realizados na edificação, pode-se aferir que o processo de informatização em um período de quatro anos associado *retrofit* mudou o perfil da Escola, que ainda está em transformação, em função das constantes reformas existentes.

4.4.6 Dos ambientes

O cálculo dos indicadores foi feito desagregando os ambientes da edificação quanto ao tipo: salas de aula, laboratórios, escritórios (gabinete de professor e o setor administrativos) e uso final (iluminação, climatização, equipamentos de informática e outros equipamentos) (Figura 21).

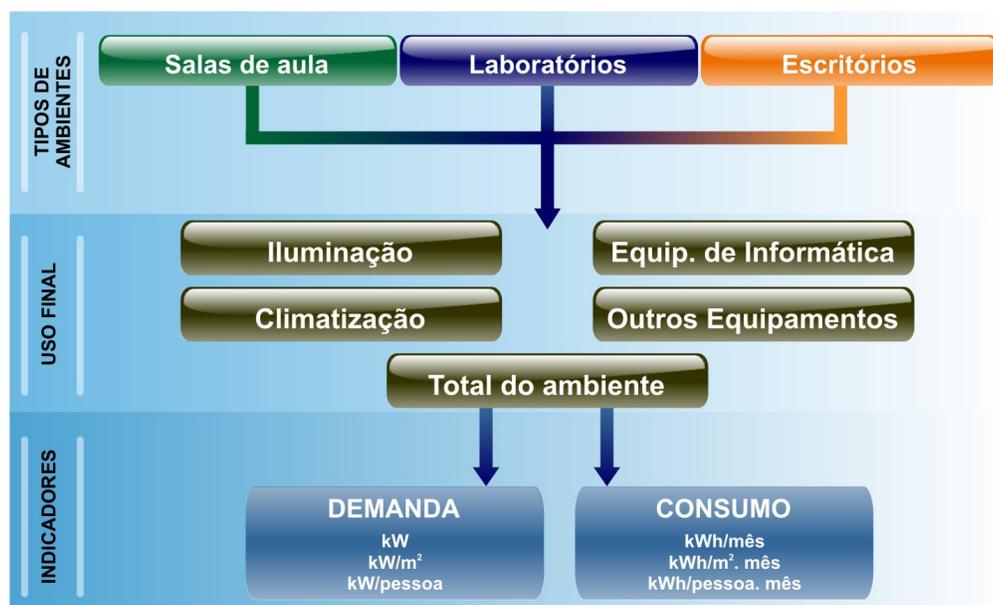


Figura 21: Esquema: Indicadores dos ambientes desagregados por uso final.

Especialmente no caso da Escola Politécnica, o tipo salas de aula foi desagregado em salas simples e especiais, por possuírem características diferentes. As salas de aula simples não sofreram praticamente nenhum tipo de reforma e possuem as seguintes potências instaladas: iluminação, retro projetor e ventiladores. Já as salas especiais passaram por reformas e possuem ar condicionado, equipamentos de informática como computador e *datashow*, retro projetor.

Os indicadores energéticos estimados dos tipos de ambientes da Escola foram especializados em 34 plantas temáticas apresentadas no anexo 3.

Cada planta possui uma tabela síntese dos indicadores contendo os valores máximos, mínimos, média e desvio padrão e a faixa de indicadores de maior ocorrência nos ambientes. A Tabela 19 apresenta os indicadores total dos ambientes, desagregados pelo tipo (sala de aula, sala de aula especial, laboratórios e escritórios), e posteriormente os indicadores nos ambientes desagregados por uso final (Tabela 20, Tabela 21, Tabela 22, Tabela 23).

Tabela 19: Síntese dos Indicadores estimados – total do ambiente

Total do ambiente							
Tipo	Máx	Min	Méd	Desv	Faixa - maior ocorrência		
Demanda (kW)							
SA	1,56	0,53	0,99	0,26	0,63	-	1,17
SAE	13,70	1,58	5,11	2,82	1,58	-	4,33
LAB	72,39	0,27	6,51	9,67	0,27	-	7,26
ESC	9,30	0,07	1,55	1,55	0,07	-	1,29
Demanda por m2 (kW/ m2)							
SA	0,04	0,01	0,02	0,01	0,014	-	0,024
SAE	0,22	0,03	0,10	0,05	0,056	-	0,104
LAB	8,93	0,00	0,30	1,01	0,004	-	0,528
ESC	0,64	0,00	0,09	0,08	0,004	-	0,086
Demanda por pessoa (kW/ pessoa)							
SA	0,05	0,02	0,03	0,01	0,031	-	0,040
SAE	7,68	0,13	0,25	0,12	0,13	-	0,28
LAB	19,98	0,12	3,62	4,85	0,12	-	3,45
ESC	10,77	0,07	2,46	2,89	0,07	-	1,54
Consumo (kWh)							
SA	206,13	9,87	112,84	50,15	67,95	-	130,73
SAE	1366,09	156,53	409,19	300,45	156,53	-	343,70
LAB	2641,75	10,62	338,05	488,33	10,62	-	369,28
ESC	1344,29	1,43	157,17	188,11	1,43	-	154,10
Consumo por m2 (kWh/ m2)							
SA	4,07	0,30	1,92	0,86	1,470	-	2,480
SAE	21,81	3,36	7,56	4,90	3,36	-	21,81
LAB	195,83	0,37	13,12	22,10	0,37	-	17,99
ESC	115,91	0,08	8,96	12,03	0,08	-	11,88
Consumo por pessoa (kWh/ pessoa)							
SA	6,30	2,31	4,05	1,08	2,31	-	3,40
SAE	50,52	7,15	16,40	13,39	7,15	-	11,06
LAB	2005,56	10,81	253,43	358,47	10,81	-	210,29
ESC	1909,92	1,90	258,02	354,70	1,90	-	242,43

Sendo: SA= sala de aula; SAE = sala de aula especial;
LAB = laboratório; ESC = escritório.

Tabela 20: Síntese dos Indicadores estimados de iluminação

Iluminação							
Tipo	Máx	Min	Méd	Desv	Faixa - maior ocorrência		
Demanda (kW)							
SA	1,03	0,14	0,59	0,21	0,42	-	0,72
SAE	1,32	0,07	0,52	0,37	0,07	-	0,41
LAB	2,28	0,07	0,34	0,30	0,07	-	0,35
ESC	0,98	0,06	0,16	0,14	0,06	-	0,20
Demanda por m2 (kW/ m2)							
SA	0,02	0,01	0,01	0,00	0,010	-	0,014
SAE	0,02	0,00	0,01	0,00	0,002	-	0,010
LAB	1,00	0,00	0,02	0,10	0,010	-	0,024
ESC	0,02	0,00	0,01	0,00	0,002	-	0,008
Demanda por pessoa (kW/ pessoa)							
SA	0,04	0,01	0,02	0,01	0,018	-	0,025
SAE	0,61	0,01	0,09	0,18	0,01	-	0,03
LAB	1,00	0,01	0,23	0,26	0,16	-	0,33
ESC	0,54	0,01	0,19	0,14	0,01	-	0,14
Consumo (kWh)							
SA	169,73	2,99	88,09	39,92	41,35	-	96,18
SAE	239,74	12,10	75,57	67,82	12,10	-	34,82
LAB	235,01	1,58	45,69	44,97	1,58	-	34,85
ESC	172,48	0,30	23,08	27,07	0,30	-	20,94
Consumo por m2 (kWh/ m2)							
SA	4,07	0,09	1,49	0,77	0,090	-	1,310
SAE	2,34	0,24	1,15	0,71	0,24	-	0,58
LAB	22,00	0,05	1,53	2,38	0,05	-	1,64
ESC	4,84	0,03	1,16	0,86	0,74	-	1,54
Consumo por pessoa (kWh/ pessoa)							
SA	5,06	1,84	3,13	0,89	1,84	-	2,68
SAE	154,22	0,75	20,03	47,53	0,75	-	1,50
LAB	166,83	1,40	31,09	41,38	1,40	-	15,94
ESC	122,88	0,40	25,66	23,57	0,40	-	20,94

Sendo: SA= sala de aula; SAE = sala de aula especial;
LAB = laboratório; ESC = escritório.

Tabela 21: Síntese dos Indicadores estimados de climatização

Climatização							
Tipo	Máx	Min	Méd	Desv	Faixa - maior ocorrência		
Demanda (kW)							
SA	0,22	0,00	0,02	0,05	0,00	-	0,00
SAE	12,40	0,95	3,84	2,71	2,35	-	6,26
LAB	8,61	0,00	1,74	1,66	0,38	-	3,14
ESC	4,30	0,00	0,70	1,00	0,00	-	0,20
Demanda por m2 (kW/ m2)							
SA	0,0046	0	0,0006	0,0014	0	-	0,001
SAE	0,19	0,02	0,08	0,05	0,05	-	0,09
LAB	0,30	0	0,06	0,06	0,05	-	0,12
ESC	0,33	0	0,05	0,06	0	-	0,01
Demanda por pessoa (kW/ pessoa)							
SA	0,0046	0	0	0,001	0	-	0
SAE	6,26	0,06	0,88	1,91	0,06	-	0,22
LAB	8,64	0	0,48	1,52	0	-	0,72
ESC	7,6	0,01	2,38	2,37	0,01	-	1,05
Consumo (kWh)							
SA	0	31,02	0,54	2,36	-	-	-
SAE	1069,5	0	267,66	254,52	0	-	215,04
LAB	1532,2	0	148,88	233,16	0	-	195,51
ESC	729,12	0	62	109,78	0	-	80,08
Consumo por m2 (kWh/ m2)							
SA	0	0	0,29	0,29	-	-	-
SAE	19,02	0	5,27	4,69	2,91	-	8,25
LAB	28,12	0	4,64	6,43	0	-	3,5
ESC	4,84	0	1,14	0,87	0	-	0,69
Consumo por pessoa (kWh/ pessoa)							
SA	0	0	0	0,002	0	-	0
SAE	1069,5	5,38	143,31	350,13	5,38	-	14,69
LAB	574,56	0	25,86	80,34	0	-	42,34
ESC	122,88	0	14,23	21,7	0	-	17,14

Sendo: SA= sala de aula; SAE = sala de aula especial;
LAB = laboratório; ESC = escritório.

Tabela 22: Síntese dos Indicadores estimado – equipamentos de informática.

Informática							
Tipo	Máx	Min	Méd	Desv	Faixa - maior ocorrência		
Demanda (kW)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
SAE	0,90	0,00	0,50	0,20	0,10	-	0,60
LAB	8,01	0,00	1,10	1,65	0,00	-	1,07
ESC	3,40	0,00	0,50	0,50	0,00	-	0,40
Demanda por m2 (kW/ m2)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
SAE	0,01	0,00	0,01	0,00	0,010	-	0,014
LAB	7,63	0,00	0,11	0,78	0,150	-	7,630
ESC	0,12	0,00	0,03	0,02	0,000	-	0,020
Demanda por pessoa (kW/ pessoa)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
SAE	0,09	0,00	0,02	0,02	0,000	-	0,014
LAB	7,63	0,00	1,09	1,67	0,00	-	0,76
ESC	4,48	0,09	0,75	0,75	0,09	-	0,59
Consumo (kWh)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
SAE	2,00	0,00	51,71	33,47	0,00	-	0,39
LAB	1491,60	0,00	140,00	241,70	0,00	-	197,20
ESC	689,10	0,00	65,99	89,37	0,00	-	76,24
Consumo por m2 (kWh/ m2)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
SAE	2,00	0,00	0,93	0,56	0,40	-	1,08
LAB	158,59	0,00	5,59	16,79	0,00	-	5,99
ESC	26,80	0,00	3,30	3,54	0,00	-	2,49
Consumo por pessoa (kWh/ pessoa)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
SAE	7,02	0,00	0,56	1,80	0,00	-	0,00
LAB	1320,12	0,00	35,02	143,12	0,00	-	75,67
ESC	122,88	0,00	14,23	21,70	0,00	-	17,14

Sendo: SA= sala de aula; SAE = sala de aula especial;
LAB = laboratório; ESC = escritório.

Tabela 23: Síntese dos Indicadores estimados – outros equipamentos.

Outros equipamentos							
Tipo	Máx	Min	Méd	Desv	Faixa - maior ocorrência		
Demanda (kW)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	-		
SAE	0,00	0,00	0,00	0,00	-		
LAB	70,55	0,00	3,34	9,58	4,23	-	27,00
ESC	2,10	0,00	0,10	0,40	0,30	-	1,00
Demanda por m2 (kW/ m2)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	-		
SAE	0,00	0,00	0,00	0,00	-		
LAB	3,51	0,00	0,12	0,46	0,000	-	0,130
ESC	0,29	0,00	0,01	0,03	0,000	-	0,020
Demanda por pessoa (kW/ pessoa)							
SA	0,00	0,00	0,00	0,00			
SAE	0,00	0,00	0,00	0,00			
LAB	11,07	0,00	1,50	2,65	0,00	-	0,67
ESC	1,04	0,00	0,16	0,27	0,00	-	0,20
Consumo (kWh)							
SA	36,40	0,00	20,71	11,42	6,31	-	26,60
SAE	44,10	0,00	14,25	16,16	0,00	-	3,25
LAB	1126,40	0,00	53,50	144,80	71,30	-	456,00
ESC	170,72	0,00	6,11	19,81	0,00	-	10,56
Consumo por m2 (kWh/ m2)							
SA	0,60	0,00	0,32	0,17	0,210	-	0,410
SAE	0,78	0,00	0,23	0,23	0,00	-	0,04
LAB	16,44	0,00	1,36	2,83	0,00	-	2,26
ESC	51,27	0,00	0,55	4,25	0,00	-	0,90
Consumo por pessoa (kWh/ pessoa)							
SA	6,30	0,00	3,28	1,86	0,01	-	4,25
SAE	50,52	0,00	10,09	13,19	0,00	-	19,31
LAB	1366,09	0,00	3,88	62,46	0,00	-	27,15
ESC	54,84	0,00	2,00	7,56	0,00	-	5,72

Sendo: SA= sala de aula; SAE = sala de aula especial;
LAB = laboratório; ESC = escritório.

4.4.7 Discussão dos indicadores apresentados

Para se fazer uma interpretação das plantas temáticas geradas, é importante analisar as características dos indicadores gerados.

Como já abordado, os indicadores de demanda expressam o valor das potências instaladas nos ambientes, enquanto os de consumo estão estritamente ligados ao usuário e as questões comportamentais (Figura 6: Relação Demanda e aparelho, Consumo e usuário - P. 36). Para a interpretação das plantas temáticas, existem pontos que merecem atenção:

- O indicador de demanda não deve ser analisado de forma isolada, pois os ambientes possuem dimensões distintas. A tendência é que a maior área demande mais equipamentos instalados, principalmente de iluminação. O indicador de Demanda por m^2 (kW/m^2) equipara os ambientes e permite uma melhor comparação entre salas do mesmo uso.
- Em ambientes com rotinas de uso disforme, como o caso das salas de aula, é importante lembrar que o indicador de Consumo ($kWh.mês$) remete ao uso. Ambientes com elevado consumo, apresentando a cor vermelha, podem indicar que o ambiente é super utilizado pelos usuários, ou seja, está sendo ocupado na maior parte do dia e ao contrário, com baixo consumo, subutilizado.

Como podem ser verificados nas figuras e tabelas apresentadas, os ambientes, mesmo possuindo características de uso e condições ambientais semelhantes, possuem grandes variações nos indicadores. Esta observação provoca um questionamento: Por que as salas com o mesmo tipo possuem comportamento energético distinto?

Essas diferenças inicialmente podem ser entendidas como ineficiência dos sistemas e formas de uso. Em busca de respostas, os indicadores obtidos serão comentados por tipo de ambiente.

4.4.8 As salas de aula

As salas de aula simples da Escola apresentam uma carga instalada média de 0,99 kW por ambiente, predominando com 67% a faixa entre 0,6 e 1,17 kW. Percebe-se uma grande amplitude de demanda por sala (Tabela 19, P. 117).

Em uma tentativa de compreensão deste fenômeno, o indicador de Demanda por m^2 (kW/m^2) permite uma melhor comparação entre as salas. O valor médio encontrado foi de 0,018 kW/m^2 , sendo que 53% das salas possuem indicador entre 0,014 e 0,024 kW/m^2 , amplitude próxima do dobro, considerando o valor máximo e o mínimo (Tabela 19).

Continuando a investigação, desagregando o indicador de Demanda por m^2 por uso final, verifica-se que nas salas o valor de iluminação médio é de 0,01 kW/m^2 e 52% de ocorrência na faixa entre 0,010 e 0,014 kW/m^2 , seguido de 43% de ocorrência das salas entre 0,005 e 0,009 kW/m^2 (Tabela 20, P. 118).

Na climatização, o valor médio é de 0,001 kW/m^2 e 88% das salas demandam entre 0,0 e 0,001 kW/m^2 , valor considerado de pouca contribuição para o acréscimo do indicador final do ambiente (Tabela 21, P. 119).

Portanto, ao desagregar o indicador de demanda por m^2 , verificou-se que o uso final que apresenta maior variação nas salas de aula é o de iluminação, componente que merece ser posteriormente avaliado.

O desempenho dos sistemas instalados em função do usuário, expresso para o caso das salas de aula em Demanda/aluno ($kW/aluno$), foi estimado com valor médio de 4,05 $kW/aluno$ e faixa de maior ocorrência (47,06%) entre 2,31 e 3,40 $kW/aluno$ (Tabela 19).

Quanto ao consumo de energia estimado, salas de aula em média consomem 112,84 kWh mês, sendo que 48% das salas estão entre 67,95 e 130,73 kWh mês, consumo por m^2 médio de 1,92 kWh/m^2 com maior ocorrência entre 1,470 e 2,480 kWh/m^2 (Tabela 19).

Como as salas possuem rotinas de uso variadas, ou seja, o fator tempo de uso por sala, torna-se difícil compará-las. No caso das salas de aula da Escola, a planta de consumo expressa com mais evidência a forma de uso, ou seja, super utilização ou hiper utilização do ambiente. Neste caso, o fator tempo torna-se determinante para o valor final do consumo.

Essa interpretação elimina o equívoco de considerar as salas situadas na faixa em vermelho (faixa entre 130,74 e 206,13 kWh mês) com as salas menos eficientes da Escola (apêndice B).

4.4.8.1 Salas de aula especiais

A carga instalada média das salas especiais é de 5,11 kW, valor cinco vezes superior a das salas simples. A faixa de maior ocorrência (50,00%) é de 1,58 a 4,33 kW (Tabela 19). Esta relação nos faz refletir o custo ambiental que esta sala representa.

O comportamento energético das salas de aula especiais assemelha-se ao das salas simples quanto à elevada variação dos indicadores.

Fazendo o mesmo percurso de análise das salas simples, e tomando como referência a o indicador de demanda por m^2 , em média possuem $0,10 \text{ kW/ m}^2$, correspondendo a cinco vezes do valor médio das salas simples ($0,02 \text{ kW/ m}^2$). A faixa de maior ocorrência (52,38%) é de $0,014$ a $0,024 \text{ kW/ m}^2$ (Tabela 19).

Ao desagregar os indicadores estimados por uso final, percebe-se que o indicador de iluminação possui valor médio de $0,01 \text{ kW/ m}^2$, mesmo valor das salas simples, com faixa de maior ocorrência (78,57%) entre $0,0015$ e $0,0101 \text{ kW/ m}^2$ (Tabela 20, P. 118).

A climatização, as maiores potências da Escola estão instaladas nas salas especiais. O indicador de Demanda estimada possui valor médio é de 3,84 kW. O indicador por metro quadrado médio é de $0,08 \text{ kW/ m}^2$, e maior frequência (42,86%) situada na faixa ente $0,050$ e $0,090 \text{ kW/ m}^2$ (Tabela 20, P.119).

Já os equipamentos de informática e outros equipamentos apresentam homogeneidade. 85,7% das salas especiais possuem carga instalada em informática entre 0,10 e 0,60 kW (Tabela 22, P.120).

Nas salas especiais, o indicador estimado de demanda por pessoa é elevado comparado ao das salas simples. Apresenta um valor médio de 0,25 kW/ aluno, sendo 55,56% situado na faixa de 0,13 a 0,28 kW/ aluno, enquanto que nas salas simples o valor médio é de 0,033 kW/ aluno (Tabela 19). Como a demanda das salas especiais é superior e o módulo de alunos reduzido, o indicador tende a ser maior, conseqüentemente, o custo ambiental por aluno para a realização da atividade.

O consumo de energia estimado médio é de 409,19 kWh. mês, sendo que 57% apresentam entre 156,53 e 343,70 kWh mês (Tabela 19). As especiais também possuem uso intermitente, por isso, torna-se difícil compará-las quanto aos indicadores de consumo.

4.4.9 Laboratórios e escritórios

Como já era esperada, a maior carga instalada encontram-se nos laboratórios. Os indicadores de demanda estimados expressam valor médio de 6,51 kW, sendo que 76,34% situam-se na faixa entre 0,27 e 7,26 kW (Tabela 19).

Conseqüentemente, a relação demanda e consumo por m² média são as maiores obtidas na Escola, com valor de 0,304 kW/ m² e 13,12 kWh/ m², respectivamente. As faixas de maior ocorrência são 97,89% dos laboratórios entre 0,004 e 0,528 kW/ m² e 9,57% entre 0,37 e 17,99 kWh/ m² (Tabela 19).

Como a maioria dos laboratórios possui rotinas de uso semelhantes, funcionando em média 40 horas semanais, e os equipamentos instalados possuem rotinas bem definidas, o indicador de consumo torna-se um instrumento importante para avaliação do comportamento energético dos laboratórios, permitindo detectar os ambientes mais energívoros (Tabela 19).

Desagregando os indicadores por uso final, verifica-se que os laboratórios apresentam também os indicadores estimados mais elevados da Escola quanto à demanda e consumo de iluminação, equipamentos de informática e outros equipamentos.

Em iluminação, o indicador de demanda por m^2 médio é de $0,019 \text{ kW}/m^2$, com 81,72% dos ambientes com faixa de maior ocorrência entre $0,010$ e $0,024 \text{ kW}/m^2$. Comparando com os resultados obtidos nas salas simples, salas especiais e escritórios que possuem valores médios próximos de $0,010 \text{ kW}/m^2$, pode-se afirmar que nos laboratórios a relação demanda por m^2 nos laboratórios apresenta o dobro dos demais ambientes ⁵.(Tabela 20, P. 118).

Já o indicador de consumo por m^2 de iluminação possui valor próximo aos obtidos nas salas simples, em média com $1,530 \text{ kWh}/m^2$, com 69,89% entre $0,05$ e $1,64 \text{ kWh}/m^2$. Como nos laboratórios a demanda é superior, a rotina de uso das salas de aula está favorecendo uma aproximação dos consumos, muita delas funcionam em três turnos enquanto os laboratórios em dois (Tabela 20).

Em climatização, a demanda estimada média dos laboratórios é $0,06 \text{ kW}/m^2$, faixa de maior ocorrência (47%) entre $0,050$ e $0,120 \text{ kW}/m^2$. O valor obtido é semelhante aos escritórios com $0,05 \text{ kW}/m^2$ e das salas especiais $0,08 \text{ kW}/m^2$ (Tabela 21, P.119).

Nos laboratórios estão as maiores concentrações de equipamentos de informática. A demanda instalada média é de $1,10 \text{ kW}$ ou $0,110 \text{ kW}/m^2$, 3,6 vezes superior a dos escritórios ($0,030 \text{ kW}/m^2$) (Tabela 21, P.120).

Os demais equipamentos representam, em média, $3,34 \text{ kW}$ de demanda instalada ou $0,12 \text{ kW}/m^2$. Estima-se um consumo médio mensal de $53,50 \text{ kWh}$.

A relação consumo por pessoa é de $253,43 \text{ kWh}/pessoa$, valor próximo ao dos escritórios ($258,02 \text{ kWh}/pessoa$).

⁵ É válido ressaltar que nos laboratórios e escritórios predominam luminárias com aletas anti-ofuscamento e nas salas de aula as luminárias não possuem aletas Ver Tabela 13: Características das luminárias

4.5 INDICADORES DE REFERÊNCIA

4.5.1 Iluminação

4.5.1.1 A eficiência luminosa e rendimento

Os sistemas instalados na Escola possuem um bom desempenho. As lâmpadas fluorescentes de 32 W apresentam em média 84 Lm/W. Os fabricantes das luminárias informam um rendimento de 84% para as luminárias das salas de aula e laboratórios e 62% para as luminárias dos laboratórios de informática e escritórios (Tabela 13, P. 108).

4.5.1.2 Referências da literatura

Como referência na literatura para edificações escolares, a *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* - ASHRAE (1989) define as potência máxima permitida para a iluminação em edifícios nos Estados Unidos em função do tipo de ambiente. A recomendação é que salas de aula devem possuir demandas máximas de 0,0215 kW/m² e os laboratórios 0,0248 kW/m² (Tabela 24).

Como já abordado, o estado da Califórnia instituiu uma legislação específica com indicadores considerados rigorosos, porém, para o caso da iluminação, *California Energy Commission* (1992) recomenda o mesmo valor apresentado pela ASHRAE, 0,0215 kW/m² (Tabela 25).

As salas de aula da Politécnica apresentam entre 0,0099 e 0,0136 kW/m², valores de acordo a norma acima citada. A experiência americana é uma importante referência para avaliação dos indicadores obtidos no caso.

Tabela 24: Indicadores de iluminação ASHRAE/IES

Atividade	Potência de iluminação W/m²
Laboratórios	24,8
Salas com computadores	22,6
Salas de aula e ambientes de leitura	21,5
Corredores	8,6

Fonte: *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (1989).

Tabela 25: Indicadores de iluminação segundo a *Califórnia Energy Commission*

Atividade	Potência de iluminação - W/m²
Escritórios	17,2
Salas de aula	21,5
Corredores	8,6

Fonte: *Califórnia Energy Commission* (1992).

4.5.1.3 Cálculos teóricos - Simulação em softwares de iluminação.

A INTRAL, marca das principais luminárias instaladas na Escola (Tabela 13) desenvolveu o *Software Intral Lux 1.0*. Este realiza o dimensionamento das luminárias pelo método dos Lúmens, em função das características do ambiente e do nível de iluminamento desejado. Como saída, apresenta isolux do ambiente simulado (INTRAL, 2007).

Fazendo uso do programa e tomando como amostra as salas de aula do 7º andar para o dimensionamento da iluminação, os dados de entrada são:

Tabela 26: Dados de entrada - intral lux 1.0

Dados de entrada	
Luminária	Intral AO BR 2x32
Fator de Perda	0,7 - médio
Tipo de ambiente	Sala de aula
Nível de Iluminamento	300 lux
Altura de montagem da luminária	3 metros
Refletâncias	Médio – Teto: 50%, Parede 30%, Piso 10%,
Dimensões do ambiente	Dimensões: variável. Pé direito: 3,00m Altura plano de trabalhos = 0,80m

O resultado do dimensionamento está apresentado na Tabela 27, onde pode ser verificado que os valores encontrados não correspondem ao número de luminárias instaladas nos ambientes.

Tabela 27: Dimensionamento das luminárias pelo intral lux 1.0 x as luminárias instaladas

SALA	ÁREA DA SALA (m²)	LD	LE
07.01.01	46,90	9	9
07.01.02	60,95	9	4
07.01.03	91,92	15	8
07.01.04	50,23	9	9
07.01.05	60,85	12	10
07.01.06	102,53	15	7
07.03.02	60,30	9	10
07.03.03	101,52	15	14
07.03.04	50,00	9	10
07.03.05	90,22	15	14
07.03.06	61,28	12	10
07.03.07	91,22	15	12

Sendo: LD = Número de luminárias dimensionadas pelo intral lux 1.0;
LE = Número de luminárias existentes no local.

Considerando o dimensionamento com o uso do software intral lux 1.0 e a potência das luminárias, obtém-se uma faixa de indicadores entre 0,0099 a 0,0136 kW/m² (Figura 22), valores com amplitude menor que os apresentados na Escola (entre 0,005 e 0,019 kW/m²) e

atendendo ao limite apresentado pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (1989) de $0,0215 \text{ kW/m}^2$.

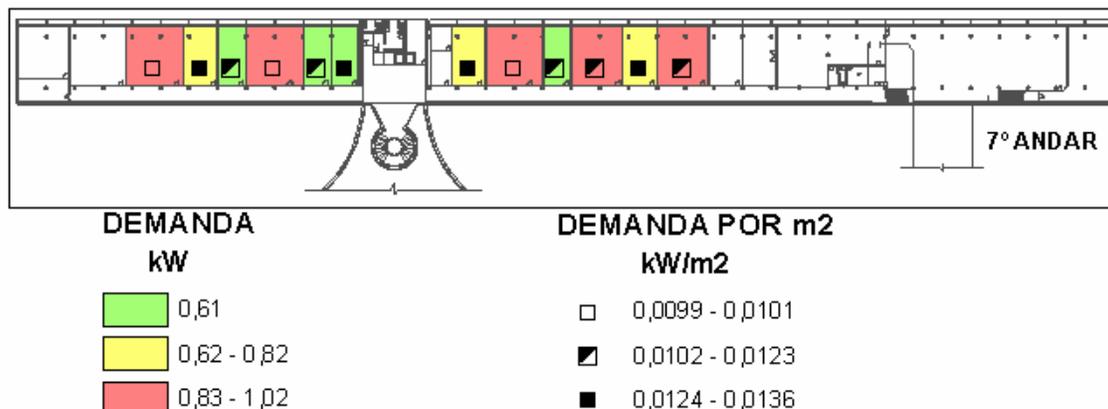


Figura 22: Indicadores de Demanda pelo dimensionamento da intralux 1.0 – Salas de aula do 7º andar.

É válido ressaltar que a Escola optou por uma luminária que possui uma elevada carga instalada por equipamento. Com isso, pequenas variações no dimensionamento das salas não alteram a quantidade de luminárias no ambiente, justificando a variação obtida com o indicador de demanda por m^2 (kW/m^2).

4.6 RECOMENDAÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICAÇÃO

Para definição das recomendações são sugeridos três pontos fundamentais:

- I. Metas
- II. Ações
- III. Indicadores

As metas representam os anseios da edificação, o potencial de melhorias em ecoeficiência dos sistemas energéticos.

As ações correspondem às medidas necessárias para obtenção das metas. Podem ser caráter corretivo ou com o incremento de tecnologias, inovações.

As ações corretivas têm como objetivo sanar os pontos críticos apontados nos estudo da edificação, propiciando um melhor uso da energia com conforto dos usuários. Elas abrem caminho para o incremento de novas tecnologias, ações pro – ativas e inovações, pois contribuem para que outras metas sejam alcançadas.

Os indicadores expressam simbolicamente e numericamente os resultados obtidos, servindo como objeto de estudo para as novas metas da edificação.

4.6.1 Iluminação

4.6.1.1 Minimização do consumo de iluminação no período diurno

A minimização do consumo de iluminação artificial representa o desafio da edificação. A Escola possui um potencial de redução de consumo dos sistemas de iluminação, em virtude do bom desempenho da edificação quanto o aproveitamento da iluminação natural.

Os estudos apresentaram iluminâncias superiores a 300 Lux, com as luzes apagadas, no interior dos ambientes no período diurno. Porém, este potencial não é aproveitado, pois os circuitos não permitem flexibilização de uso, para que a iluminação artificial seja complementar a natural.

A redução do consumo de energia em iluminação é uma meta que pode ser considerada fácil de ser atingida, pois necessita de medidas simples de caráter corretivo.

O redimensionamento dos circuitos elétricos da Escola traz melhorias para todos os usos finais. A modificação do acionamento das luminárias, para o tipo em fila paralela as esquadrias permite a flexibilização do uso.

Durante a revisão dos sistemas, torna-se necessário um dimensionamento do número de luminárias instaladas. As salas devem estar preparadas para a situação extrema, que é o período noturno, iluminâncias recomendadas por norma, com demonstrados no item 4.5.1.3 - Cálculos teóricos - Simulação em softwares de iluminação. (P. 128).

Para os ambientes personalizados como escritórios e laboratórios, deve-se estudar a iluminação complementar destinada a tarefas específicas do ambiente.

No mercado existem tecnologias disponíveis para realização do controle da iluminação artificial complementando a natural. O controle eletrônico da luz multifuncional é um sistema que combina sensores de movimento, receptores infravermelho ou sensores de luz para otimizar o uso da energia. Permite desligar a iluminação caso não existam pessoas no ambiente e controla o fluxo luminoso das lâmpadas de acordo com o nível existente.

É um sistema mais eficiente, baseado no *Plug and play* (não necessita de programação), elimina a ação humana de acionamento das luminárias e promove níveis de iluminação com homogeneidade, agregando conforto ao usuário.

As luminárias inteligentes acompanham lâmpadas mais eficientes. Os avanços obtidos permitem melhorias contínuas nos sistemas (Figura 23). Recomenda-se que a manutenção das luminárias atuais deve acompanhar o desenvolvimento tecnológico.



Figura 23: Avanço tecnológico e crescimento da eficiência luminosa.
Fonte: PHILIPS (2007).

Ações educativas orientando o uso dos ambientes tornam-se importantes para o processo de minimização do uso de sistemas de iluminação. Recomenda-se que uma nova pesquisa de satisfação para medir o desempenho do novo modelo proposto.

4.6.1.2 Sistemas de iluminação com consumo tendendo a zero

O avanço tecnológico caminha para a inserção da eletrônica em sistemas de iluminação através de LEDs e controles inteligentes.

Os LEDs são compostos por diodos, componentes semicondutores que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Como a luz gerada é originada através do aquecimento destes semicondutores por uma pequena corrente elétrica, o espectro concentrado não contém raios ultravioletas, nem infravermelhos.

Atualmente obtêm-se três níveis de potências: baixa (0,1W); média (0,2W a 0,5W) e de alta potência (acima de 0,5W), com tensões menores que 33 Volts.

As luminárias inteligentes barras com 12, 24 e 48 LEDs de 1 W, sistemas óticos de alta precisão (alcance entre 7 m e 15 m) e controles com protocolos DMX e DALI permitem a criação de cenários com alta eficiência (PHILIPS, 2007).



Figura 24: Luminária com barra de LEDs.
Fonte: PHILIPS (2007).

As projeções realizadas para 2020 (Figura 25) aponta para o elevado crescimento de eficiência luminosa dos LED, superiores a 100 lumens/Watt, e versatilidade nas aplicações. (JOHNSON CONTROLS, 2007)

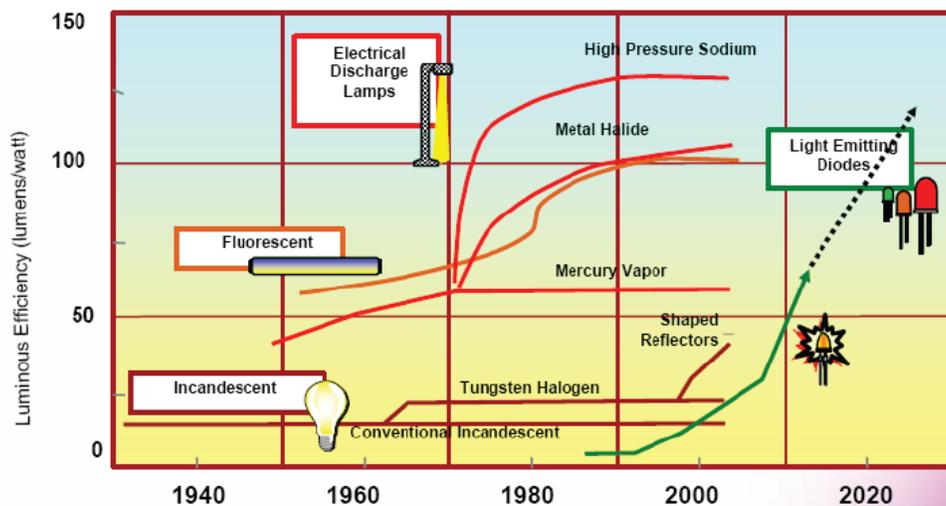


Figura 25: Projeção da eficiência luminosa do LED.

Fonte: Johnson Controls (2007).

O incremento de tecnologias mais limpas associadas aos sistemas naturais, considerando as potencialidades específica da edificação favorece a minimização dos sistemas de iluminação. No decorrer do processo de eficientização, a conceito de melhorias contínuas abre caminho para a implementação das inovações.

A Tabela 18 apresenta uma síntese das recomendações quanto à iluminação.

Tabela 28: Síntese das estratégias de Iluminação.

Iluminação.		
METAS	CURTO MÉDIO E LONGO PRAZO	Minimização do consumo da iluminação.
AÇÕES	CURTO PRAZO	Revisão nas instalações elétricas de baixa tensão, definição dos circuitos da Escola por quadro e flexibilização dos acionamentos das luminárias; Revisão da demanda instalada por sala, adequando aos níveis de iluminação recomendados por norma; Campanha educativa sugerindo o uso do ambiente.
	MÉDIO E LONGO PRAZO	Incremento de tecnologia; Ações comportamentais.
INDICADORES	CURTO	Faixa entre 0,010 e 0,013 kW/m ² (indicadores obtidos em função do sistema atual), com todo o sistema em funcionamento. Redução variando entre 20 e 50% no período diurno.
	MÉDIO E LONGO PRAZO	Melhoria contínua mediante as modificações dos sistemas.

4.6.2 Climatização

4.6.2.1 Minimização dos sistemas de climatização

Para fazer recomendações sobre os sistemas de climatização da Escola, torna-se necessário retomar temas anteriormente discutidos.

O diagnóstico ambiental realizado mostrou que a posição privilegiada de cumeada associada à forma da edificação permite ventilação cruzada e exaustão do calor nos momentos de stress térmico.

Os estudos de satisfação do usuário realizados na estação quente (verão) caracterizam a edificação como a maior parte do ano quente (57%) e menos confortável (44%), sendo que (62%) acharia necessário aumentar a ventilação.

No trabalho desenvolvido por Carvalho e Moraes (2001) foi verificado que as esquadrias da Escola não apresentam um bom desempenho quanto à disponibilidade de luz natural e ventilação. Já as medições realizadas na sala 04.03.04 (TECLIM), que possuem suas esquadrias modificadas, apontou aumento da ventilação natural e satisfação no ambiente de trabalho.

Diante do exposto, recomendam-se estudos para proposição de modificações nas esquadrias, considerando questões estéticas e de conforto, provendo maior fluxo de ar e mecanismos de controle. Como resultados, as expectativas caminham para eliminação dos uso de sistemas artificiais nos ambientes, como ventilador e ar condicionado.

Para tanto, torna-se necessário uma nova consulta para avaliar a satisfação das proposições, ratificando as proposições.

4.6.2.2 Os sistemas de ar condicionado na edificação

O uso da climatização artificial em ambientes permeia por questões culturais a serem superadas. A sociedade contemporânea incorporou o conceito de conforto e status associado aos sistemas de ar condicionado, proliferando a sua instalação em série.

Conforme abordado no cadastro 82% dos aparelhos da Escola são do tipo janela, e em maioria equipamentos antigos e mal dimensionados.

No caso da Escola Politécnica, recomendam-se discussões com a comunidade acadêmica para estabelecimento das diretrizes de uso da climatização artificial e a delimitação dos espaços condicionados.

A consulta feita neste trabalho aponta para 38% dos usuários acham que o ambiente pode melhorar instalando um ar condicionado, percentual considerado baixo em virtude da cultura dos locais climatizados, fator motivador para adesão de sistemas naturais.

Diante do exposto, pode-se construir um cenário nos quais os indicadores de climatização da Escola reduzem tendendo a zero na maioria dos ambientes e ganha um caráter personalizado para locais específicos estabelecido no zoneamento das áreas condicionadas. Para esses ambientes, recomenda-se equipamentos certificados e dimensionados considerando as características do recinto.

A Tabela 29 apresenta uma síntese das metas, ações e indicadores recomendados quanto à climatização.

Tabela 29: Síntese das estratégias de Climatização

Climatização		
METAS	CURTO MÉDIO E LONGO	Minimização do consumo em climatização.
AÇÕES	CURTO MÉDIO E LONGO	Melhorias nas esquadrias para permitir um melhor aproveitamento da ventilação natural; Definição dos ambientes com sistemas de climatização artificial; Redimensionamento dos sistemas. Inserção de aparelhos mais eficientes.
INDICADORES	CURTO MÉDIO E LONGO	Tendem a zero na maioria dos ambientes; Caráter personalizado em locais específicos.

4.6.3 Equipamentos de Informática

A minimização do consumo dos equipamentos de informática está relacionada a um conjunto de ações que envolvem desempenho dos sistemas, a reestruturação do ambiente de trabalho e comportamento.

4.6.3.1 Desempenho dos sistemas

Na busca por soluções mais eficientes no campo da informática, o usuário necessita conhecer os sistemas operacionais dos equipamentos para escolher os componentes que melhor atendam as necessidades do usuário e que possuam um bom desempenho energético. Como exemplo, aqui será ilustrado o caso dos computadores.

Morimoto (2001) desenvolveu estudos sobre consumo de computadores e concluiu que atualmente o processador é um dos componentes que mais gasta energia num PC. Para fundamentar seus estudos, comparou o consumo de energia de processadores das marcas *AMD* e *Intel* existentes no mercado para avaliar os tipos que mais consomem (Tabela 30). Posteriormente a *SILENT PC REVIEW* (2006) divulgou outros estudos, mais atuais, e com as mesmas características de Morimoto, com 15 processadores (Tabela 31).

Tabela 30: Demanda dos Processadores

Processador	Potência (W)
AMD Athlon (Thunderbird)	
800 MHz	38.8
1.0 GHz	48.7
1.2 GHz	59.0
AMD Duron	
600 MHz	24.4
800 MHz	31.8
900 MHz	35.4
Intel Pentium III	
700 MHz	18.3
850 MHz	22.5
1.0 GHz	26.1
Intel Celeron	
600 MHz	15.8
700 MHz	18.3
800 MHz	20.8
900 MHz (em overclock)	26.3

Fonte: Morimoto (2001)

Tabela 31: Demanda dos Processadores

Power Consumption at full CPU load								
Processor	Platform	Clock speed (GHz)	Vcore		CPU Power (DC)		Sistem Power (AC)	
			Stock (V)	Min (V)	Stock (W)	Min (W)	Stock (W)	Min (W)
Intel P-M 770 Dothan	479-1	2.13	1.30	1.12	23.3	13.8	65	53
AMD Turion 64 ML-40 (Lancaster)	754	2.2	1.22	1.05	26.4	18.1	64	54
Intel Core Duo T2600 (Yonah)	479-2	2.16	1.26	1.15	25.4	19.5	78	75
AMD A64 3000+ Venice	939	1.8	1.39	1.18	31.9	20.5	74	61
AMD Sempron 3400+ Venice	754	2.0	1.39	1.19	38.9	26.4	82	66
AMD A64 3500+ Winchester	939	2.2	1.41	1.24	47.5	31.6	98	80
AMD A64 4000+ San Diego	939	2.4	1.39	1.29	42.8	34.3	88	76
AMD A64 3500+ Venice	939	2.2	1.41	1.22	53.8	34.6	104	83
AMD A64 X2 3800+ Toledo	939	2.0	1.39	1.22	58.0	41.4	109	90
AMD A64 X2 4800+ Toledo	939	2.0	1.37	1.26	81.3	60.4	134	112
Intel P4 630 Prescott	775-1	3.0	1.23	1.23	77.7	77.7	128	128
Intel P-D 820Smithfield	775-1	2.8	1.31	1.14	124.0	90.5	181	142
Intel PD 930 Preslef	775-2	3.0	1.22	1.21	93.6	93.6	146	146
Intel PD 950 Preslef	775-2	3.4	1.22	1.22	105.1	105.1	160	160
Intel P4 670 Prescott	775-1	3.8	1.34	1.34	128.9	127.7	197	195

Fonte: SILENT PC REVIEW (2006).

Morimoto (2001) afirma que os processadores da *AMD* consomem mais energia. Já a *SILENT PC REVIEW* (2006), que os processadores Intel estão no topo do consumo. Em contrapartida, outros artigos encontrados na internet estão divulgando que a *AMD* planeja lançar processadores com o sufixo EE - Energy Efficient (EE), usado nos processadores com socket AM2 com consumo ultra baixo de energia.

Com os estudos de Morimoto (2001) e a *SILENT PC REVIEW* (2006), pode-se dizer que existe uma tentativa crescente das empresas em reduzir o consumo dos processadores,

mas contrapondo-se a isso, é notório o aumento das potências dos novos equipamentos lançados.

Ainda sobre os processadores, Morimoto (2001) alerta que a escolha do processador desencadeia novos consumos: *“Um processador que consome mais energia, também dissipa mais calor, o que trará a necessidade de um cooler mais potente, que geralmente também consumirá um pouco mais de eletricidade.”*.

Quanto à placa mãe, os PCs *on board* possuem as funções (placa de áudio, vídeo, etc.) integradas em uma só placa e os PC *off board* possuem placas específicas para cada função (placa de áudio, vídeo, etc.) que torna maior o consumo elétrico. Morimoto afirma: *“Se for o caso de comprar 100 micros para uma empresa que está tentando reduzir o consumo, talvez placas mães de boa qualidade com componentes onboard..., em conjunto com processadores econômicos... sejam uma maneira de alcançar o objetivo.”*.

No caso da memória RAM, prefira usar um único pente ao invés de dois ou três, de menor capacidade, pois um único pente sempre consumirá menos. Os CD-ROMs e gravadores de CD também tem um consumo considerável, mesmo quando não estão lendo/gravando. Os HDs também tem sua parcela de culpa, por isso é sempre bom tentar planejar a configuração do micro para diminuir a quantidade de HDs e drives de CD. Dois HDs de 20 GB consomem quase o dobro que um HD de 40 GB.
(MORIMOTO, 2001)

Nos monitores, *“o consumo depende geralmente do tamanho, mas a diferença não é tão grande assim. A maioria dos monitores de 14” atuais consomem em torno de 80 W, os monitores de 17, por sua vez, consomem entre 100 e 110 W, dependendo do modelo”*.

Os resultados apresentados por Morimoto (2001) e a *SILENT PC REVIEW* (2006) permitem concluir que as eficiências dos sistemas de informática dependem de uma análise objetiva da tarefa em que o equipamento deve desempenhar e buscar a melhor configuração para atender a demanda solicitada.

4.6.3.2 Reestruturação do ambiente de trabalho e comportamento

Entre as primeiras transformações que marcam o início do século XXI destaca-se a informatização dos lares e ambientes de trabalho, resultante de políticas governamentais de incentivos a informatização associados a uma nova sociedade, a *cybercultura*.

O resultado pode ser verificado no caso Escola Politécnica. Como já apresentado, os sistemas de informática podem a ser considerados o uso final de maior consumo da Escola.

Porém, cabe a sociedade de consumo e em especial à Escola, uma reflexão da informática no ambiente de trabalho, passando por uma avaliação espacial, mudança comportamental e conceitual do que vem a ser o melhor equipamento para realização das atividades.

Muitos cometem o equívoco de associar o incremento de equipamentos de ponta e lançamentos do mercado de informática para expressar produtividade e capacidade nos ambientes de trabalho.

A Escola deve realizar uma reestruturação do espaço físico propiciando estações de trabalho que busquem eficiência a partir da adesão de sistemas coletivos, como equipamentos periféricos (impressoras, *scanners*) compartilhados para vários usuários. Deve também instaurar um processo de justificativa formal instalação e uso do equipamento de informática nos ambientes.

As medidas comportamentais tão divulgadas como configurar o computador com gerenciador de energia, como desligar monitor, desligar discos rígidos, modo de espera, etc. são válidas, porém esperam-se mudanças comportamentais mais profundas.

O redimensionamento dos equipamentos instalados passa a ser um sistema personalizado para a atividade pré-estabelecida, ou seja, a definição de computadores e periféricos destinados a determinado uso.

Como os laboratórios e escritórios possuem autonomia, cabem aos seus representantes definir o seu melhor dos sistemas de informática. O seu desempenho será expresso em indicadores do ambiente.

O uso dos indicadores e das plantas temáticas propostas na metodologia serão importantes para o processo de minimização do consumo dos equipamentos informática da Escola, pois permite o acompanhamento dos ganhos obtidos e motivação dos usuários a continuidade ao processo.

O bom desempenho serve como referencia a ser alcançada pelos outros ambientes da edificação e até para outras instituições, instaurando-se a estratégia de *Benchmarking* ambiental.

A Tabela 32 apresenta um resumo das metas, ações e indicadores recomendados para a edificação quanto aos equipamentos de informática.

Tabela 32: Síntese das estratégias – equipamentos de informática

Equipamentos de informática		
METAS	CURTO	▪ Redução do consumo em informática gradativamente.
	MÉDIO E LONGO	▪ Sistemas coletivos de informatização.
	CURTO	▪ Substituição dos componentes por sistemas eficientes;
AÇÕES		▪ Minimização dos equipamentos instalados;
		▪ Agenciamento do espaço de trabalho;
		▪ Ações comportamentais.
	MÉDIO E LONGO	▪ Compra eficiente.
INDICADORES	CURTO	▪ Sugestão: redução de 20% consumo atual.
	MÉDIO E LONGO	▪ Superação dos indicadores.

4.6.4 Outros equipamentos

Os demais equipamentos existentes na edificação foram caracterizados como equipamentos específicos dos laboratórios e uma pequena parcela de equipamentos domésticos (geladeira, cafeteira, bebedouro, microondas).

As recomendações apresentadas seguem o mesmo princípio dos equipamentos de informática, principalmente para os equipamentos domésticos. Torna-se necessário avaliar a importância do uso do equipamento, pensar em soluções coletivas e minimizar as demandas instaladas no ambiente.

A compra de novos equipamentos deve ser orientada pelos indicadores de rendimento dos sistemas e os selos de eficiência (selo PROCEL).

A recomendação de cunho comportamental e energético refere-se a um tema bastante discutido na literatura, o *standby*. Silva Filho (2001) alerta para o desperdício de energia: “*Quanto de energia elétrica é consumido quando os mais diversos aparelhos encontram-se supostamente desligados, leia-se em standby? (...) aproximadamente de 5 a 10% do uso de energia elétrica nas residências nos Estados Unidos (EUA) – algo próximo a 65 W por residência – é para o modo standby*”.

Morimoto (2001) confirma e ressalta o caso dos monitores: “*em modo standby, o monitor consome de 15 a 20 W, mesmo desligado via software (onde o LED fica piscando) ele ainda consome cerca de 5 W. Zero mesmo, só desligando no botão*”.

A Tabela 33 apresenta a demanda de requerida por alguns aparelhos.

Tabela 33: Demanda dos aparelhos em *standby*

Aparelhos	Demanda mínima (W)	Demanda médio (W)	Demanda máxima (W)
CAIXA TV A CABO	5	12	25
COMPUTADOR	1	2	4
DVD	2	4	12
EQUIP. ÁUDIO	2	4	15
IMPRESSORA	4	5	6
MICROONDAS	1	3	6
RÁDIO/RELÓGIO	1	2	3
SECRETÁRIA ELETRÔNICA	2	3	5
SISTEMA DE SEGURANÇA	4	14	22
TELEFONE S/ FIO	2	3	5
TELEVISÃO	1	5	22
VÍDEO CASSETE	1	3	4

Fonte: Silva Filho (2001).

Como nos demais usos finais, a Tabela 34 sintetiza as metas, ações e indicadores recomendados quanto aos equipamentos.

Tabela 34: Síntese das estratégias – demais equipamentos da edificação

Equipamentos diversos		
METAS	CURTO MÉDIO E LONGO	Minimização do consumo
AÇÕES	CURTO MÉDIO E LONGO	Eliminação de supérfluos; Substituição por equipamentos eficientes; Ações comportamentais.
INDICADORES	CURTO MÉDIO E LONGO	Superação dos indicadores.

4.6.5 O acompanhamento e revisão

O acompanhamento e revisão fazem da metodologia um processo contínuo, que sendo instaurado permanece expressando o tempo de uso da edificação, através dos diversos indicadores estabelecidos e atingidos.

Para garantir a auto-suficiência do processo, espera-se que os novos indicadores sejam obtidos com uma maior participação do usuário. Para isso, devem-se disponibilizar os resultados, expressos em indicadores e respectivas plantas temáticas em campanhas e seminários.

A partir da segunda etapa do processo, recomenda-se que banco de dados digital seja implantado em formato virtual, inserindo-o na *website* da instituição. Essa ação permite ao usuário acompanhar em tempo integral os resultados, e construir cenários virtuais.

Espera-se que a alimentação do banco de dados também seja *online*, agora feita pelo usuário através de um campo acesso restrito aos considerados responsáveis pelo ambiente. Esse novo procedimento elimina as visitas cadastro da primeira etapa, transformando os agentes das visitas em orientados do programa.

As informações geradas tendem a ter mais precisão, pois há possibilidade do usuário corrigir possíveis imperfeições cometidos no primeiro cadastro quanto à rotina de uso do espaço e de equipamentos, quantidade de usuários por ambiente etc.

O banco de dados deve ser complementado com alimentação diária dos consumos através da leitura dos medidores para traçar o perfil real de consumo da Escola, dado importante de comparação entre o consumo estimado pelo usuário, o real da edificação e o registrado pela concessionária através da conta de energia.

4.6.6 A automação da edificação

A automatização de edifícios vem sendo utilizada em larga escala em edificações no mundo e constitui uma ferramenta importante para o gerenciamento e eficiência dos sistemas energéticos e outras questões como segurança, consumo de água, sistemas de gás etc.

Permite um monitoramento *on-line*, disponibilizando informações através de tabelas, gráficos e histogramas, apresentando os indicadores reais da edificação. As informações podem ser desagregadas por uso final, permitindo o acompanhamento dos sistemas de forma independente.

As novas tecnologias no mercado apontam para sistemas em rede endereçável, composto de mecanismos sem fio, que não apresentam restrições a outros mecanismos, conversam com aplicativos comerciais e permitem acesso de qualquer lugar a qualquer hora.

Atualmente as empresas que produzem e comercializam automação predial possuem uma rede de indicadores entre seus usuários, mantendo os mesmos atualizados quanto aos melhores índices já obtidos por segmento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 O USO DOS INDICADORES

Esse trabalho foi desenvolvido com objetivo de contribuir para o desenvolvimento de indicadores de energia no ambiente construído, ressaltando sua importância como instrumento de análise, criação de cenários, definição de metas. Além de fornecer informações sobre tendências atuais e futuras, agrega e estimula a participação das pessoas, permite comparações e continuidade do processo.

Foi dedicado um destaque especial à criação de procedimentos para obtenção de indicadores locais, específicos da edificação, que consideram os usos, o clima, a tipologia e particularidades, tendo em vista resultados que melhor expresse as necessidades de uso, satisfação do usuário e objetivos ambientais. A sua construção está pautada em métodos de eficiência energética, nos princípios das tecnologias limpas, bioclimatologia e APO.

A metodologia proposta também permitiu aplicar e validar o uso da ferramenta SIG na eficiência energética de edifícios, mostrando ser um importante instrumento que permite armazenamento georeferenciado de dados e espacialização dos indicadores, aqui representados sob a forma de plantas temáticas.

A eficiência energética caminha para a padronização de indicadores e a criação de níveis aceitáveis de eficiência energética para edificações. Porém, atingi-los não é o bastante, em virtude do desafio ambiental que os sistemas devem atingir a caminho da sustentabilidade.

A adoção de indicadores locais associada à Estratégia de *Benchmarking* ambiental permite explorar as potencialidades da edificação e garante resultados que caracterizam responsabilidade ambiental corporativa e ecoeficiência.

Recomenda-se que o programa de indicadores energéticos deve estar em consonância com outros programas da instituição, como uso da água, prevenção da geração de resíduos, entre outros, pois o processo desencadeia uma cultura ambiental que demanda outras linhas de ação. Da mesma maneira em que o uso de tais indicadores nesses outros projetos torna-se pertinente, pois a integração dos estudos caminha para ações mais integradas e eficientes.

O fator motivador para a construção da metodologia é poder aplicá-la em outras edificações e contribuir para o melhor uso da energia. Dessa maneira, espera-se que a aplicação dos indicadores energéticos em outros casos permita o surgimento de índices normalizados, considerando usos, ambientes, locais e climas específicos.

5.2 CASO ESCOLA POLITÉCNICA

As edificações públicas de grande porte, em especial educacionais, podem ser denominadas edifícios dinâmicos, pois as transformações providas pela mudança de uso, incremento e substituição de equipamentos, e questões comportamentais ocorrem a todo o momento. Nesses casos, os indicadores permitem ao usuário uma avaliação do seu ambiente de trabalho quanto ao uso, conforto e o consumo de energia, o planejamento do edifício, e contribuem para o implemento de modificações no recinto, que pode ser em sua forma física, tecnológica ou comportamental.

O caso Escola Politécnica tem como objetivo não apenas ilustrar o uso dos indicadores em edificações públicas, mas instaurar o processo de efficientização energética na instituição. No caso, foi demonstrada a aplicação da metodologia, e pode ser validado o uso dos indicadores nas diversas etapas do processo.

Na fase de diagnóstico, a espacialização dos indicadores revela as irregularidades dos sistemas energéticos. Salas com as mesmas características de uso e condições climáticas apresentando indicadores demandas e consumos distintos.

Já na fase de proposições e recomendações, o desempenho ambiental da edificação torna-se fundamental para tomadas de decisões específicas do caso e que caminham para a minimização da energia nos diversos usos finais, principalmente na iluminação e climatização.

Quanto à iluminação, o indicador de demanda por m^2 obtido apontou faixas com grande amplitude, em geral, entre 0,010 e 0,024 kW/m^2 . Utilizando os indicadores de referência, verificou-se que os valores encontrados atendem a norma americana (AMERICAN ..., 1989), que determina valores máximos de 0,0226 e 0,0248 kW/m^2 para salas de aula e laboratórios. No entanto, fazendo o dimensionamento com o software da luminária – INTRALLUX 1.0 para as salas de o sétimo andar, foram verificados que as mesmas apresentam mau dimensionamento, seja pelo excesso ou pela falta, apontando para indicadores com uma faixa entre 0,0099 a 0,0136 kW/m^2 .

Porém, essas faixas de indicadores não consideram a integração dos sistemas naturais e artificiais no período diurno. Medidas simples como flexibilização do acionamento das luminárias podem reduzir, tendendo a zero o consumo em determinados ambientes da Escola. E caminhando para o incremento de tecnologias mais limpas, o uso de *dimmerizadores* de luz associados aos sensores de presença garante resultados mais eficientes. Com o avanço tecnológico, a inserção da eletrônica em sistemas de iluminação através de *LEDs* e controles inteligentes pode-se projetar um cenário onde a iluminação caminha para a minimização em todos os períodos, noturnos e diurnos.

Já os sistemas de climatização, os indicadores obtidos apresentam ambientes atingindo até 0,33 kW/m^2 , resultado de equipamentos antigos e individualizados ou novos e mal dimensionados para o espaço. Os estudos de desempenho na edificação, ratificados pela opinião do usuário apontam para a obtenção de conforto térmico na maior parte do ano sem a utilização de sistemas artificiais sendo, portanto, um desafio cultural quanto ao uso do ar condicionado a ser superado. Diante deste cenário, a climatização caminha para minimização, também tendendo a zero nos ambientes.

Quanto aos equipamentos de informática, o caso Escola Politécnica ratificou que é um setor crescente em um processo contínuo de transformações. Como os equipamentos possuem

configurações distintas e personalizadas, a obtenção da ecoeficiência passa por uma compreensão dos sistemas operacionais do equipamento correspondendo a uma expectativa de uso eficiente, focada na reengenharia do espaço de trabalho e no uso de sistemas coletivos.

Como os demais equipamentos são específicos dos laboratórios ou domésticos, a minimização também caminha para a busca das melhores práticas de uso considerando equipamentos com rendimento satisfatório, busca de novas tecnologias de processos nos laboratórios e ações comportamentais e usos coletivos.

O caso Escola Politécnica também permitiu demonstrar a importância da opinião do usuário. O cruzamento de parâmetros qualitativos e quantitativos permitiu o surgimento de proposições que consideram a edificação com suas características locais.

Os indicadores qualitativos, resultado da consulta realizada, expressaram a maioria dos usuários satisfeitos com a iluminação e ventilação, confirmando os estudos técnicos e medições realizadas que apontam o bom desempenho da edificação.

A opinião do usuário foi determinante para a definição de estratégias de minimização dos sistemas artificiais. Por isso, medidas focadas no usuário, tendo em vista ações pró-ativas e ecoeficiência, incentivando o comprometimento dos mesmos ao processo são fundamentais para obtenção do desempenho energético almejado.

Para a complementação do caso, recomendam-se estudos específicos quanto à informática, contendo a configuração dos computadores, acessórios e periféricos por ambiente, tendo em vista a obtenção de indicadores mais precisos, que possam nortear ações e indicadores que melhor expressem o uso da informática na edificação.

Durante a finalização da dissertação, fica evidente a amplitude do tema. Como o processo de eficiência é contínuo e dinâmico, e a metodologia é cíclica, o estudo de caso demanda um prazo para implementação das recomendações e geração de novos indicadores. Não obstante, o tema permanece como objeto de estudo e esperam-se avanços na efficientização energética da Escola, com rebatimentos por toda a UFBA.

A aplicação da metodologia pressupõe a comparação com outras unidades para o estabelecimento das melhores práticas (*benchmarking ambiental*). Portanto, fica lançado o desafio para as outras unidades da UFBA de aplicação da metodologia proposta para obtenção de indicadores da instituição, que irão expressar as peculiaridades locais, comportamentais e de uso e ocupação das edificações, tornando-se uma importante ferramenta de gestão ambiental do campus.

REFERÊNCIAS CITADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - ABESCO. Case: Relação entre Eficiência Energética na Iluminação e as necessidades do Usuário. **Boletim Eficiência Energética** 59/02. Ano 2 - Edição n°. 59. 2006.

_____. Site da Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia. Contém artigos e dados técnicos sobre Eficiência Energética Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/html>>. Acesso em: junho de 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL – **Resolução n° 456**, de 29 de novembro de 2000.

AGENDA 21 – Desenvolvimento sustentável. Disponível em: <www.ambiente.sp.gov.br/agenda21/indice.htm>. Acesso em março de 2006.

AGRA FILHO, Severino Soares, et al. Análise e proposição de um modelo de indicadores de sustentabilidade ambiental. **Bahia Análise & Dados**, Salvador: SEI. v. 14, n. 4, p. 733-44, março. 2005.

AGUAPURA. Programa Institucional da UFBA de minimização das perdas e desperdícios de água. Disponível em <www.teclim.ufba.br>. Acesso em 2007.

ALVAREZ, A. **Uso racional e eficiente de energia elétrica: método para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares**. São Paulo, 1998. Dissertação (mestrado) Universidade de São Paulo - USP.

AMBIENTE BRASIL. Glossário eletrônico. Contém termos técnicos sobre energia e ambiente. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./educacao/index.php3&conteudo=/glossario/e.html>>. Acesso em agosto de 2007.

AMORIM, Cláudia. **Projeto Integrado**. Módulo 17. Pós –Graduação em Projetos de Iluminação UCB-RJ. Apostila do Curso. Brasília, 2007.

ANDRADE, J. C. KIPERSTOK, A.; MARINHO, M. Uma Política Nacional de Meio Ambiente Focada na Produção Limpa. **Bahia Análise e Dados**. SEI Salvador, v 10, n. 4, p. 326-332, março de 2001.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS - ASHRAE/IESNA. **Enegy efficient design of the buildings except low-ser residential buildings**. ASHRAE/IESNA 90.1 – 1989. Atlanta (USA), 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5413 - Iluminância de interiores – Procedimento**. Brasil, 1992.

_____. **NBR 5382 - Verificação de iluminação de interiores – procedimento**. Brasil, 1985.

_____. **NBR 5461. Iluminação: Terminologia**. Brasil, 1991.

_____. **NBR ISO 14040. Avaliação do Ciclo de Vida**. Rio de Janeiro, 2001.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 5ª edição – Florianópolis, 2002.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO - BID. **Evaluación: una herramienta de gestión para mejorar el desempeño de gestión para mejorar el desempeño de los proyectos**. Washington, 1997.

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco energético Nacional**. Brasília: 2005.

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. **2005 Building Energy Efficiency Standards. Nonresidential Compliance Manual**. Prepared by Architectural Energy Consultants San Francisco. USA: Califórnia, 2005.

CÂMARA G. e DAVIS C. **Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica**. Fundamentos de Geoprocessamento. Apostila do Mestrado em Engenharia Ambiental (UFBA). Salvador, 2006. Cap. 3, P. 3-34.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. São José dos Campos, 1995. Tese de Doutorado (Computação Aplicada) – INPE. Cap. 2 – Características de Sistemas de Informações Geográficas, p. 7-25. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto>>. Acesso em 2006.

CARDOSO. **Estratégias Visando Eficiência Energética e Conforto Térmico Incorporados aos Projetos de Edificações Residenciais em Maringá-Pr**. Curitiba, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.

CARDOSO, Lúgia Maria França. **Indicadores de Produção Limpa: Uma Proposta para Análise de Relatórios Ambientais para Empresas**. 2004. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

CARVALHO, Maria Lúcia ; MORAES, Júlia. Aplicação da Metodologia APO - Avaliação Pós - Ocupação, no Campus da UFBA, com vistas a implantação de um Programa de Gestão Ambiental . **Relatório Final de atividades apresentado ao Programa Institucional de Iniciação Científica do CNPq**. Salvador, 2001.

_____. Aplicação da Metodologia APO - Avaliação Pós - Ocupação, no Campus da UFBA, com vistas a implantação de um Programa de Gestão Ambiental – 2ª etapa. **Relatório Final de atividades apresentado ao Programa Institucional de Iniciação Científica do CNPq**. Salvador, 2002.

COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA (COELBA). **Projeto de Normalização em Eficiência Energética. Desenvolvimento de Norma para Eficiência Energética em Edificações em Salvador.** Salvador: COELBA, 2001. Responsáveis: Ana Cristina Mascarenhas (COELBA) e Joyce C. Carlo (LABEE-UFSC).

COSTA, C. A. e outros. **105 Anos da Escola Politécnica da UFBA.** Salvador: P&A Gráfica e Editora, 2003.

COSTA, Gilberto José Corrêa. **Iluminação Econômica. Cálculo e Avaliação.** 3º edição revisada e ampliada. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005.

DUMKE, E. M. S.; BORMANN, O. R.; RATTO; KRUGER, E. L. Estudo da eficiência energética em edifícios comerciais. In: *ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*. 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1999.

ECOLUZ. **Diagnóstico Energético da Escola Politécnica.** Relatório técnico. Salvador, 2002.

ESCOLA POLITÉCNICA. Site da Escola. Sistema de alocação de salas. Disponível em < www.eng.ufba.br>. Acesso em: outubro de 2006.

FREIRE, Tereza ; NERY, J. M. F. G. ; CARVALHO, L. ; ANDRADE, Telma Côrtes Quadros de ; FREIRE, M. ; AZEVEDO, H. ; PIZARRO, E. . Primeira aproximação para estudo de clima urbano em Salvador. . In: **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, 1997, Salvador. Anais do IV Encontro de Conforto no Ambiente Construído ANCAC / ANTAC, 1997. v. 01. p. 124-133.

FURTADO, João S. **Administrando a Ecoeficiência.** Novembro, 2000. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br/jsfurtado>>. Acesso em: 2006.

FURTADO, João S.; SILVA, Eduardo e MARGARIDO, Antônio. **Estratégias de gestão Ambiental e os negócios da empresa.** Disponível em < www.teclim.ufba.br>. Acesso em: março de 2004. p. 1-12.

GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. Proposta de normalização para limitar o consumo de energia elétrica em sistemas de iluminação. IN: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4. 1998, Florianópolis.. **Anais ...** Florianópolis, 1998

GIVONI, Baruch. **Confort climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings**, n. 18, [local?], 1992.

GOULART, S., LAMBERT, R., FIRMINO, S. **Dados Climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** Dados Climáticos de projeto: Cidade de Salvador. Florianópolis 1997, p. 251-271.

GRAEDEL, T.E.; ALLENBY B.R. **Industrial Ecology.** New Jersey: Prentice Hall. 1995.

HURTUBIA, J. Ecologia y desarrollo: evolución y perspectivas del pensamiento ecológico. IN: ESTILOS DE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE. México, Fondo de Cultura Económica. 1980. 123 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA (INEE). **A Eficiência Energética e o Novo Modelo do Setor Energético**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.inee.org.br>>. Acesso em: abril de 2004.

_____. **Eficiência Energética da Edificação**. Disponível em: <<http://www.inee.org.br>>. Acesso em: abril de 2004.

_____. *Website* da instituição. Contém artigos e informações técnicas sobre Eficiência Energética. Disponível em <www.inee.org.br>. Acesso em junho de 2005.

INTERNATIONAL FOR ORGANIZATION STANDARDIZATION – **ISO - 11620 - Information et Documentation - Indicateurs de performance des bibliothèques**. Suíça: ISO, 1998.

_____. **ISO - 14040 - Environmental management -- Life cycle assessment** . Suíça: ISO, 2006.

_____. **ISO - 7726 - Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities**, ISO/DIS 7726. Suíça: ISSO, 1996.

_____. **ISO – 7730 - Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort**. Suíça, 1984.

INTRAL. Website – empresa de luminárias. Disponibiliza informações técnicas sobre os produtos e o Software de iluminação INTRALLUX. Disponível em: <www.intral.com.br>. Acesso em: outubro de 2006.

JOHNSON CONTROLS. Palestra: Tecnologias em eficiência energética. In: IV CONGRESSO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E COGERAÇÃO – ABESCO. São Paulo, 2007

JURAN, J.M. & GRZYNA, Frank M. **Controle da Qualidade, Conceitos, Políticas e Filosofia da Qualidade**. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., 1991.

KIPERSTOK, Asher; COSTA, Dora; ANDRADE, Célio; AGRA FILHO, Andrade; FIGUEROA, Edmundo. Inovação como requisito do Desenvolvimento Sustentável. In: **READ** – Edição Especial 30, Vol. 8, No. 6, 2002.

KIPERSTOK, A. . Tecnologias Limpas, por que não fazer já o que certamente se fará amanhã?. **Tecbahia Revista Baiana de Tecnologia**, Camacari, Ba, v. 14, n. 2, p. 45-51, 1999.

LA ROVERE, Emílio Lèbre. **Manual de auditoria ambiental**. Rio de Janeiro, Qualitymark Ed., 2000.

LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL - LABCON. Website do Laboratório de Conforto da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <www.labcon.ufsc.br>. Visitado em junho de 2005.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - LABEEE. Site da instituição. Disponibiliza informações sobre a “Regulamentação para Etiquetagem Voluntária

de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos”. Disponível em: <www.labee.ufsc.br>. Visitado em: Março de 2007.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LONGO, W.P. **Conceitos Básicos sobre Ciência e Tecnologia**. Rio de Janeiro, FINEP, 1996. v.1.

LOVINS e outros. **Capitalismo Natural**. São Paulo: Cultrix, 2001.

MAIMON, Dália. **Passaporte Verde: Gerência Ambiental e Competitividade**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 1996. 120p.

MASCARÓ, Juan Luis e MASCARÓ, Lúcia. **Incidências das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. Porto Alegre: Sagra: DC Luzatto, 1992. Obra patrocinada pelo Ministério da Indústria e Comércio. Comissão Estadual da Indústria da Construção; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MASCARÓ, L. **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983.

MORAES, J. S., TORRES, E., KIPERSTOK, A. Indicadores de Eficiência Energética de Edifícios Públicos: Estudo de Caso da Escola Politécnica (UFBA) In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 2007, Ouro Preto (MG). ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO. ANTAC, 2007. v.1. Salvador: UFBa, 2002.

MORIMOTO. C. **Mais dicas de economia de energia no uso do PC**. Artigo de 25/05/2001. Disponível em: <<http://www.guiadohardware.net>> Acesso em: 2007.

OSRAM. Glossário de Iluminação. Disponível em: <http://br.osram.info/curso_luminotecnica/glossario.htm>. Acesso em: Setembro de 2007.

PAULA, Maria Inês. **Instrumento Metodológico para Determinação do Potencial de Otimização Energética nos Setores Industrial e de Serviços**. 2005. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PENA, Sérgio Meirelles. **Sistemas de ar condicionado e refrigeração**. Brasil: ELETROBRÁS/PROCEL, 2002.

PHILIPS. Palestra: Tecnologias em eficiência energética. **IV Congresso de Eficiência energética e Cogeração** – ABESCO. São Paulo, 2007

POOLE, Alan Douglas e GELLER, Howard. **O Novo mercado de Eficiência Energética no Brasil**. abr., 1997. Disponível em: <<http://WWW.inee.org.br>>. Acesso em: abril de 2004.

PRAZERES, P.M. **Dicionário de termos da qualidade**. São Paulo, Atlas, 1995.

PROGRAMA DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL. **Conservação de energia Eficiência Energética de instalações e equipamentos**. Itajubá: 2001.

- _____. **Manual de Tarifação da energia elétrica.** Brasil: 2002. Eng. Juarez C. Lopes.
- _____. Site do Programa. Disponibiliza a tabela PROCEL de eficiência (W/W) dos aparelhos tipo janela e split hi-hall. Disponível em: <<http://www.eletrabras.com/elb/procel/main.asp>>. Acesso em 2006.
- ROMÉRO, M. A. **Arquitetura, Comportamento e Energia.** 1997. Livre-docência - Faculdade de Arquitetura – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- _____. Legislação energética em edifícios: a análise do caso de Portugal. In: **Cadernos Técnicos AUT** n. 5. São Paulo: FAU, 1998.
- _____. Avaliação Comportamental e Energética do Edifício da FAUUSP. In: **Cadernos Técnicos Aut**, São Paulo, n. 3, 1997.
- _____. **Método de Avaliação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Campi Universitários: O Caso da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira.** 1994. Tese (Doutorado). – Faculdade de Arquitetura – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ROMERO, M. A. ; ORNSTEIN, Sheila Walbe . Arquitetura, Ambiente e Comportamento. In: Comunicações do I Seminário - Uso Racional de Energia e Conforto Ambiental em Edificações, 1994, Salvador. Anais do I Seminário - Uso Racional de Energia e Conforto Ambiental em Edificações. Salvador, 1994. p. 04-07.
- ROZADOS, Helen. Uso de Indicadores na Gestão de Recursos de Informação. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 60-76, jul./dez. 2005 – ISSN:: 1678-765X.
- SANTAMOURIS, M. e outros. **Natural cooling techniques: series: energy conservation in buildings.** Grécia: European Commission Directorate General XVII for Energy, 1995.
- SILENT PC REVIEW. Consumo dos processadores AMD e Intel. Disponível em: <<http://www.formulapc.net/news+article.storyid+1912.htm> >. Acesso em 2006.
- SILVA FILHO, Antonio Mendes. O Consumo de Energia no Modo Standby. **Revista espaço acadêmico**, ano 1, no. 5 outubro de 2001. Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br/005/05mendes.htm>>. Acesso em: 2006.
- SINK D. S.; TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para performance.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.
- SMS. Site contém informações técnicas sobre aparelhos de informática. Disponível em: <<http://www.sms.com.br/sitenovo/produtos/nobreak/ficha.aspx?id=15>> . Acesso em 2006.
- SOUZA, Anádia Patrícia Almeida de. **Uso da energia em edifícios: estudo de caso de escolas municipais e estaduais de Itabira, Minas Gerais.** 2005. Dissertação (mestrado) – Centro Federal Tecnológico - CEFET-MG/DPPG, Belo Horizonte.
- TARQUINO, Mário. **Escola Politécnica da Bahia. Roteiro do Conjunto Politécnico – Bloco I.** Salvador: EDUFBA, 1960.

TORRES, E. A. Energia. In: KIPERSTOK, A. e outros. **Prevenção à poluição**. Brasília: CNI/SENAI, 2002, p. 223-263.

TORRES, E. A.. et al. **Plano de Gestão Ambiental da UFBA**. Salvador: UFBA, 2000. (Documento Preliminar).

TORRES, E. A. e outros. Development of a method and a software to produce energy diagnosis of residential areas (residences and buildings). In: 49TH ATI NATIONAL CONGRESS. 1994, Perugia. **Anais ...** Perugia: SG editoriali Padova, 1994. P. 2217-2224.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **Climate and House Design: Design of Low-cost housing and community facilities**. New York: 1971.

VALENTE, M. **Conforto térmico em Salvador**. Salvador: UFBA - Centro Editorial e Didático, 1977.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD. Measuring Eco-efficiency: a Guide to Report Company Performance. Disponível em: <<http://www.wbcsd.org>>. Acesso em: 2006.

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, J. C. S.; MARINHO, M.; KIPERSTOK, A. **Uma política nacional de meio ambiente focada na produção limpa: elemento para discussão.** Salvador: 2004. Material didático da disciplina Produção Limpa do Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo com ênfase em Produção Limpa da UFBA

ANDRADE, T. C. Q.; NERY, J. M. F. G.; FREIRE, T. M. M.; SOUZA, M. G. O. C.; Conforto ambiental e conservação de energia no ambiente construído. **Revista Baiana de tecnologia (TECBAHIA)**, Salvador. v.17, n.3, p.29-33, 2002.

ARONOFF, S. Geographical **Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa: WDI Publications, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR ISO 9001; sistemas de gestão da qualidade – requisitos**: ABNT, dez.2000.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting in Architecture**. A European Reference Book. London: James and James Editors, 1993.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. [USA]: Oxford University Press, 1998.

CARVALHO, M. Lúcia e MORAES, Júlia S. de. Avaliação Pós-Ocupação, no Campus da UFBA, com vistas à Implantação de um Programa de Gestão Ambiental. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2001, São Pedro – SP. **Anais do Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído**. São Pedro – SP, 2001.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS - CNTL. **Manual – Ecoprofit - Indicadores**. Rio Grande do Sul, 1999. Disponível em: <www.teclim.ufba.br/jsfurtado>. Acesso em: 2006.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE - CIE. **Guide on Interior Lighting**, publicação CIE n. 29.2, 1986, part 3.

COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 54:1551 - 4, 1988.

FANGER. P. O. **Thermal Comfort: analysis and application in environmental engineering**. New York (USA), 1972.

GHISI, E.; LAMBERTS, R. Desenvolvimento de uma metodologia para retrofits em sistemas de iluminação. IN: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO.4., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. p. 401-409.

GHISI, Enedir. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina.** Florianópolis, 1997. 246 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

GUIMARÃES, A. P. **A Escola Politécnica da Bahia – 1896 – 1947.** Salvador: Fundação Escola Politécnica da Bahia, 1972.

KIPERSTOK, A. Tecnologias Limpas, por que não fazer já o que certamente se fará amanhã? **Revista Baiana de Tecnologia – Tecbahia.** Camacari (BA), v. 14, n. 2, p. 45-51, 1999.

LIMA, Luiz Carlos e outros. **Eficiência Energética em Edifícios Públicos. Experiência na Bahia.** Salvador: 1996.

MAGALHÃES, Luis Carlos. **Orientações Gerais para Conservação de Energia em prédios públicos.** Brasil: ELETROBRÁS/PROCEL, 2001.

MARINHO, Márcia Mara O. A sustentabilidade, as corporações e o papel dos instrumentos voluntários de gestão ambiental: uma reflexão sobre conceitos e perspectivas. **Bahia Análise e Dados,** Salvador, v.10, n.4, p. 342-349, março 2001.

MASCARENHAS, A. e outros. Conforto Ambiental e Consumo de Energia em Edificações Comerciais da Cidade do Salvador. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4.,1997, Salvador. **Anais...** Salvador, 1997.

MASCARENHAS, A. ; D'ALCÂNTARA, Asthon; NERY, Jussana Maria Fabel Guimarães; FREIRE, Tereza Maria M. Conservação de Energia em Edificações Comerciais da cidade do Salvador. In: ENCONTRO NACIONAL E I ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 1995, Gramado. **Anais ...** Gramado (RS), 1995, p. 421 - 426.

MASCARÓ, Lúcia R. **Energia na Edificação. Estratégia para minimizar seu consumo.** São Paulo: Projeto, 1985.

MORAES, J. S. ; TORRES, Ednildo Andrade ; KIPERSTOK, Asher . Indicadores de Eficiência Energética de Edifícios Públicos: Estudo de Caso da Escola Politécnica (UFBA). In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto (MG). **Anais do Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído,** 2007. v. 1.

ORNSTEIN, Sheila Walbe. **Architecture, urbanism and environmental psychology: a reflection on dilemmas and possibilities of integrated action.** *Psicol. USP*, 2005, vol.16, no.1-2, p.155-165. ISSN 0103-6564.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; BRUNA, Gilda & ROMÉRO, Marcelo. **Ambiente Construído & Comportamento: A Avaliação Pós-Ocupação e a Qualidade Ambiental.** São Paulo: Studio Nobel, 1995.

PORTER, Michael E.; VAN DER LINDE, Class. Ser verde também é ser competitivo. Revista **Exame**, São Paulo, n.24, ed.597, p 72-78, novembro, 1995.

PROGRAMA DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL. **Guia técnico Gestão Energética Municipal. Subsídios ao Combate do Desperdício de Energia Elétrica.** [Brasil]: 2006.

ROCHCHICCIOLI, C., Implementação de um programa de Conservação Energética. In: SEMINÁRIO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, São Paulo,1981. **Anais ...** São Paulo,1981.

RODRIGUES, Pierre. **Manual Iluminação Eficiente.** Brasil: ELETROBRÁS/PROCEL, 2002.

ROMERO, M.; GONÇALVES, C. G.; GUGLIELMETTI, A. **Edifício Birmann 21: um estudo sobre eficiência energética.** Disponível em <<http://www.tecto.com.br>>. Acesso em: 26 de maio 2006.

ROMÉRO, M. A. A Legislação Energética em Edifícios: Análise do Caso de Portugal: Algumas Diretrizes para a Implantação de um Regulamento do Comportamento Térmico e Climatização em Edifícios para o Brasil. **Cadernos Técnicos do AUT** n° 5, São Paulo, p. 27-58, 1998.

_____. Índices de Conforto Térmico - Parte II. **Revista Climatização**, São Paulo, n. 34, p. 18-22, 2003.

_____. Índices de Conforto Térmico - Parte III. **Revista Climatização**, São Paulo, n. 35, p. 22-29, 2003.

_____. Índices de Conforto Térmico - Parte IV. **Revista Climatização**, São Paulo, n. 36, p. 20-23, 2003.

_____. Índices de Conforto Térmico - Parte V. **Revista Climatização**, São Paulo, n. 37, p. 32-38, 2003.

_____. Índices de Conforto Térmico - Parte I. **Revista Climatização**, São Paulo, n. 33, p. 38-41, 2003.

_____. Os índices de vestimentas 'clo'. **Revista Climatização**, São Paulo, n. 43, p. 26-28, 2004.

_____. Princípios bioclimáticos para o Desenho Urbano. São Paulo, Projeto, 1998.

VALE, C. **Qualidade ambiental. O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente.** São Paulo: Pioneira, 1995.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM - UNEP. **Eco-Efficiency and Cleaner Production – Charting the Course for Sustainability**, Paris, UNEP, 1997.

XAVIER, Antônio A. de Paula. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** 1999. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GLOSSÁRIO

AGENDA 21. Documento aprovado pela comunidade internacional, durante a Rio-92, que contém compromissos para mudança do padrão de desenvolvimento no século XXI.

AGUAPURA - Programa Institucional implantado na UFBA, coordenado pela Rede de Tecnologias Limpas (TECLIM). Tem como meta reduzir o consumo de água nas unidades da UFBA através da minimização das perdas e desperdícios, principalmente a água usada nas pias e vasos sanitários dos banheiros. Na Escola Politécnica existe implantado uma estação de tratamento biológico de efluente destinado ao desenvolvimento de tecnologias de tratamento de reuso na alimentação dos vasos de descarga (AGUAPURA, 2007).

ALTA TENSÃO - Tensão cujo valor entre fases é superiores a 1000 V em corrente alternada e 1500 V em corrente contínua.

AMPLITUDE TÉRMICA – Diferença em graus entre as médias de temperaturas mais baixas e as médias de temperaturas mais altas. Sua medição pode ser diária, mensal ou anual.

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV). Metodologia de avaliação de impacto ambiental de uma atividade econômica. Procura qualificar e quantificar todos os impactos ambientais de produtos e serviços, desde a aquisição de matéria-prima até o uso e descarte final. (AMBIENTEBRASIL, 2007).

AQUECIMENTO GLOBAL - Termo utilizado para referir o aquecimento que resulta do aumento das emissões dos gases com efeito de estufa

ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA - Tipo de arquitetura que considera aos aspectos de adaptação da construção ao clima do lugar onde se situa, priorizando os meios naturais.

BENCHMARKING - "Processo sistemático e contínuo de avaliação de estratégias, operações, processos, metodologias de trabalho, produtos e serviços de organizações que efetivamente pratiquem e sejam reconhecidas como melhores de uma classe e como exemplos organizacionais." (PRAZERES, 1995)

BIOCOMBUSTÍVEIS - combustíveis com origem em culturas energéticas ou resíduos naturais.

BOAS PRÁTICAS - Ações realizadas visando limpeza, organização, otimização de tempos de produção, saúde e segurança e outras.

CENTRAL HIDROELÉTRICA - Instalação na qual a energia potencial e cinética da água é transformada em energia elétrica.

CENTRAL TERMOELÉTRICA - Instalação na qual a energia química, contida em combustíveis fósseis, sólidos, líquidos ou gasosos, é convertida em energia elétrica.

CERTIFICAÇÃO - O Procedimento e ação executados por um grupo devidamente autorizado para determinar, verificar e atestar em documento formal as qualificações de pessoal, processos, procedimentos ou itens, de acordo com as necessidades específicas aplicáveis. (JURAN, 1991).

CLIMA.- Estado da atmosfera expresso principalmente por meio de temperaturas, chuvas, insolação, nebulosidade etc. Os climas dependem fortemente da posição em latitude do local considerado e do aspecto do substrato.

CONFORTO TÉRMICO - Zona de conforto representa aquele ponto no qual a pessoa necessita de consumir a menor quantidade de energia para se adaptar ao ambiente circunstante. (Olgyay, 1973).

CONSUMO DE ENERGIA - Quantidade de energia elétrica utilizada por um consumidor, que é oferecida e medida pela distribuidora do sistema elétrico num determinado período. A grandeza que a define é o kWh (Quilowatt-hora), e sua unidade base é o Watt.

CONTROLE. "*Ação internacional sobre um sistema, plano, programa, processo atividade, produto, serviço, etc., visando atingir objetivos especificados.*" (PRAZERES, 1995)

DEMANDA CONTRATADA - Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária no ponto de entrega conforme valor e período de vigência fixadas no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

DEMANDA DE ULTRAPASSAGEM: É a parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em kW (quilowatts).

DEMANDA FATURADA - Valor da demanda de potência ativa, identificada de acordo com os critérios estabelecidos e considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

DEMANDA ou CARGA INSTALADA - Soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – DL - A expressão desenvolvimento sustentável, popularizada pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento, no início da década de 80 , passou a ser incluída nas preocupações das organizações industriais e de prestação de serviços. Este conceito é definido no relatório da Comissão Brundtland como “um processo de transformação no qual a exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas". A observância deste princípio induz a uma maior consciência e responsabilidade ambiental do setor produtivo. (LA ROVERE, 2000)

ECO 92. Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que foi realizada no estado do Rio de Janeiro em 1992. A Eco 92 proclamou que os seres humanos estão no centro das preocupações sobre desenvolvimento sustentável e têm direito a uma vida saudável, produtiva e em harmonia com a natureza. (AMBIENTEBRASIL, 2007)

ECO-DESIGN - Atividade de design que dá especial relevância a critérios ambientais na concepção dos objetos, procurando reduzir ao máximo seu impacto sobre a natureza.

ECO-EFICIÊNCIA - Conceito estabelecido em 1992 pelo *World Business Council for Sustainable Development* e adotado por empresas em todo o mundo. Significa, resumidamente, produzir mais gastando menos insumos e matérias-primas, a fim de reduzir os custos econômicos e o impacto ambiental. É alcançada por meio do fornecimento de bens e serviços a preços competitivos, satisfazendo as necessidades humanas, trazendo qualidade de vida e, ao mesmo tempo, reduzindo progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos. A busca da ecoeficiência se dá por meio dos 3Rs: Reduzir o consumo, Reutilizar o que for possível, Reciclar.

EFICIÊNCIA DA LUMINÁRIA - Relação entre o fluxo luminoso emitido por uma luminária e a soma dos fluxos luminosos individuais das lâmpadas. (OSRAM, 2007)

EFICIÊNCIA: razão entre a energia produzida e a energia consumida ou recebida.

ENERGIA - Grandeza escalar que caracteriza a aptidão de um sistema físico para realizar trabalho.

ESTRUTURA TARIFÁRIA - Conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas de acordo com a modalidade de fornecimento.

FLUXO LUMINOSO - Quantidade de luz emitida por uma fonte de luz medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento (lm). (OSRAM, 2007)

GESTÃO AMBIENTAL - A tarefa de administrar o uso produtivo de um recurso renovável sem reduzir a produtividade e a qualidade ambiental, normalmente em conjunto com o desenvolvimento de uma atividade. (HURTUBIA, 1980)

GREENPEACE - Organização ambientalista internacional

ILUMINÂNCIA (E) - Expressa em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a certa distância desta fonte. É a relação entre intensidade luminosa e o quadrado da distância (l/d^2). (OSRAM, 2007)

IMPACTO AMBIENTAL- Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (Resolução CONAMA no. 001, de 23 de janeiro de 1986).

INDICADOR – “Especificação quantitativa e qualitativa para medir o atingimento de um objetivo”. Também definido como a expressão numérica de um objetivo. (BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO - BID, 1997)

INÉRCIA TÉRMICA – É a capacidade da envolvente de retardar a passagem de calor.

INOVAÇÃO - Solução de um problema tecnológico, utilizada pela primeira vez, descrevendo o conjunto de fases que vão desde a pesquisa básica até o uso prático, compreendendo a introdução de um novo produto no mercado em escala comercial, tendo, em geral, fortes repercussões socio-econômicas. (LONGO, 1996)

INTENSIDADE LUMINOSA - Expressa em candelas, é a intensidade do fluxo luminoso de uma fonte de luz projetada em uma determinada direção. Uma candela é a intensidade luminosa de uma fonte pontual que emite o fluxo luminoso de um lúmen em um ângulo sólido de um esferoradiano. (OSRAM, 2007)

ISOLUX - Curvas que mostram o mesmo nível de iluminância (lux) ao longo do percurso desenhado dentro da área do ambiente. (OSRAM, 2007)

LATITUDE – Distância angular a partir do Equador.

LONGITUDE - Distância angular a partir do Meridiano de Greenwich.

LUMINÂNCIA - Medida em cd/m^2 , é a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície existente. (OSRAM, 2007)

LUZ - Radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual, com comprimento de onda entre 380 e 780 nm (nanômetros), sendo uma parte do conhecido espectro de radiação eletromagnética. (OSRAM, 2007)

MEDIÇÃO. "Conjunto de operações que têm por objetivo determinar o valor de uma grandeza" (PRAZERES, 1995).

MEIO-AMBIENTE - o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (Lei 6.938 de 31.08.81 - Brasil).

OFUSCAMENTO - causa desconforto entre observadores e pode prejudicar a performance visual. Ele pode originar-se diretamente de lâmpadas ou luminárias, ou indiretamente através de superfícies reflexivas. (OSRAM, 2007)

PRODUÇÃO LIMPA (PL)- Metodologia criada para aumentar a sustentabilidade ambiental das manufaturas, adotada pela Organização das Nações Unidas e por diversas redes de organizações. Tem uma abordagem preventiva de gerenciamento ambiental e visa produzir bens e serviços com o mínimo impacto ambiental.

PROTOCOLO DE KYOTO - Tratado internacional criado em 1997 em Kyoto, no Japão, pela Terceira Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Estipula metas de reduções de emissões causadoras do efeito estufa para países desenvolvidos.

REFLETÂNCIA - É a razão entre a luz refletida e a luz incidente, também conhecida como fator de reflexão. As luminárias com refletores de alto rendimento utilizam este princípio para ampliar sua eficiência. (OSRAM, 2007)

RETROFIT - Processo de substituição de um sistema de iluminação por um outro alternativo mais eficiente.

SIG. - Sistemas de Informação Geográfica; em inglês a sigla é GIS; tecnologias de Geoprocessamento que lidam com informação geográfica na forma de dados geográficos; permitem que se conheça a estrutura geométrica de objetos, sua posição no espaço geográfico e seus atributos; alguns SIG possuem ainda a capacidade de manipular relacionamentos espaciais, como proximidade e adjacências. (AMBIENTE BRASIL, 2006)

TARIFA CONVENCIONAL - Estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência independente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

TARIFA HORO-SAZONAL - Estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano. Existem dois subgrupos (AZUL e VERDE).

TECNOLOGIA - Conjunto ordenado de conhecimentos empregados na produção e comercialização de bens e serviços, e que está integrada não só por conhecimentos científicos - provenientes das ciências naturais, sociais, humanas, etc., mas igualmente por conhecimentos empíricos que resultam de observações, experiência, atitudes específicas, tradição (oral ou escrita), etc. (PRAZERES, 1995).

TECNOLOGIAS LIMPAS - Utilização contínua de uma estrutura ambiental integrada, preventiva e aplicada visando a aumentar a eco-eficiência e reduzir riscos para os seres

humanos e para o meio ambiente. As inovações de caráter preventivo que consistem tanto na redefinição dos processos de produção quanto na de composição de insumos e aquelas que substituem os produtos altamente tóxicos por outros menos tóxicos. (MAIMON, 1996)

TRANSMITÂNCIA - É a razão entre o fluxo luminoso transmitido e o incidente. É a passagem do raio luminoso através de um meio físico, sem alteração de seu espectro. Ao passar através do material, o raio luminoso sofre uma perda por absorção. Parte do raio se transmite e outra parte se converte em calor.

USO FINAL - Representa a forma em que a energia será utilizada. Como exemplo: iluminação, climatização, equipamentos, e outros.

APÊNDICE A: Gráficos_ medições das variáveis climáticas

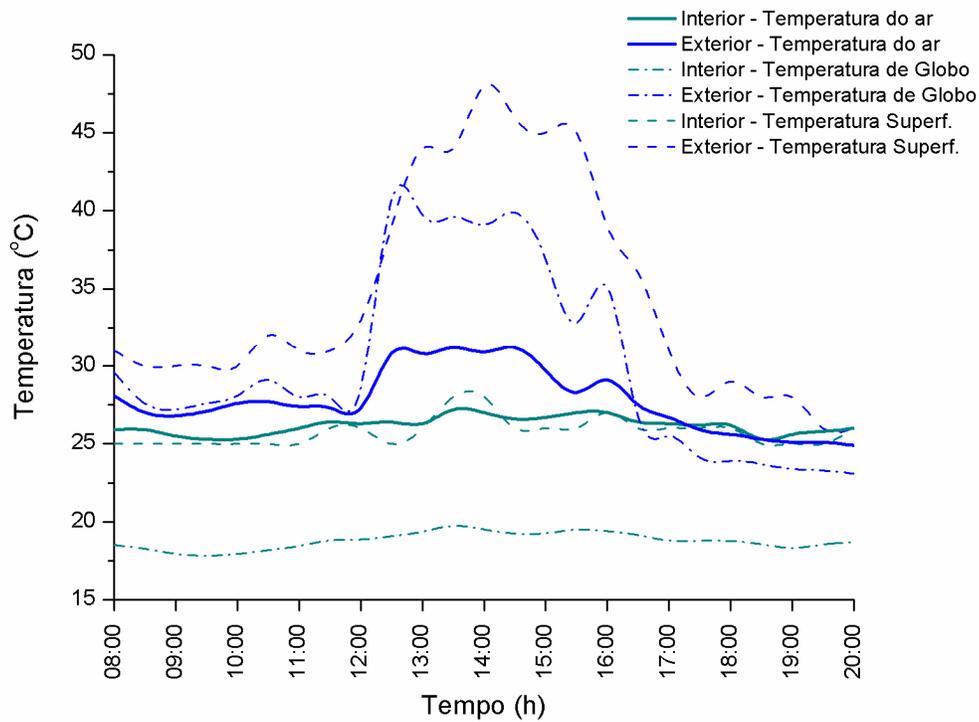


Gráfico 14: Variação da temperatura – Sala 07.01.05 – Inverno

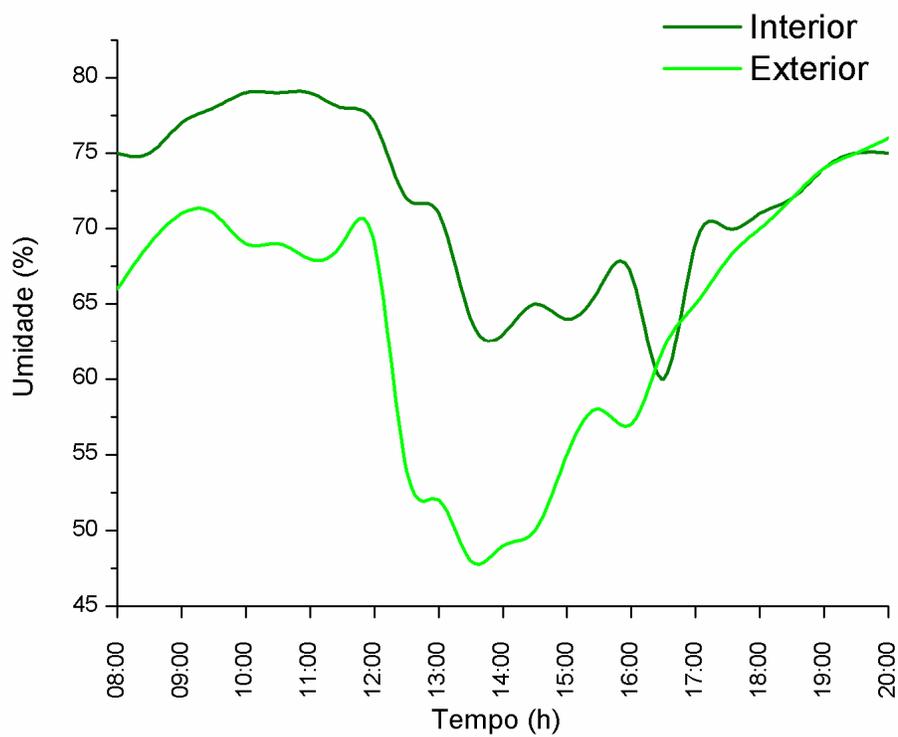


Gráfico 15: Variação da Umidade – Sala 07.01.05 - Inverno

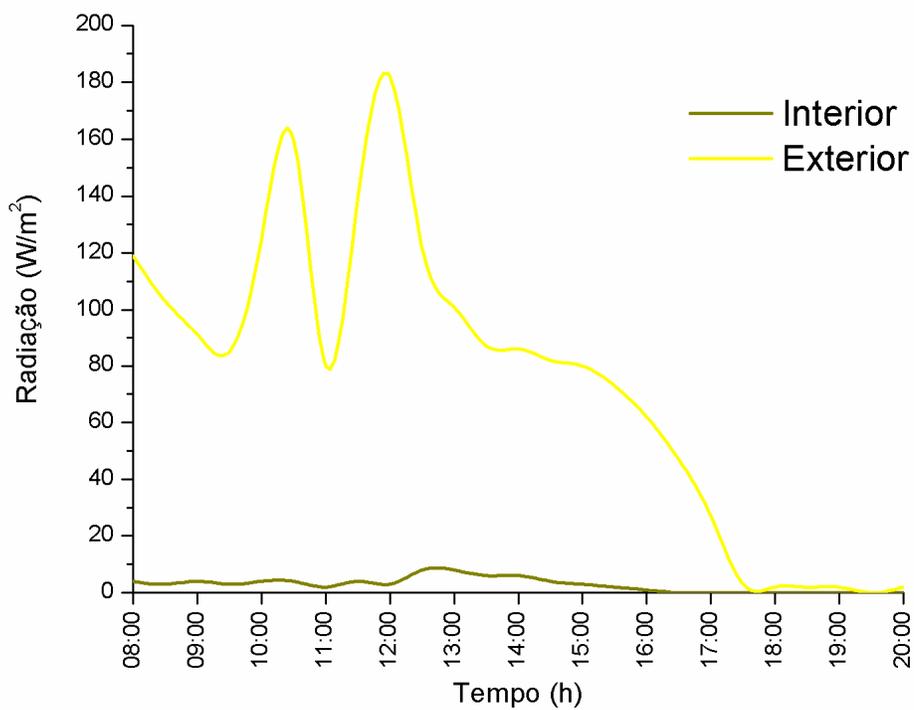


Gráfico 16: Variação da Radiação – Sala 07.01.05 - Inverno

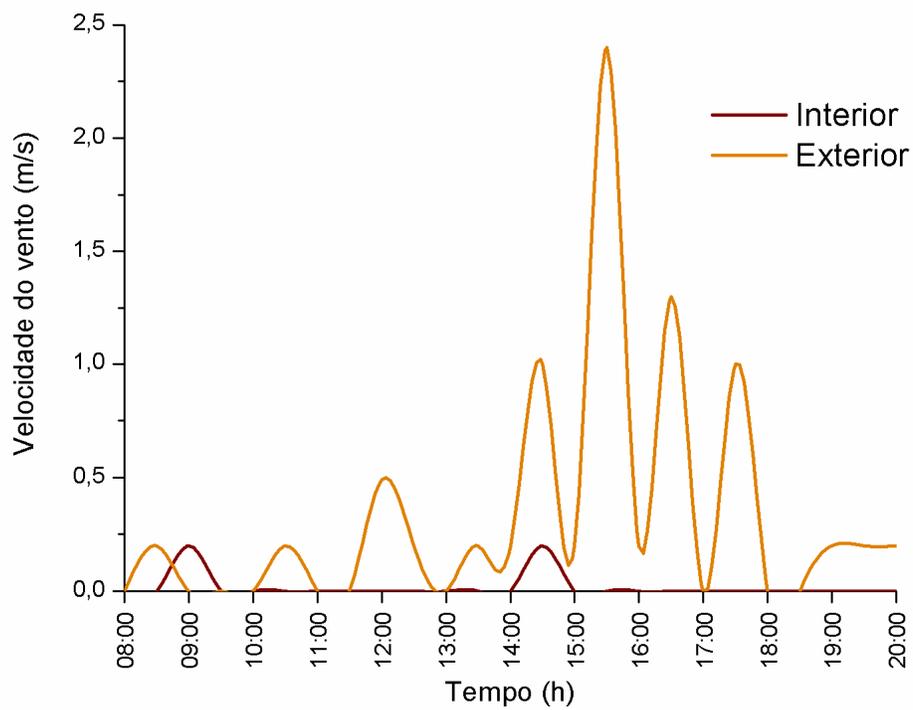


Gráfico 17: Variação da Velocidade do vento/ ar – Sala 07.01.05 - Inverno

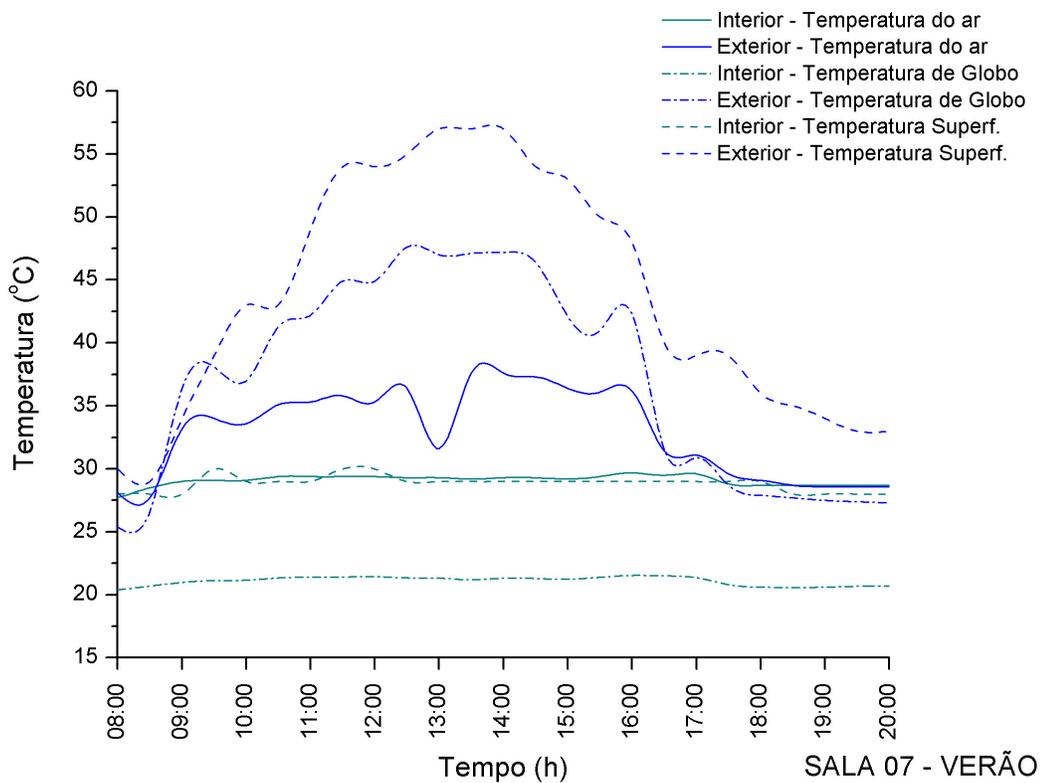


Gráfico 18: Variação da temperatura – Sala 07.01.05 – Verão

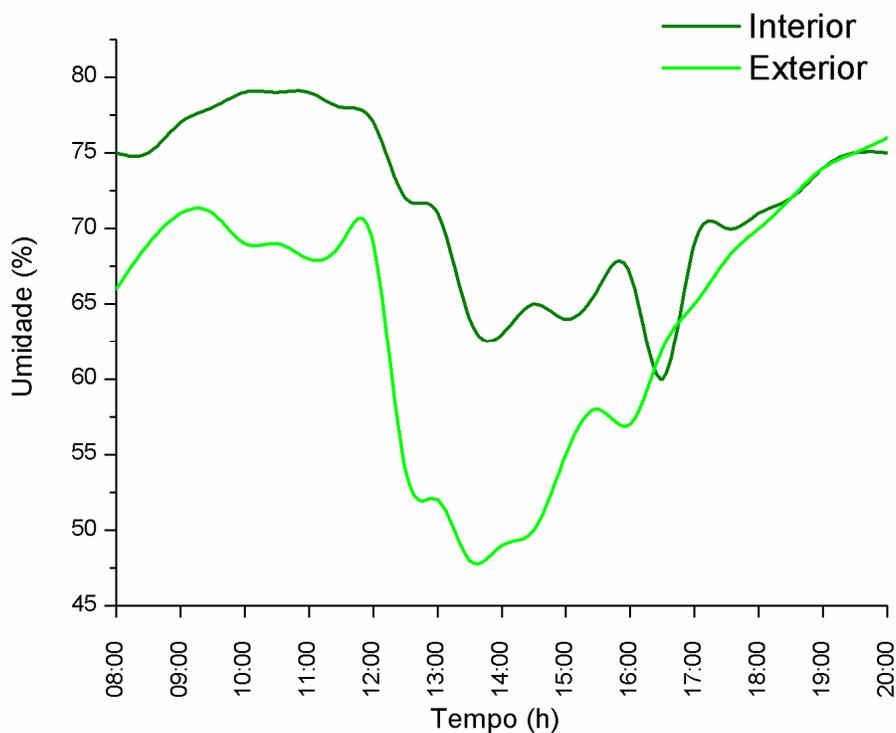


Gráfico 19: Variação da Umidade – Sala 07.01.05 – Verão

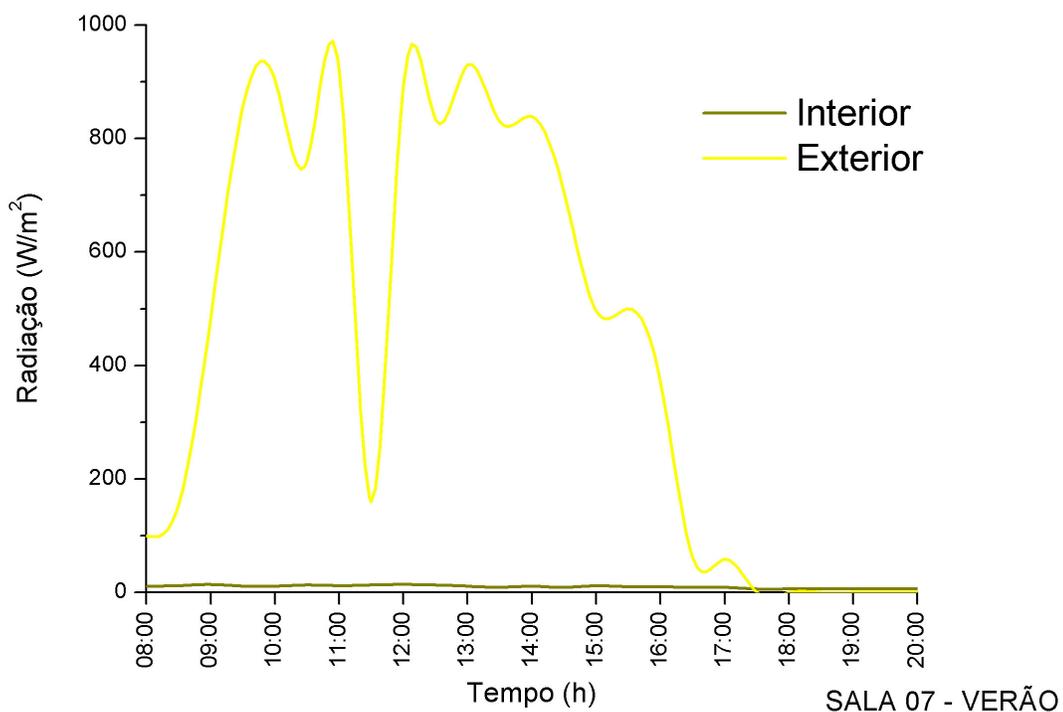


Gráfico 20: Variação da Radiação – Sala 07.01.05 – Verão

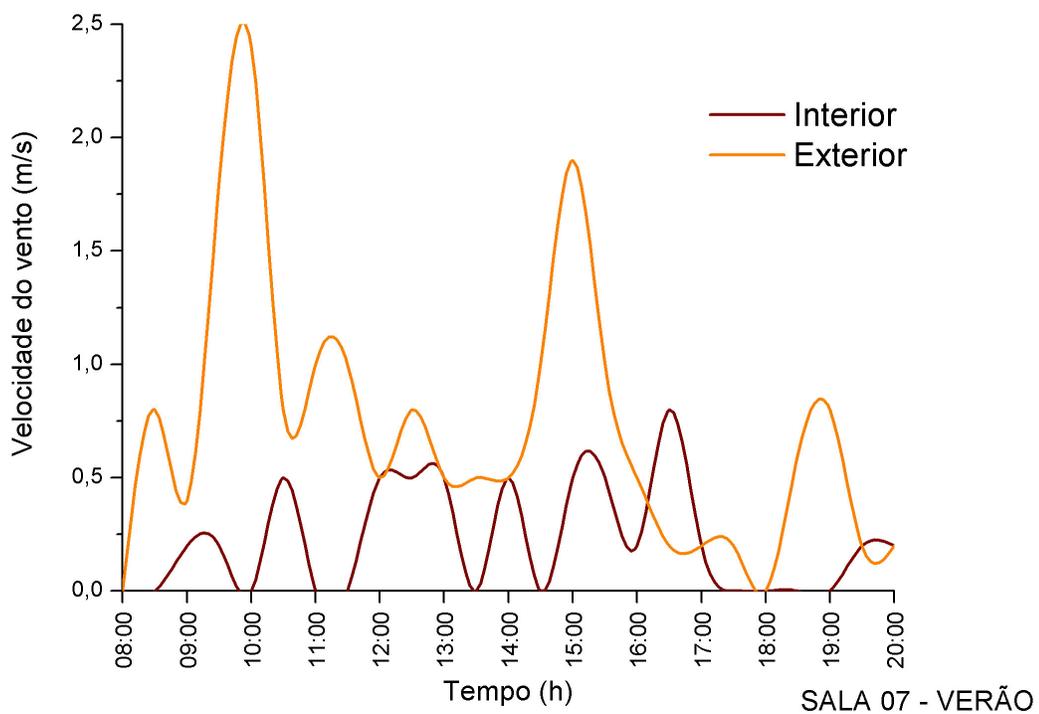


Gráfico 21: Variação da Velocidade do vento/ ar – Sala 07.01.05 - Verão

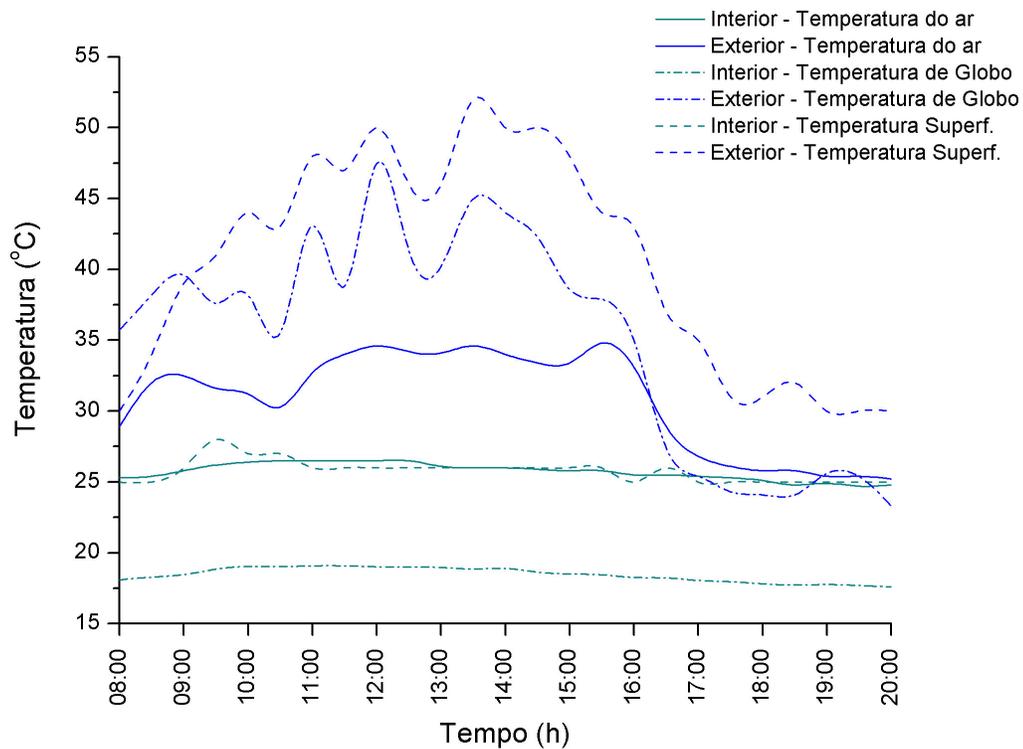


Gráfico 22 Variação da temperatura – TECLIM – Inverno

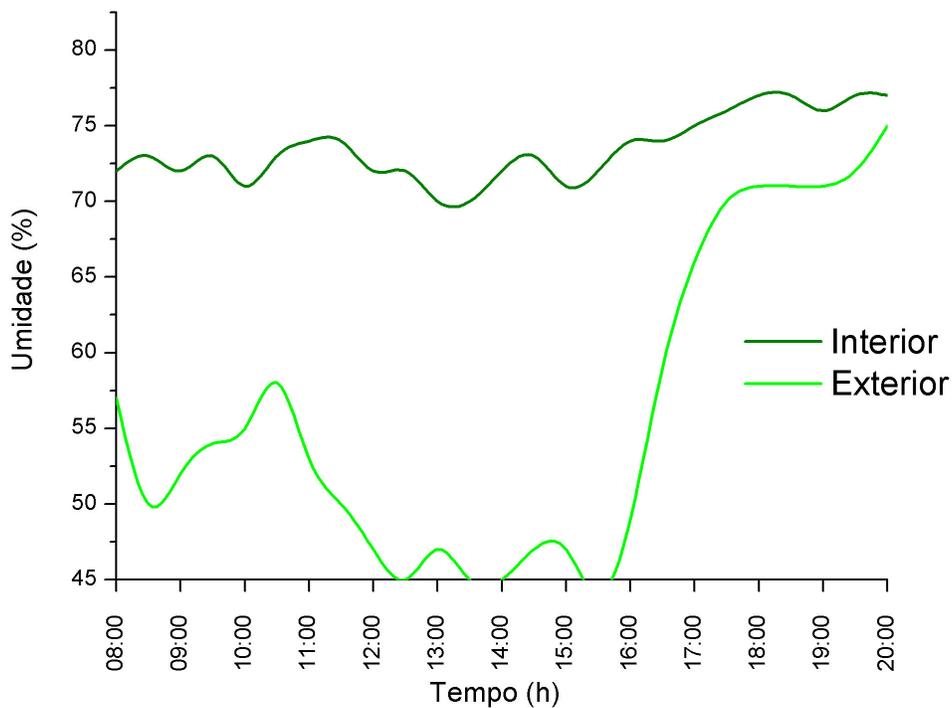


Gráfico 23: Variação da Umidade – TECLIM – Inverno

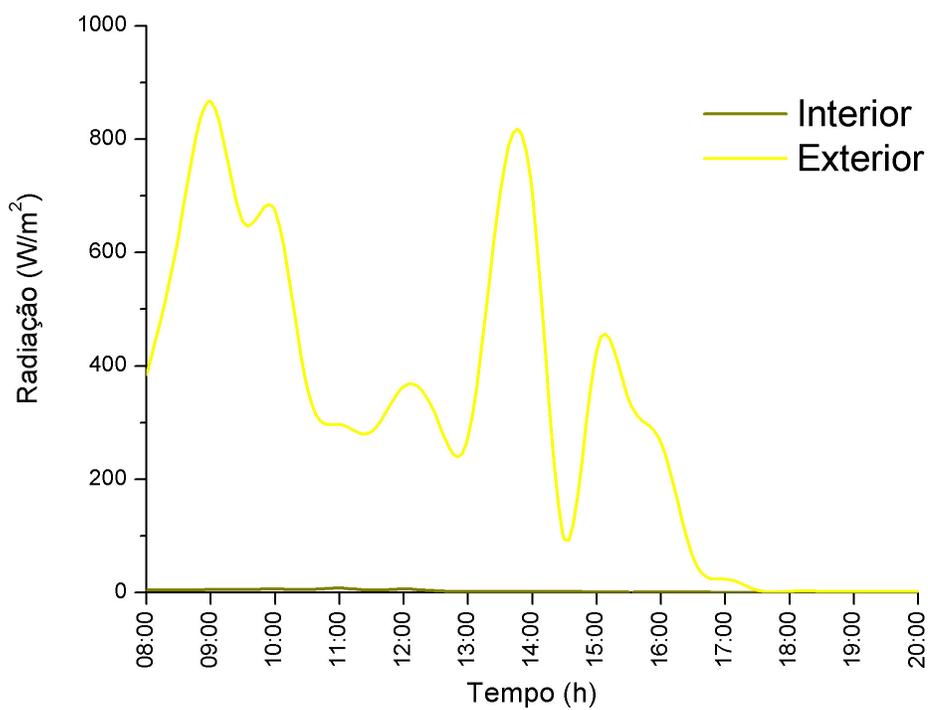


Gráfico 24: Variação da Radiação – TECLIM – Inverno

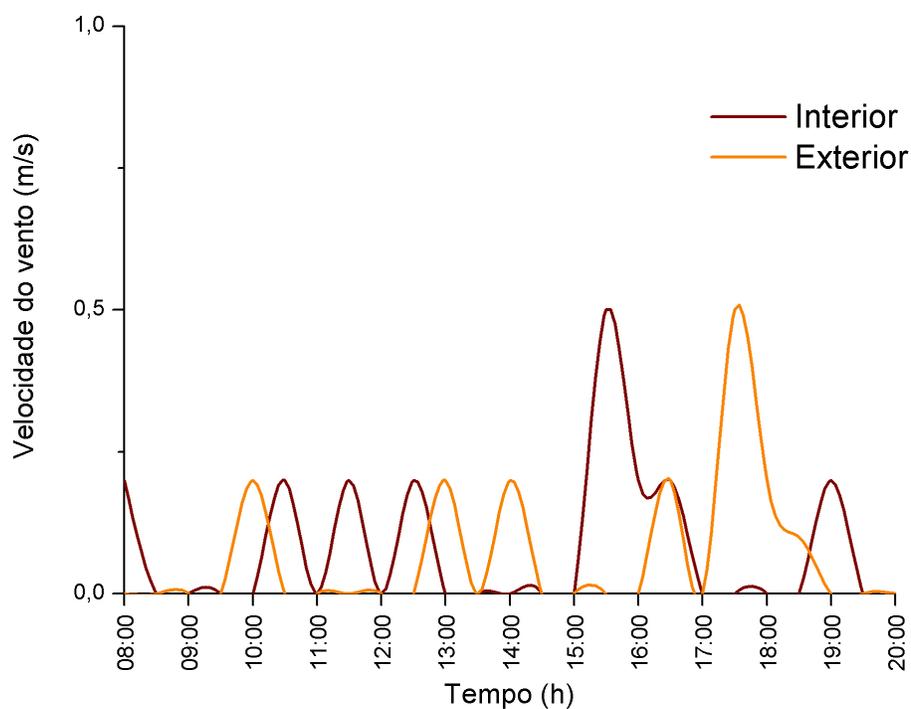


Gráfico 25: Variação da Velocidade do vento/ ar – TECLIM – Inverno.

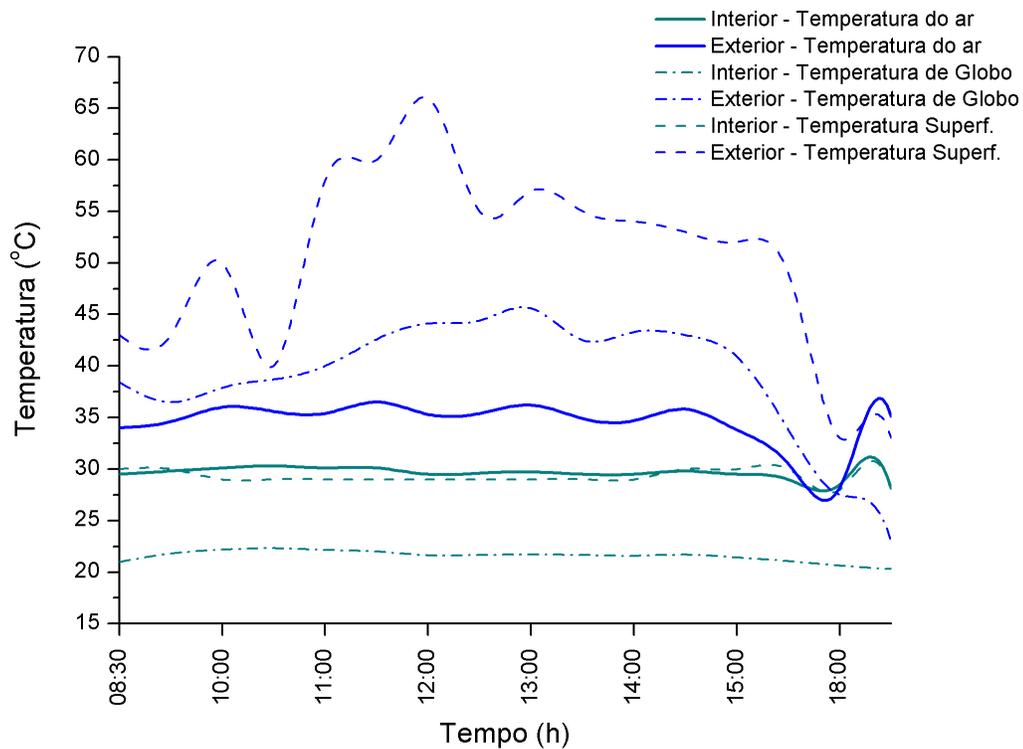


Gráfico 26: Variação da temperatura – TECLIM – Verão

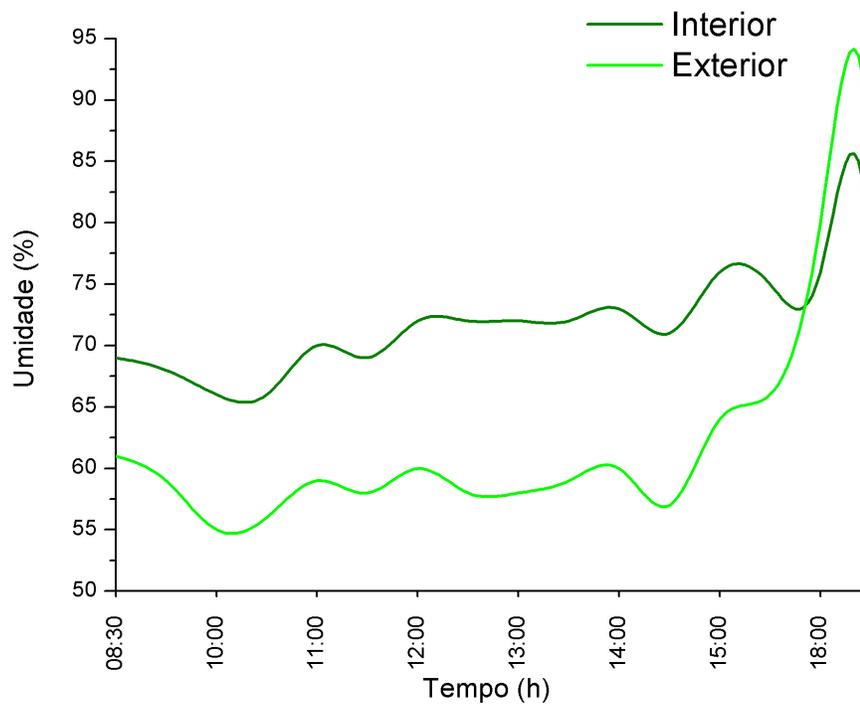


Gráfico 27: Variação da Umidade – TECLIM – Verão

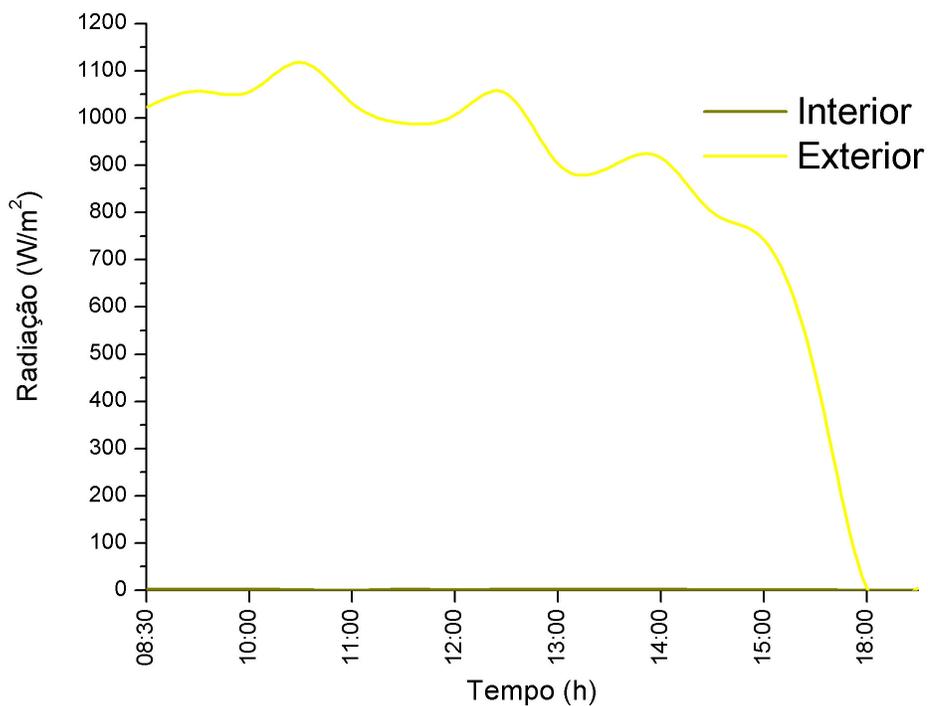


Gráfico 28: Variação da Radiação – TECLIM – Verão

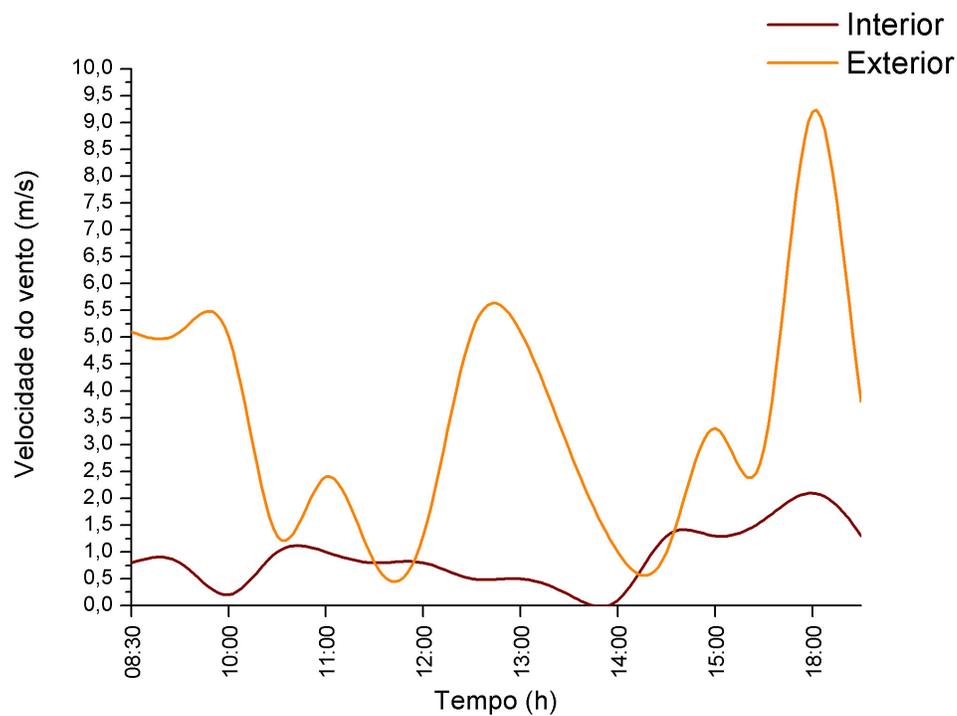


Gráfico 29: Variação da Velocidade do vento/ ar – TECLIM - Verão

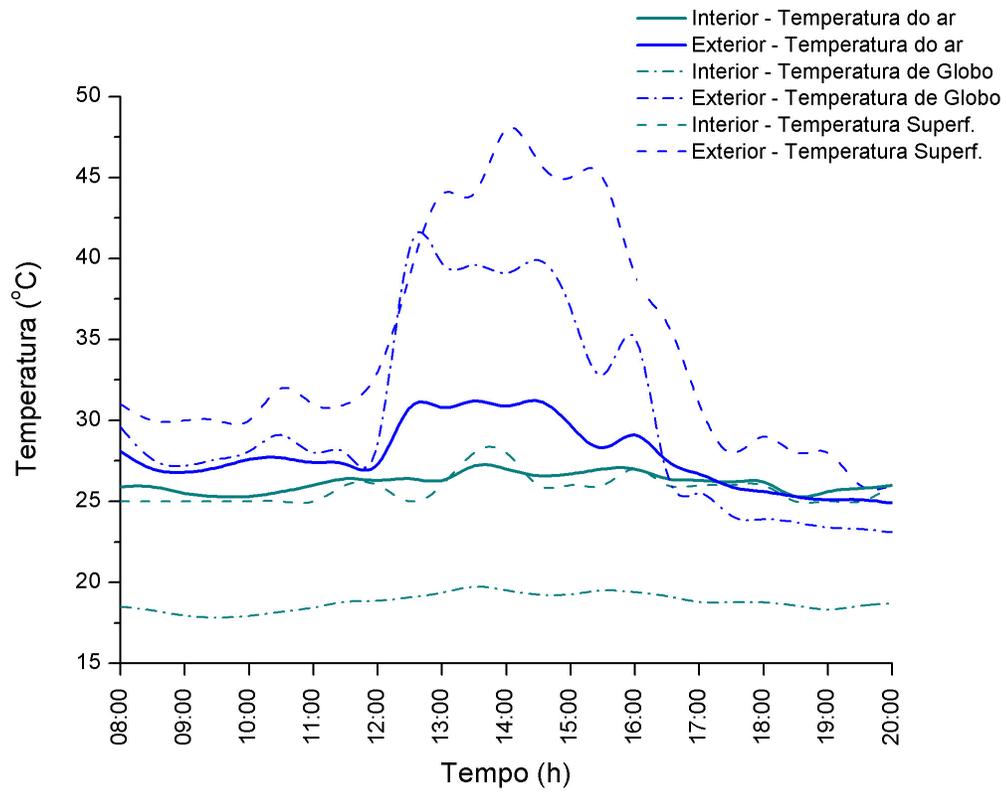


Gráfico 30: Variação da temperatura – LEN – Inverno



Gráfico 31: Variação da Umidade – LEN – Inverno

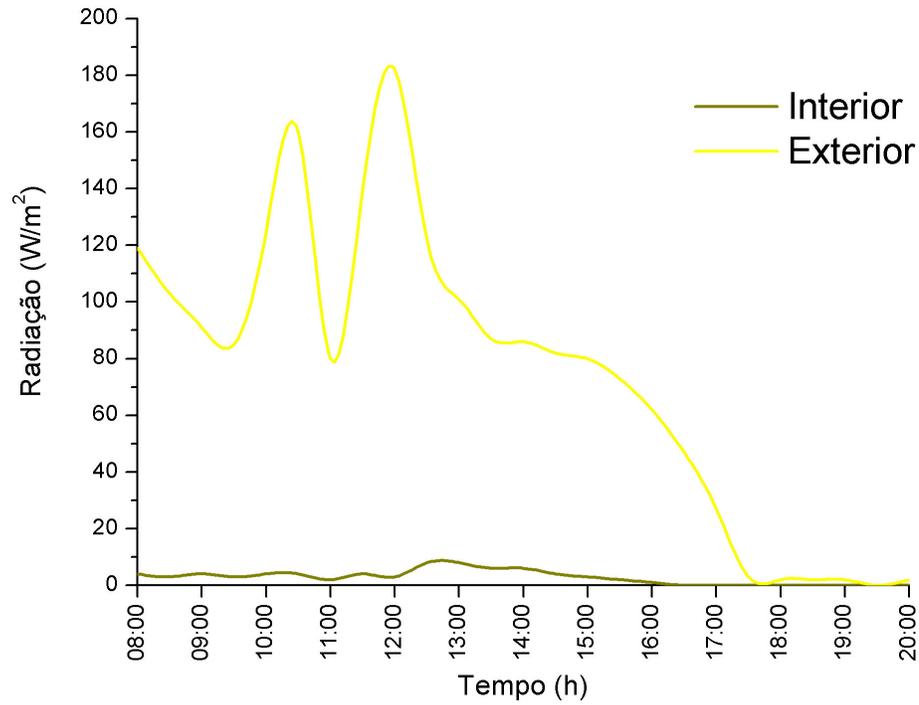


Gráfico 32: Variação da Radiação – LEN – Inverno

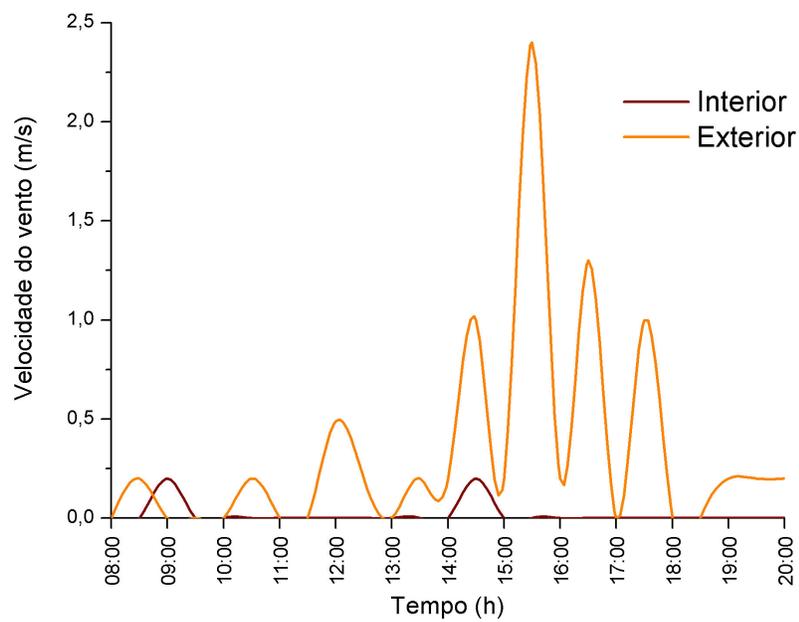


Gráfico 33: Variação da Velocidade do vento/ ar – LEN – Inverno

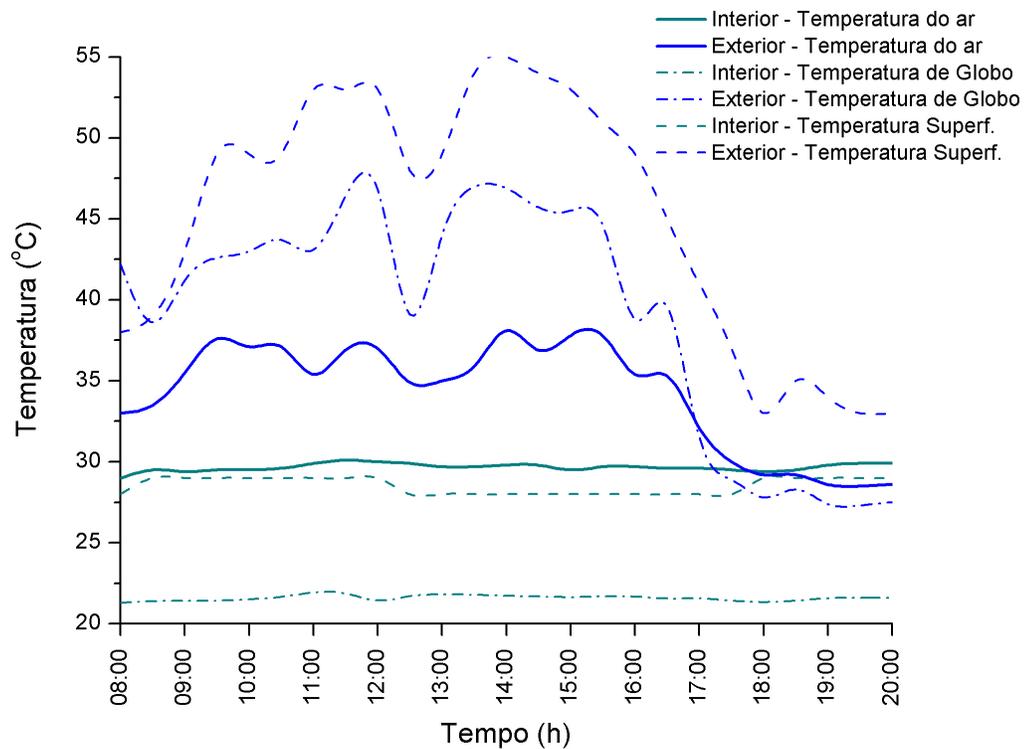


Gráfico 34: Variação da temperatura -- LEN - Verão



Gráfico 35: Variação da Umidade -- LEN - Verão

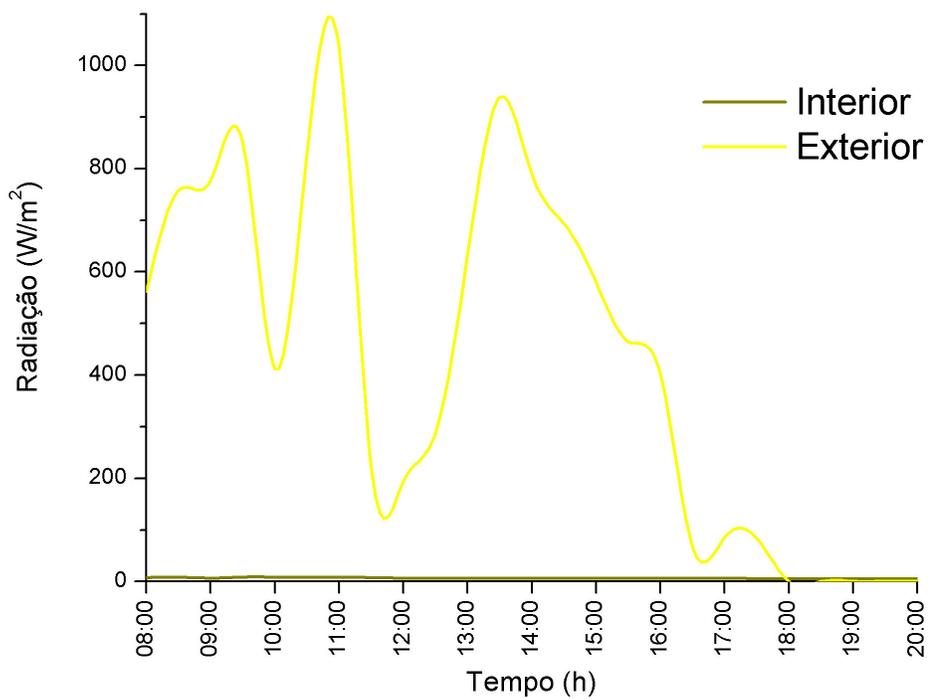


Gráfico 36: Variação da Radiação – LEN – Verão

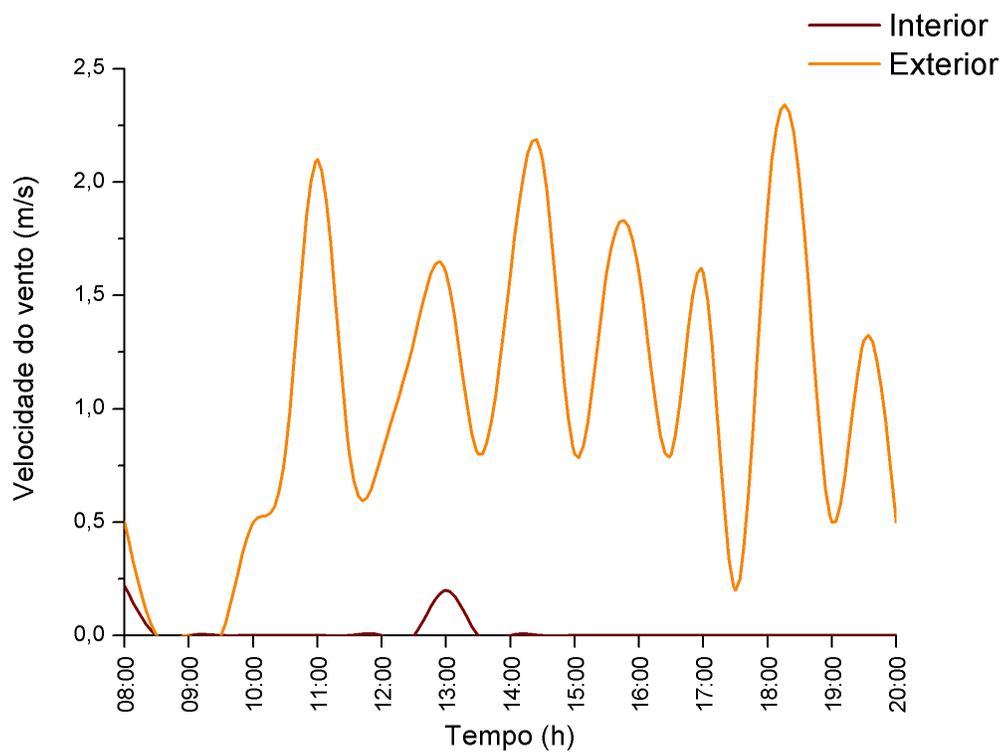
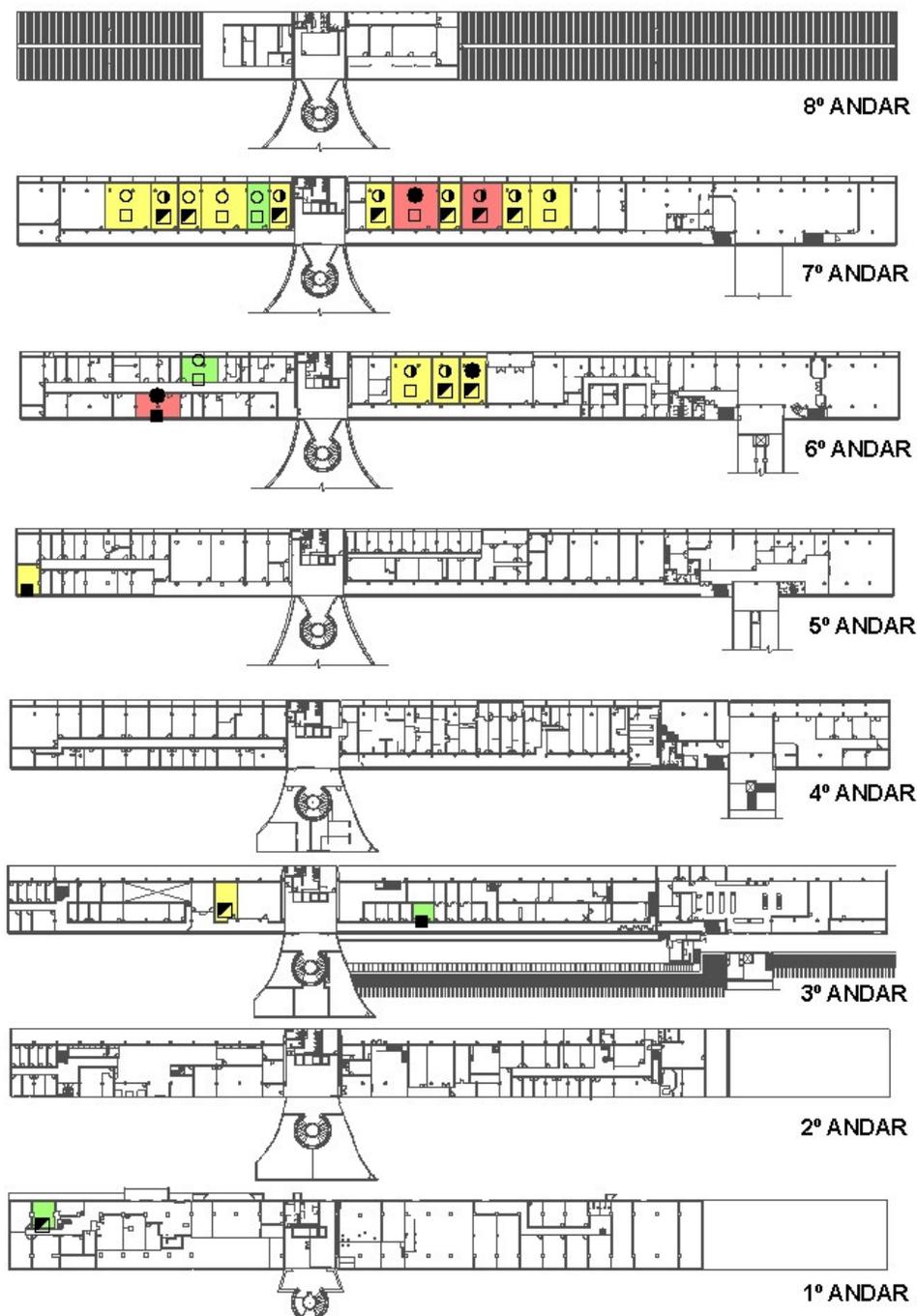


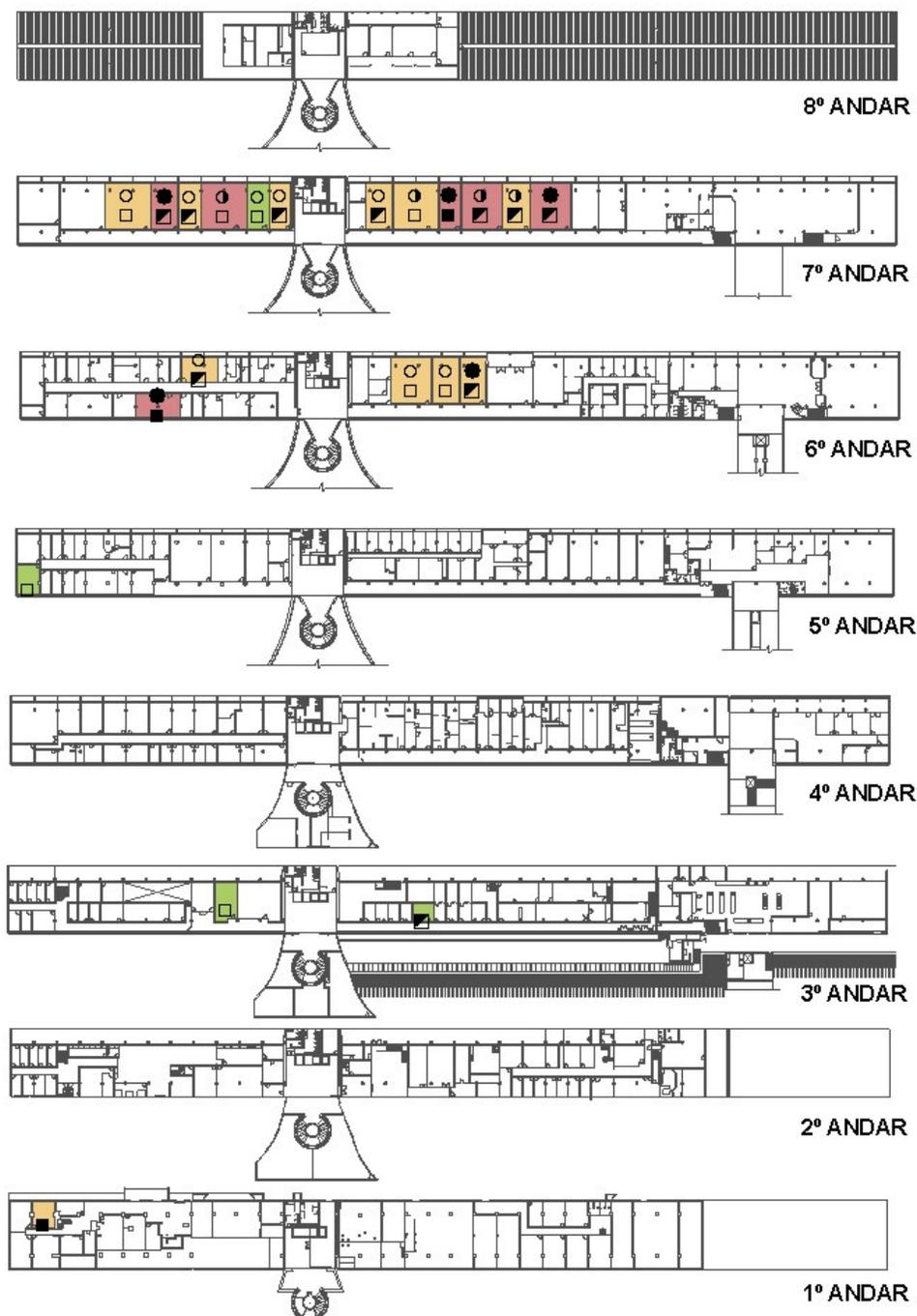
Gráfico 37: Variação da Velocidade do vento/ ar – LEN – Verão

APÊNDICE B: Plantas Temáticas



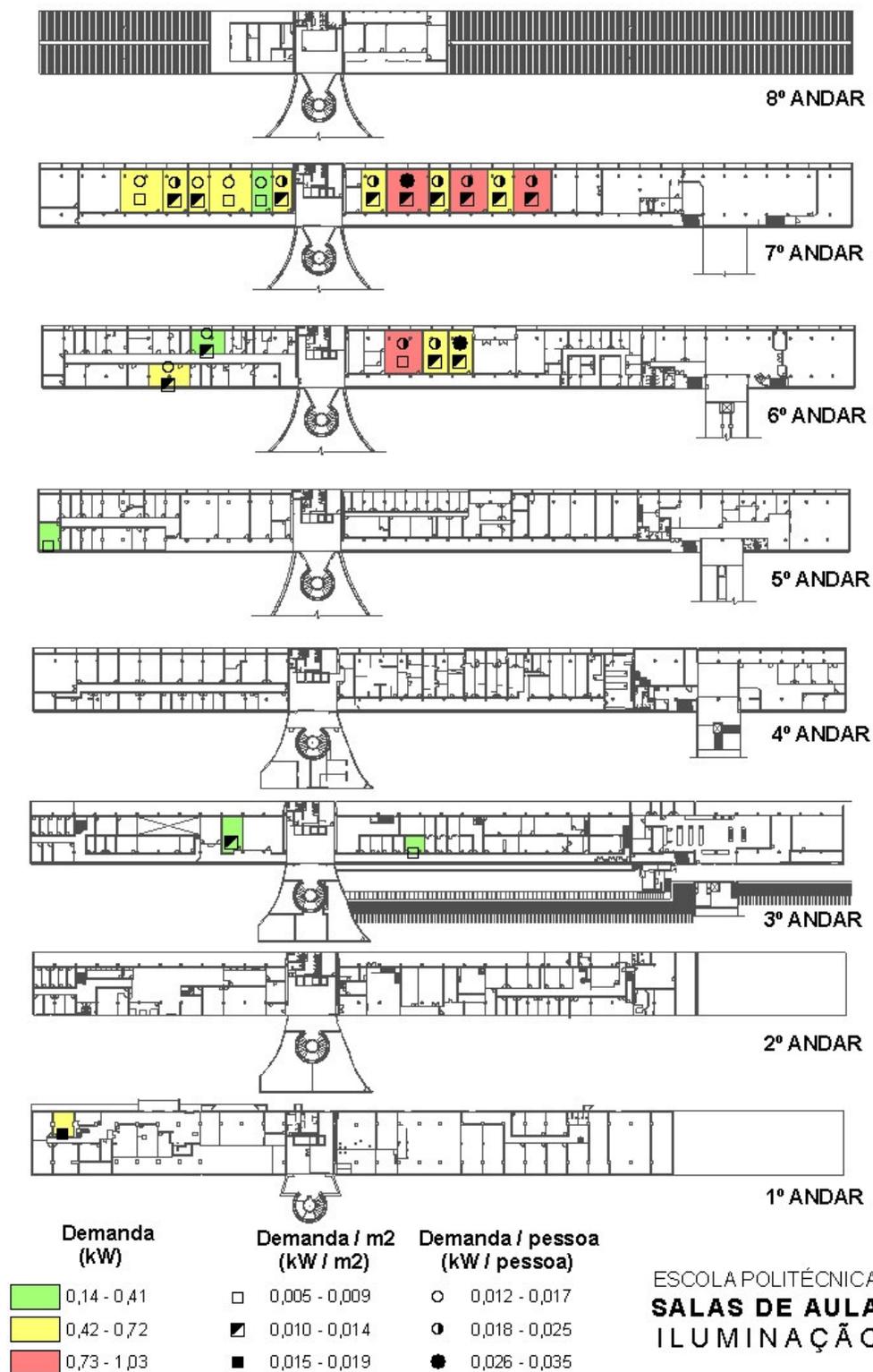
Demanda (kW)	Demanda / m2 (kW / m2)	Demanda / pessoa (kW / pessoa)
0,53 - 0,62	0,0080 - 0,0132	0,016 - 0,028
0,63 - 1,17	0,0133 - 0,0241	0,029 - 0,036
1,18 - 1,56	0,0242 - 0,0357	0,037 - 0,051

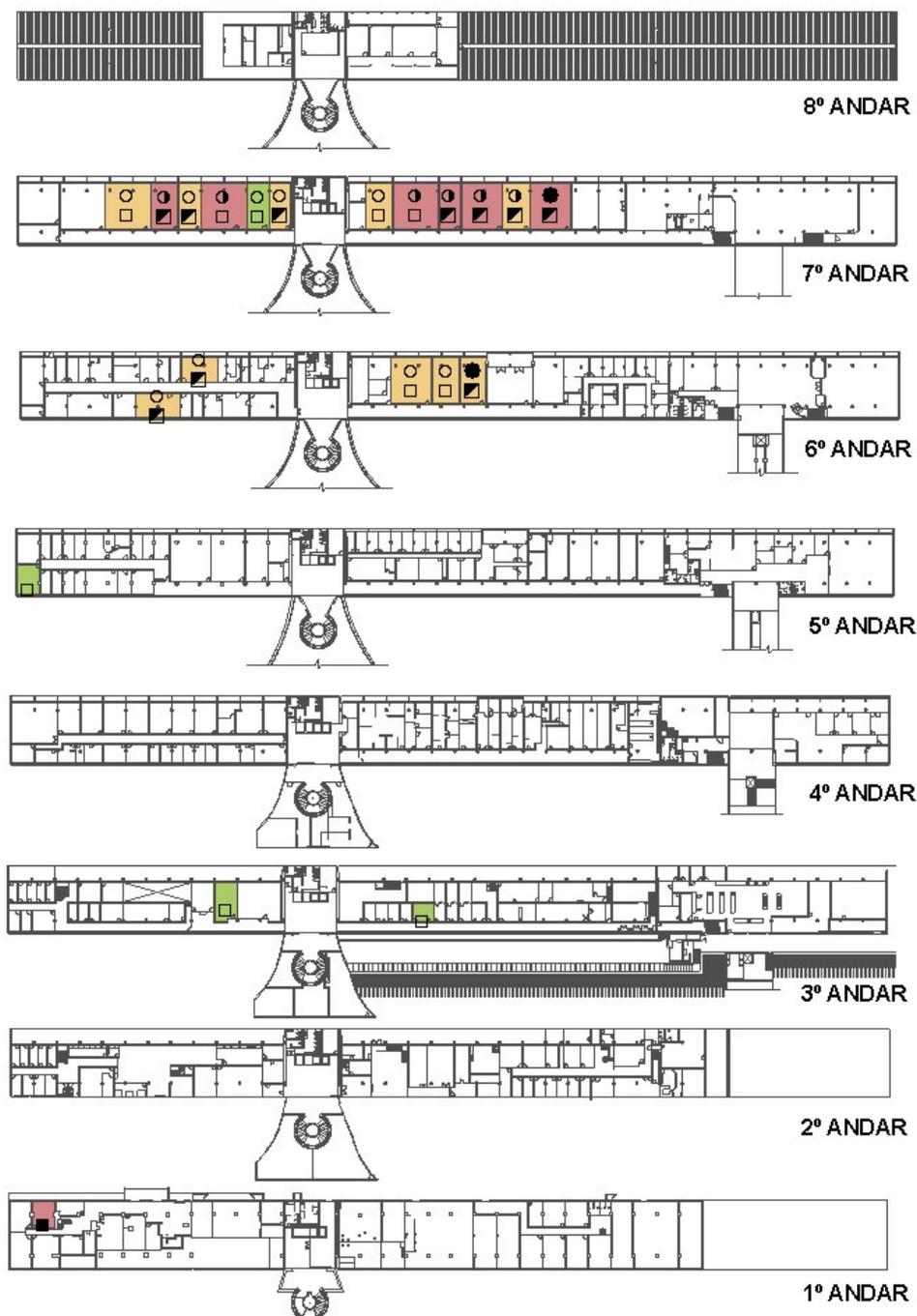
ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS DE AULA
 DEMANDA TOTAL DO AMBIENTE



Consumo (kWh)	Consumo / m ² (kWh / m ²)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
9,87 - 67,94	□ 0,30 - 1,46	○ 2,31 - 3,40
67,95 - 130,73	▨ 1,47 - 2,48	◐ 3,41 - 4,54
130,74 - 206,13	■ 2,49 - 4,07	● 4,55 - 6,30

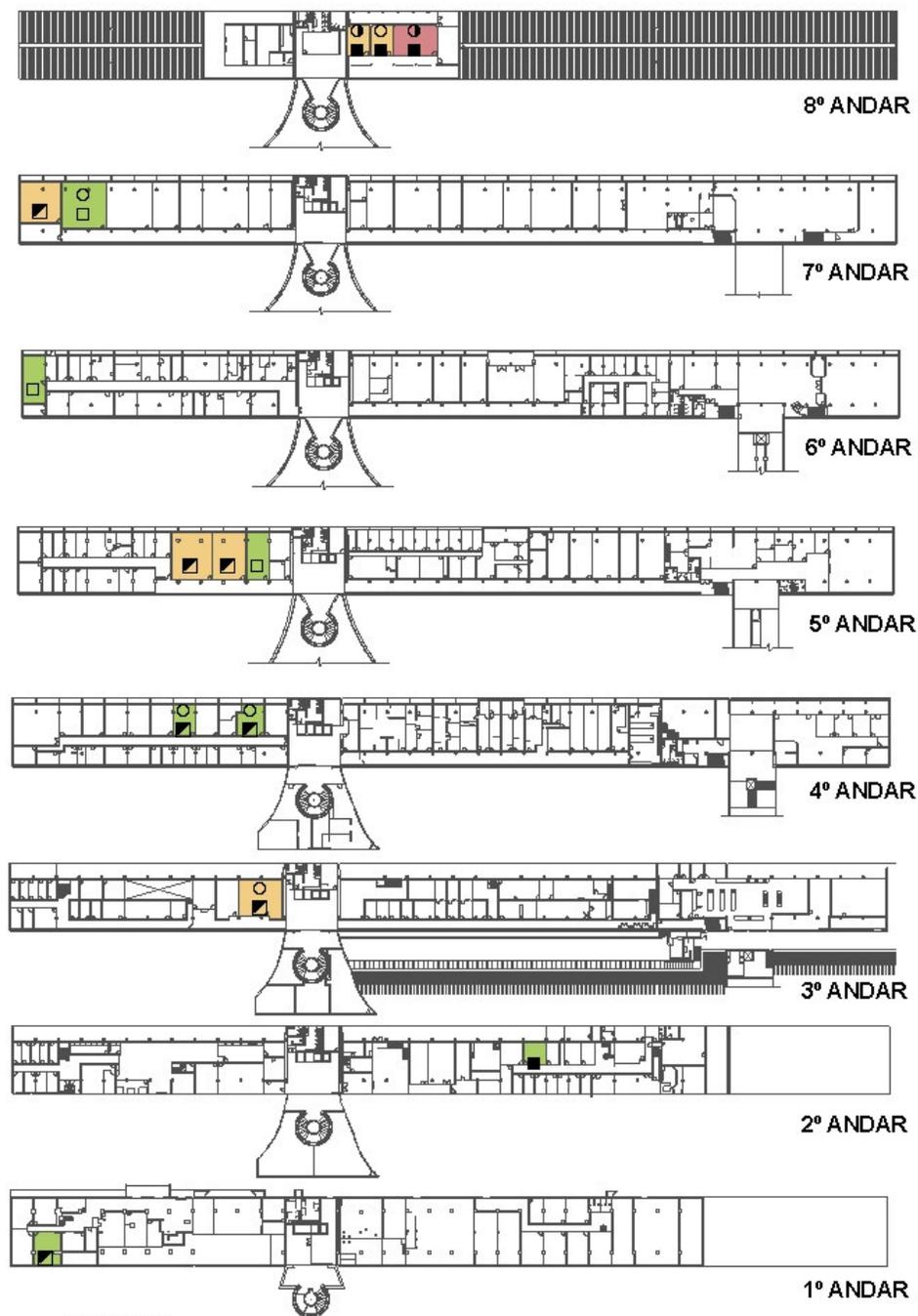
INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS DE AULA
 TOTAL DO AMBIENTE





Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
2,99 - 41,34	□ 0,09 - 1,31	○ 1,84 - 2,68
41,35 - 96,18	▣ 1,32 - 2,35	◐ 2,69 - 4,12
96,19 - 169,73	■ 2,36 - 4,07	● 4,13 - 5,06

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS DE AULA
ILUMINAÇÃO

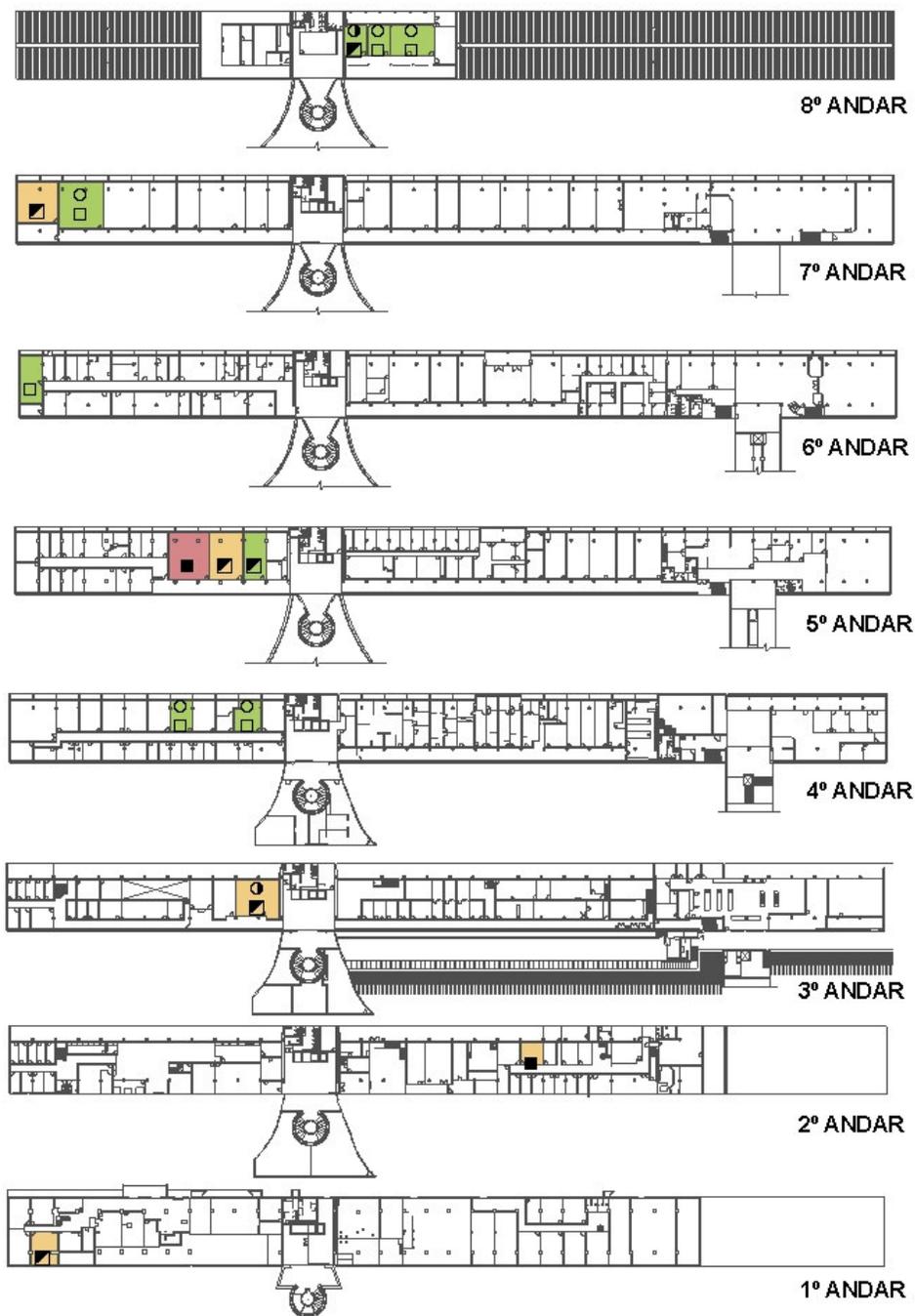


Demanda (kW)	
■	1,58 - 4,33
■	4,34 - 7,68
■	7,69 - 13,74

Demanda / m2 (kW / m2)	
	0,031 - 0,055
	0,056 - 0,104
	0,105 - 0,216

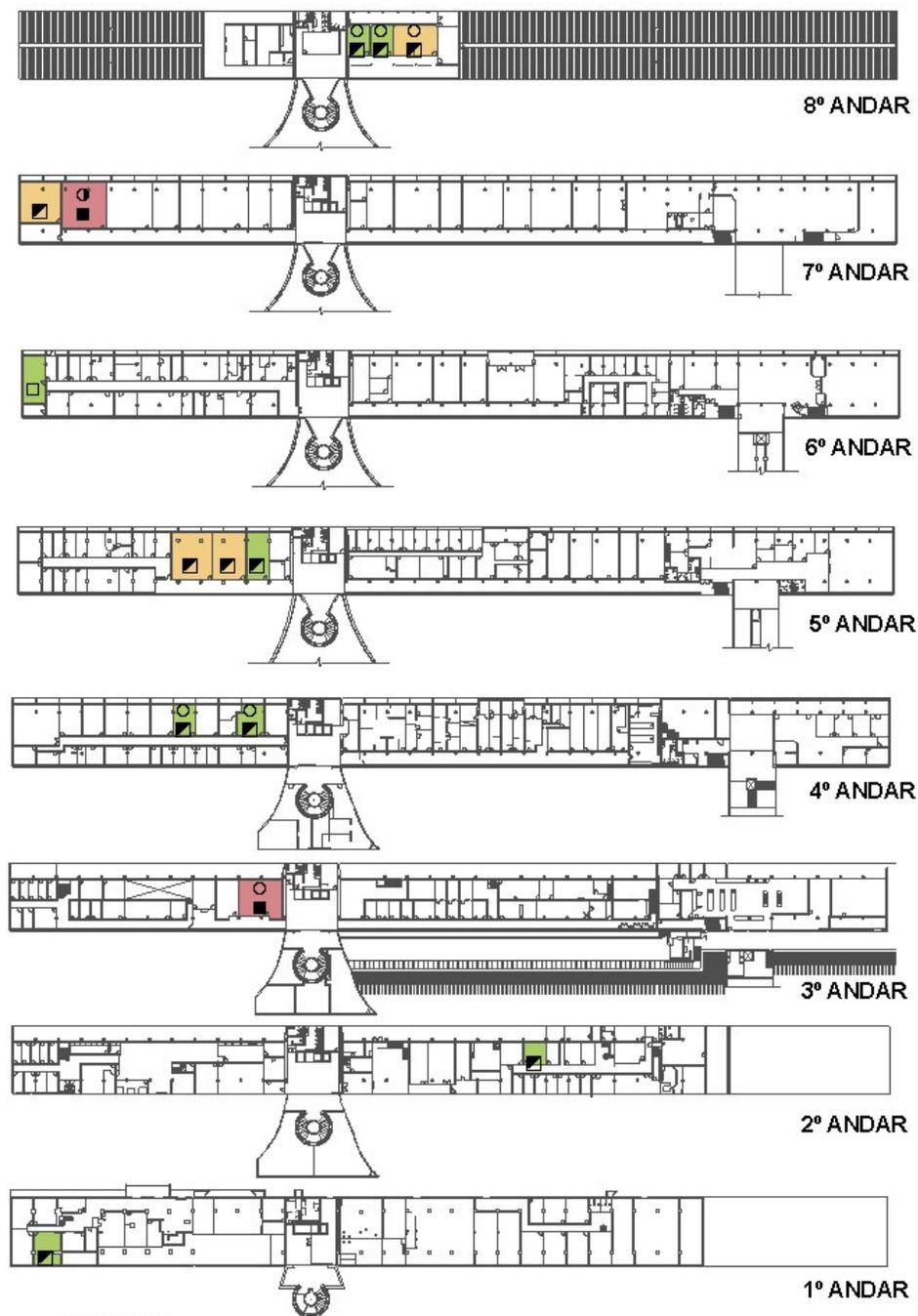
Demanda / pessoa (kW / pessoa)	
	0,13 - 0,28
	0,29 - 0,55
	0,56 - 7,68

ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS ESPECIAIS
 TOTAL DO AMBIENTE



Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
156,53 - 343,70	□ 3,36 - 5,30	○ 7,15 - 11,06
343,71 - 535,51	▣ 5,31 - 10,35	◐ 11,07 - 19,31
535,52 - 1366,09	■ 10,36 - 21,81	● 19,32 - 50,52

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS ESPECIAIS
 TOTAL DO AMBIENTE

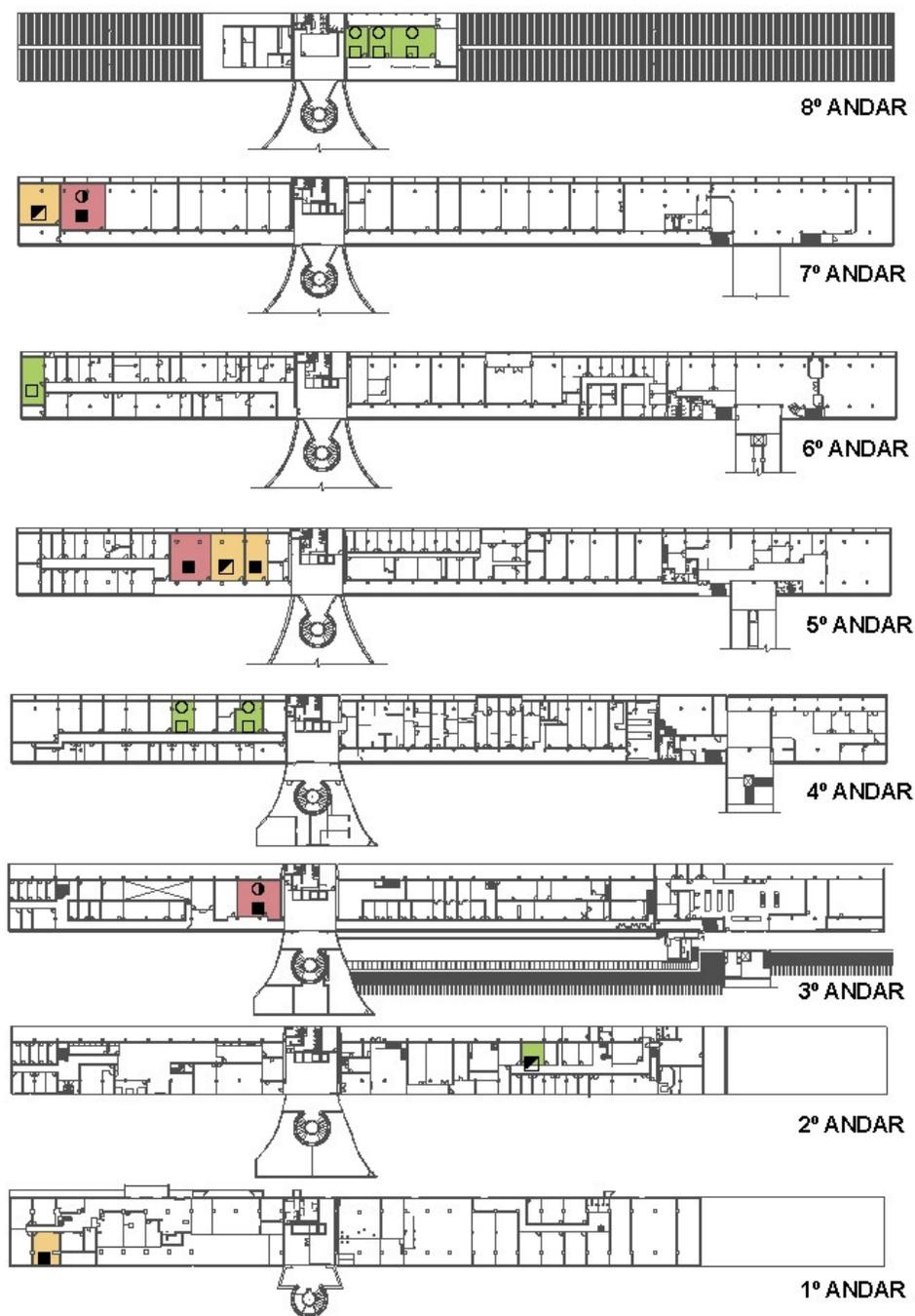


Demanda (kW)	
■	0,07 - 0,41
■	0,42 - 0,82
■	0,83 - 1,32

Demanda / m2 (kW / m2)	
	0,0014
	0,0015 - 0,0101
	0,0102 - 0,0154

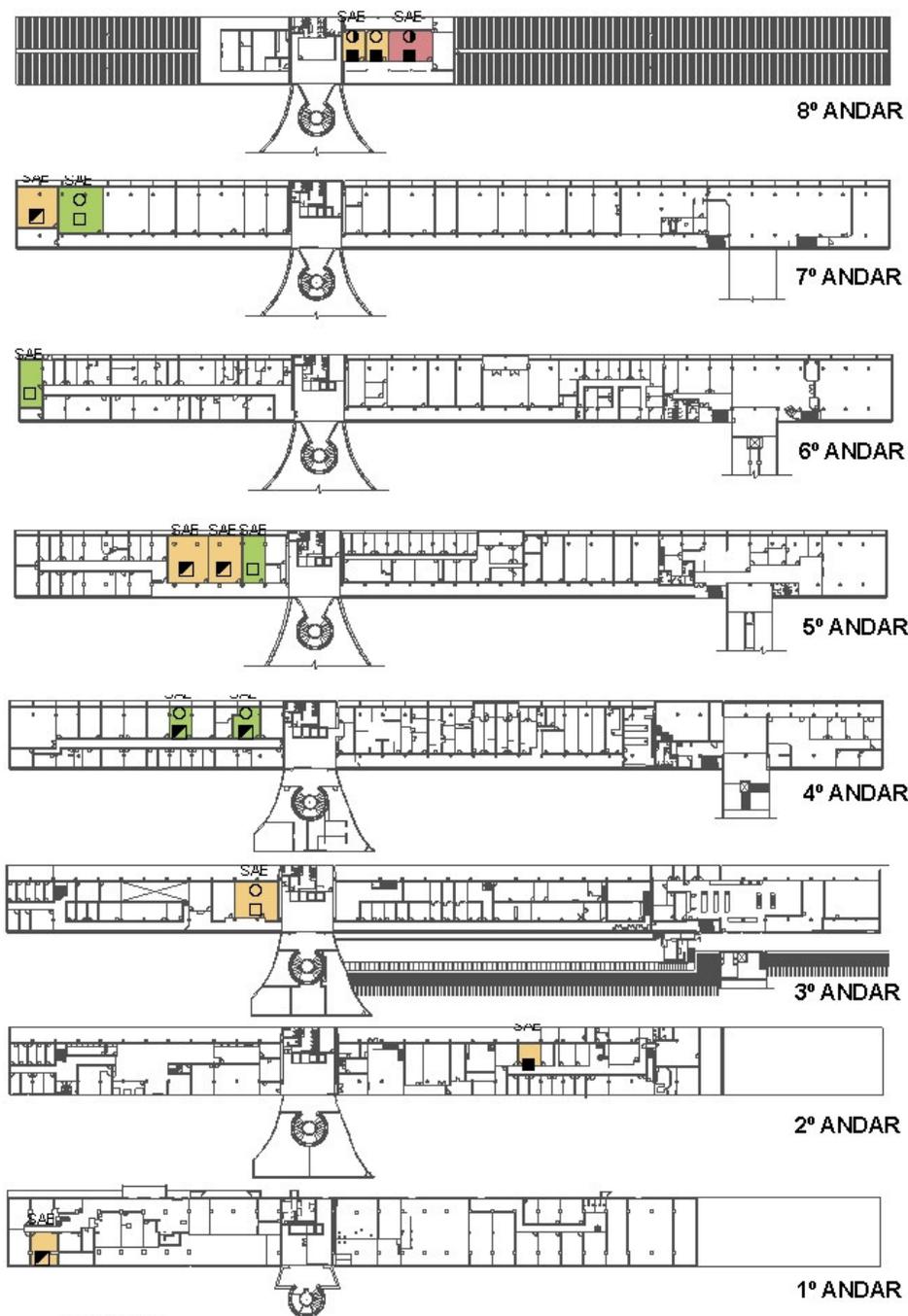
Demanda / pessoa (kW / pessoa)	
	0,01 - 0,03
	0,04 - 0,07
	0,08 - 0,61

ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS ESPECIAIS
 ILUMINAÇÃO

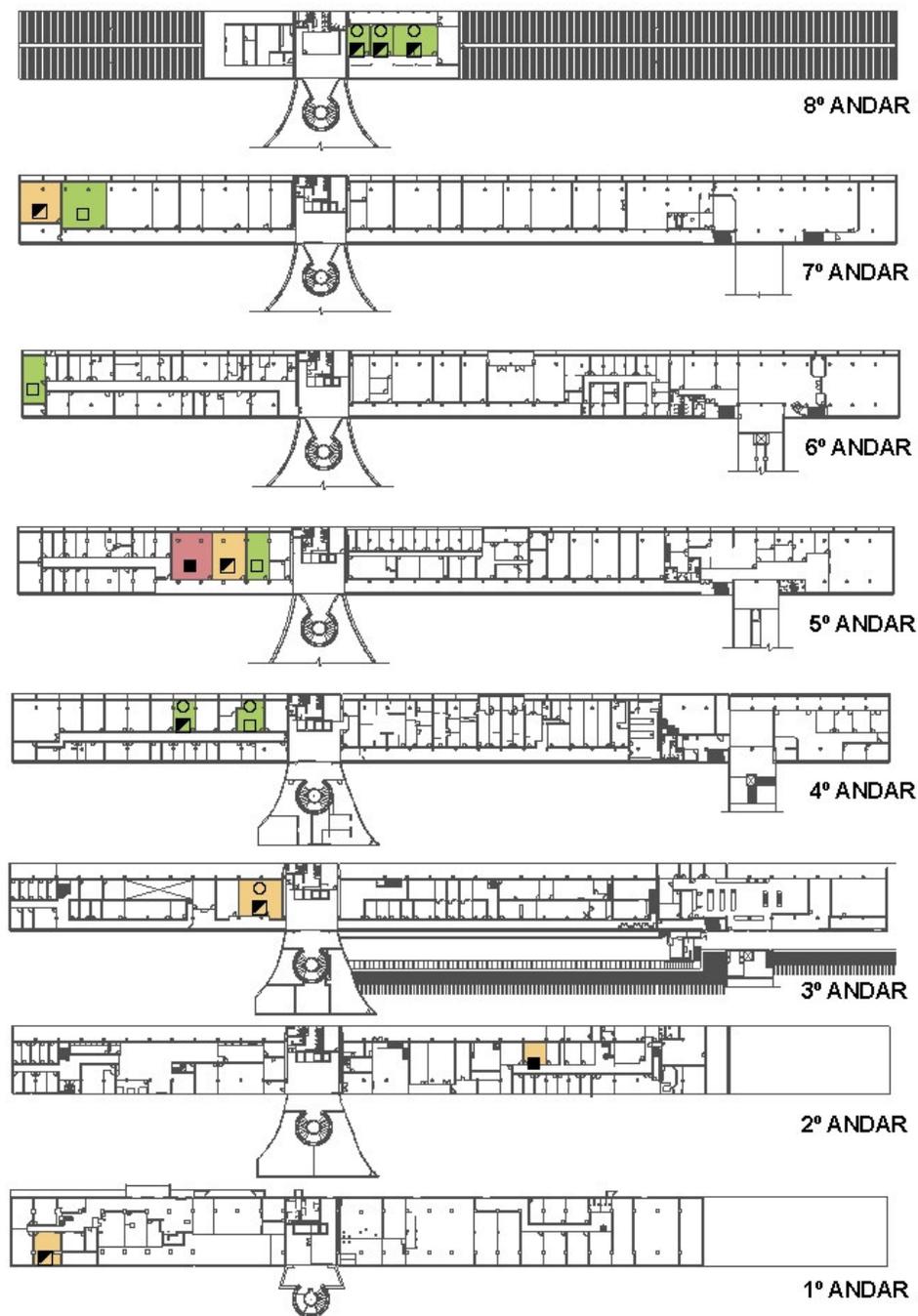


Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
12,10 - 34,82	□ 0,24 - 0,58	○ 0,75 - 1,50
34,83 - 102,82	▣ 0,59 - 1,27	◐ 1,51 - 8,47
102,83 - 239,74	■ 1,28 - 2,34	● 8,48 - 154,22

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS ESPECIAIS
ILUMINAÇÃO

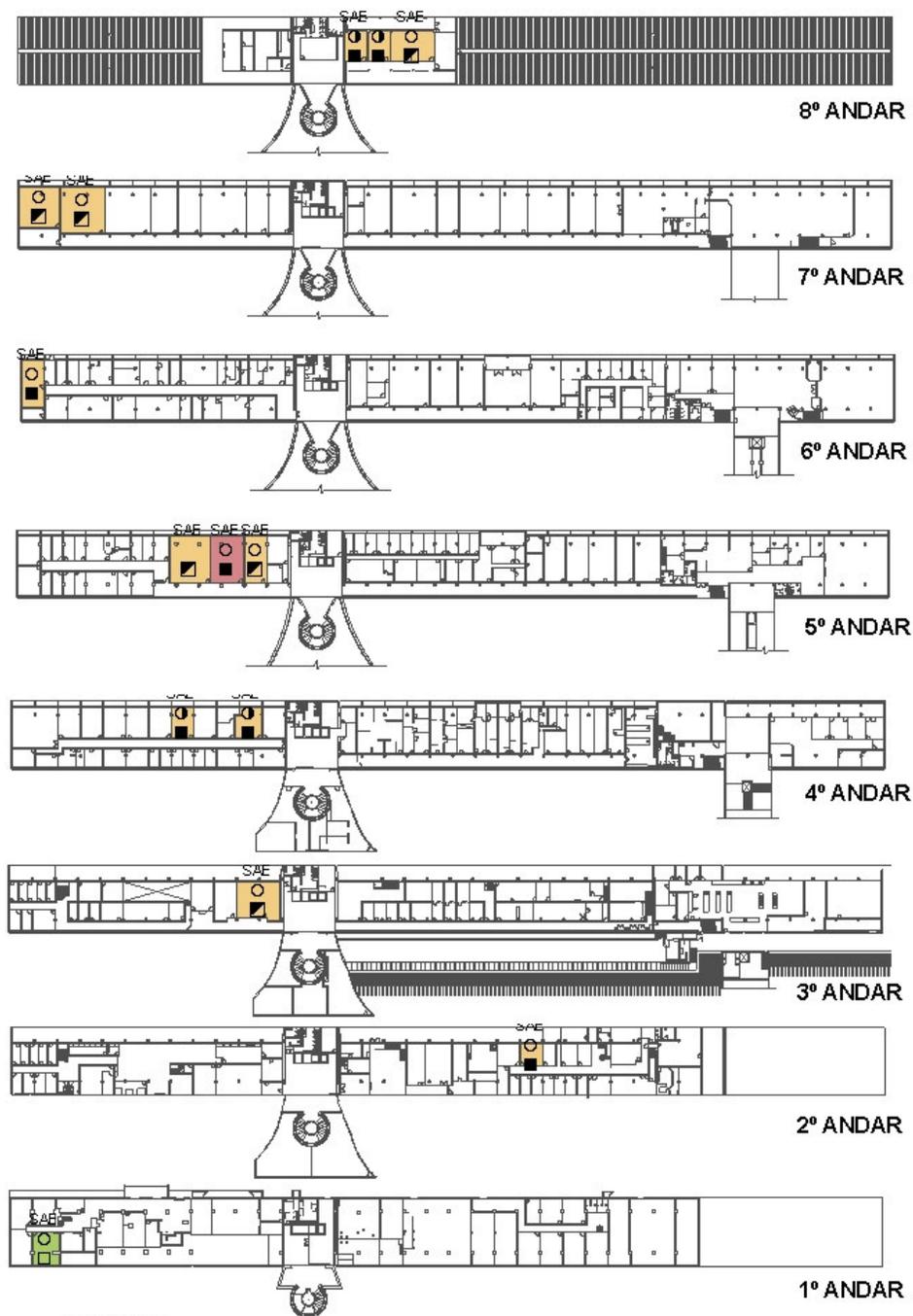


Demanda (kW)	Demanda / m2 (kW / m2)	Demanda / pessoa (kW / pessoa)	ESCOLA POLITÉCNICA SALAS ESPECIAIS CLIMATIZAÇÃO
 0,95 - 2,34	 0,02 - 0,04	 0,06 - 0,22	
 2,35 - 6,26	 0,05 - 0,09	 0,23 - 0,37	
 6,27 - 12,40	 0,10 - 0,19	 0,38 - 6,26	



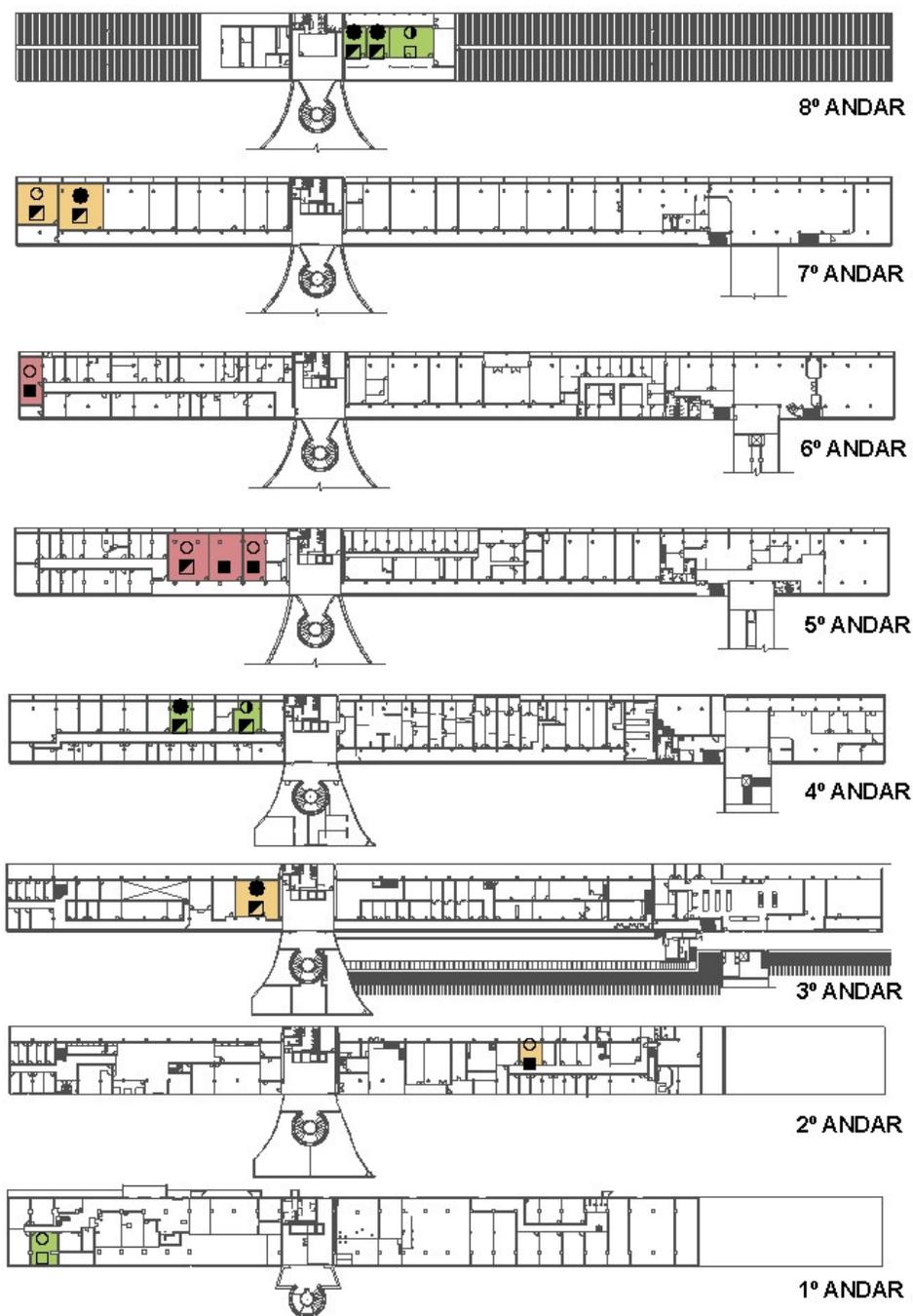
Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
0,00 - 215,04	□ 0,00 - 2,90	○ 5,38 - 14,69
215,05 - 446,88	▣ 2,91 - 8,25	◐ 14,70 - 28,20
446,89 - 1069,49	■ 8,26 - 19,02	● 28,21 - 1069,49

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS ESPECIAIS
CLIMATIZAÇÃO



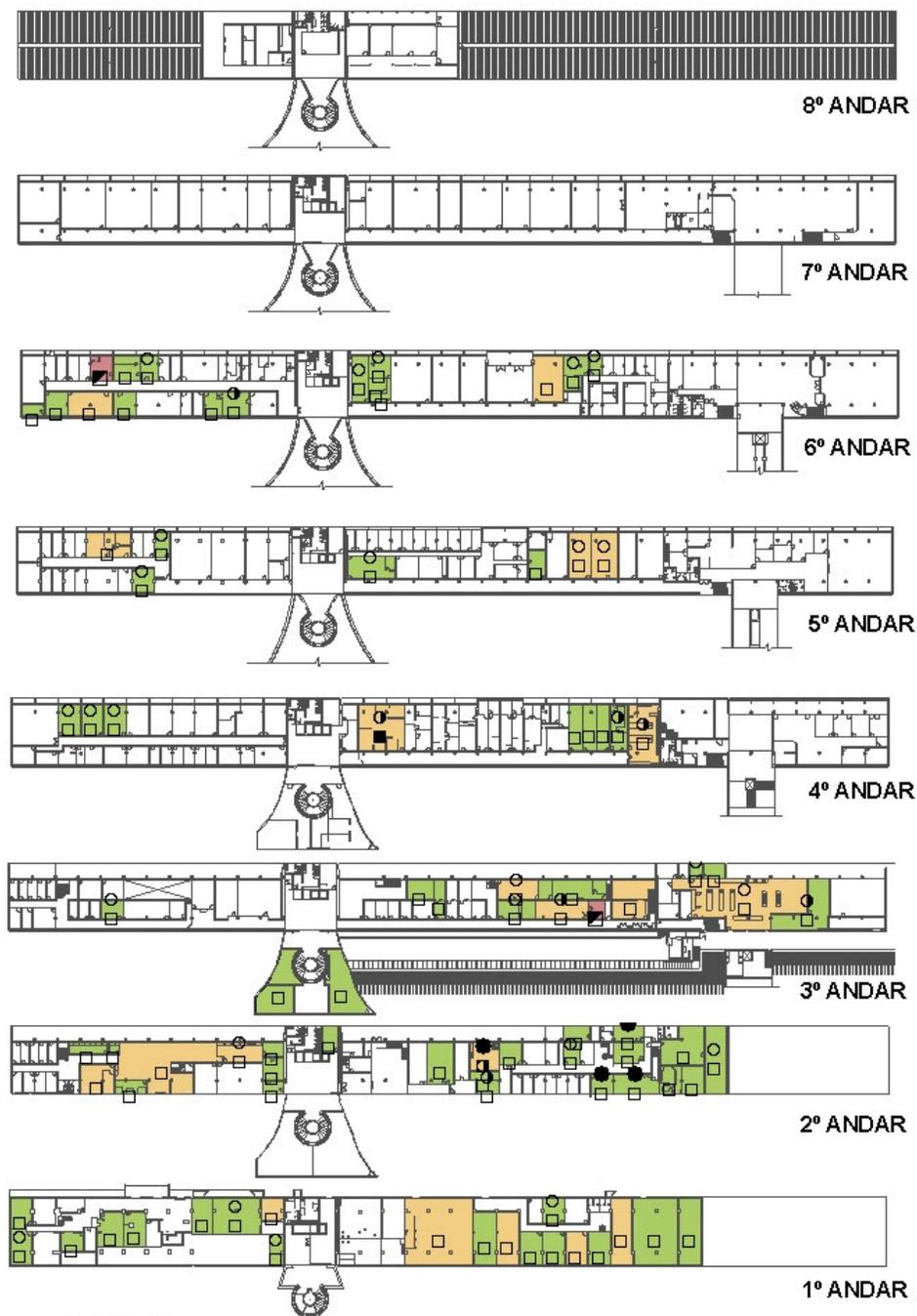
Demanda (kW)	Demanda / m2 (kW / m2)	Demanda / pessoa (kW / pessoa)
0,0	0,000	0,000 - 0,014
0,1 - 0,6	0,001 - 0,009	0,015 - 0,044
0,7 - 0,9	0,010 - 0,014	0,045 - 0,090

ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS ESPECIAIS
 INFORMÁTICA



Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
0,00 - 28,08	0,00 - 0,39	0,00
28,09 - 71,76	0,40 - 1,08	0,01 - 0,83
71,77 - 106,80	1,09 - 2,00	0,84 - 7,02

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
SALAS ESPECIAIS
INFORMÁTICA

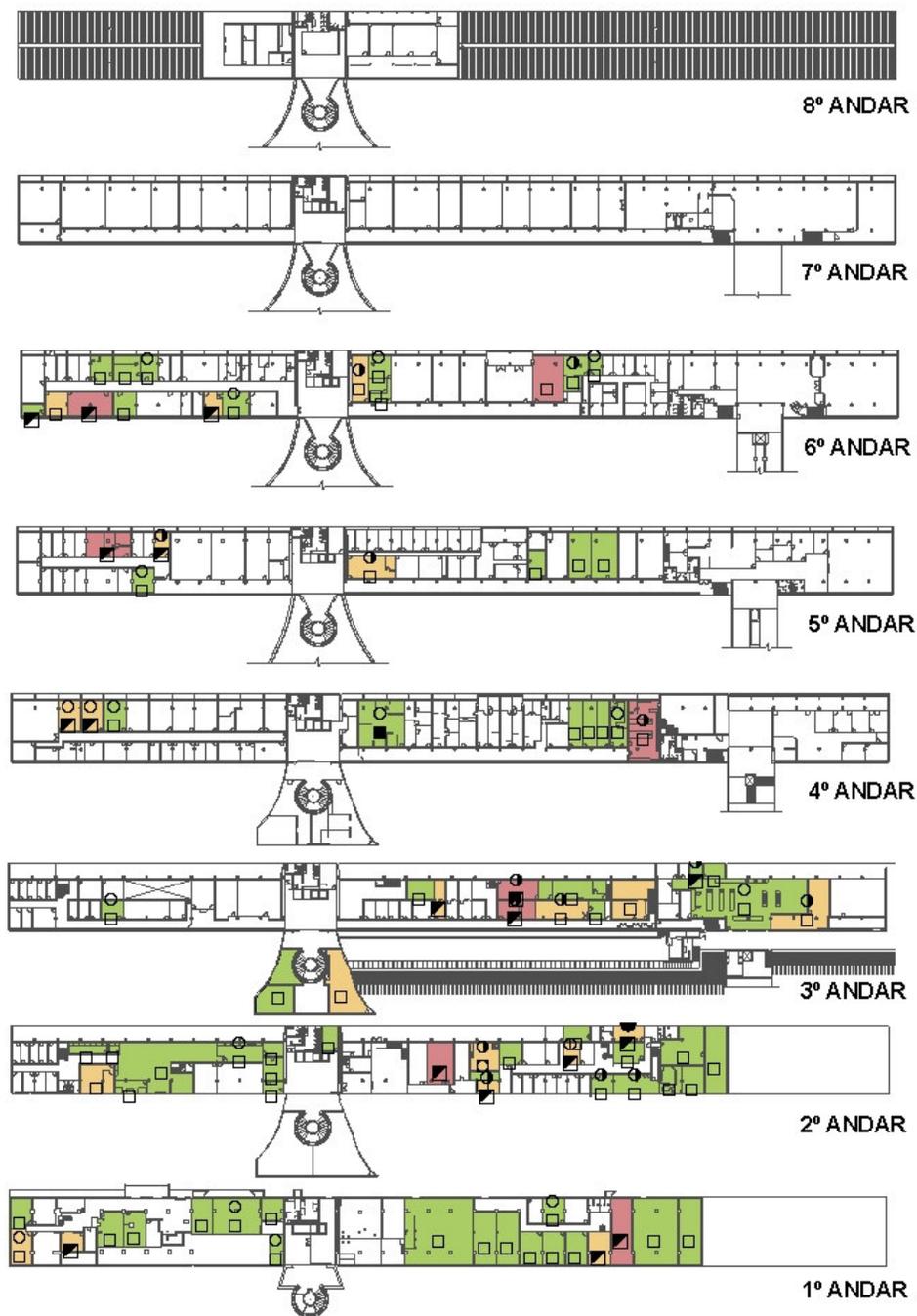


Demanda (kW)
0,27 - 7,26
7,27 - 27,26
27,27 - 72,39

Demanda / m2 (kW / m2)
0,004 - 0,528
0,529 - 3,642
3,643 - 8,933

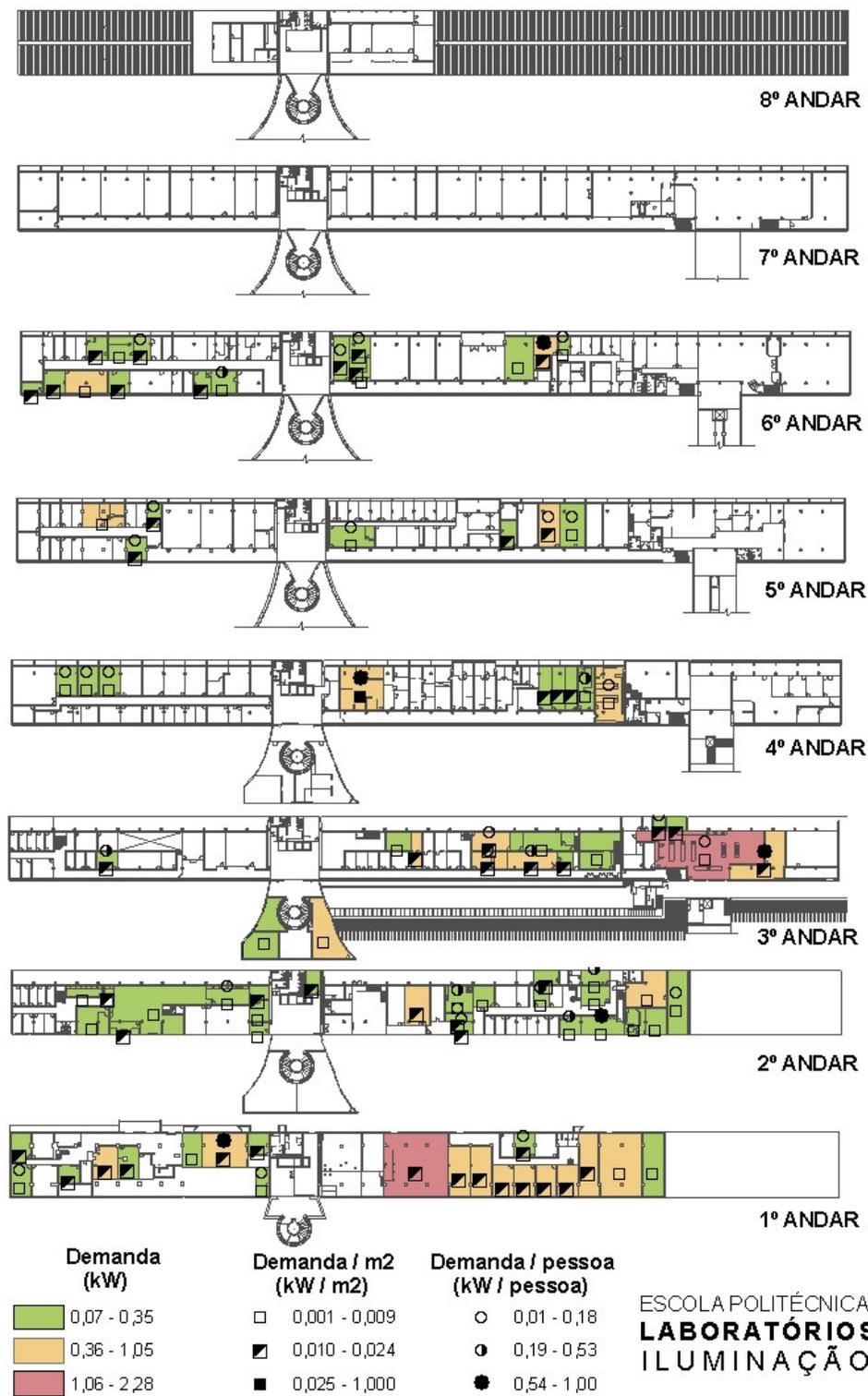
Demanda / pessoa (kW / pessoa)
0,12 - 3,45
3,46 - 8,93
8,94 - 19,98

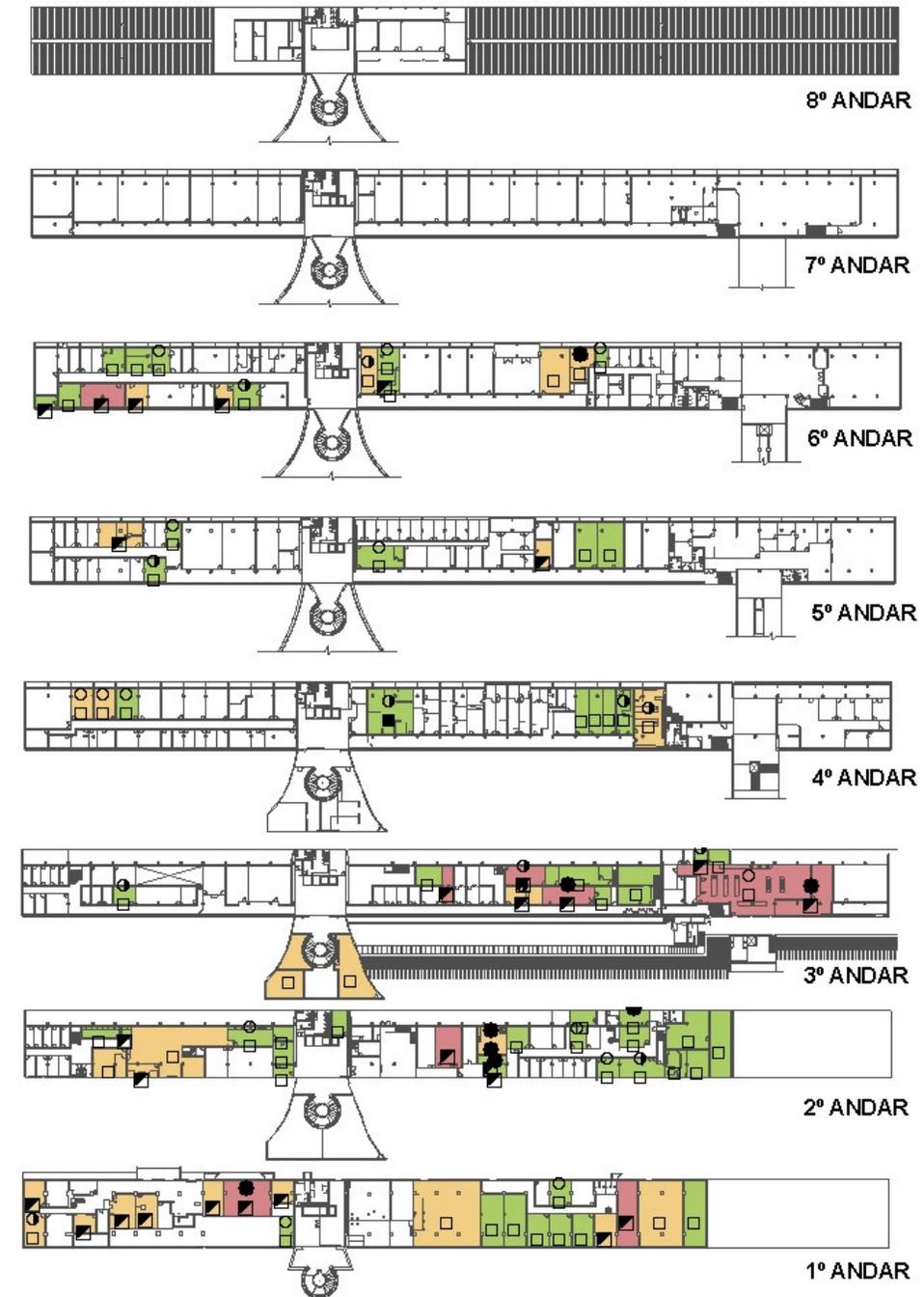
ESCOLA POLITÉCNICA
LABORATÓRIOS
 TOTAL DO AMBIENTE



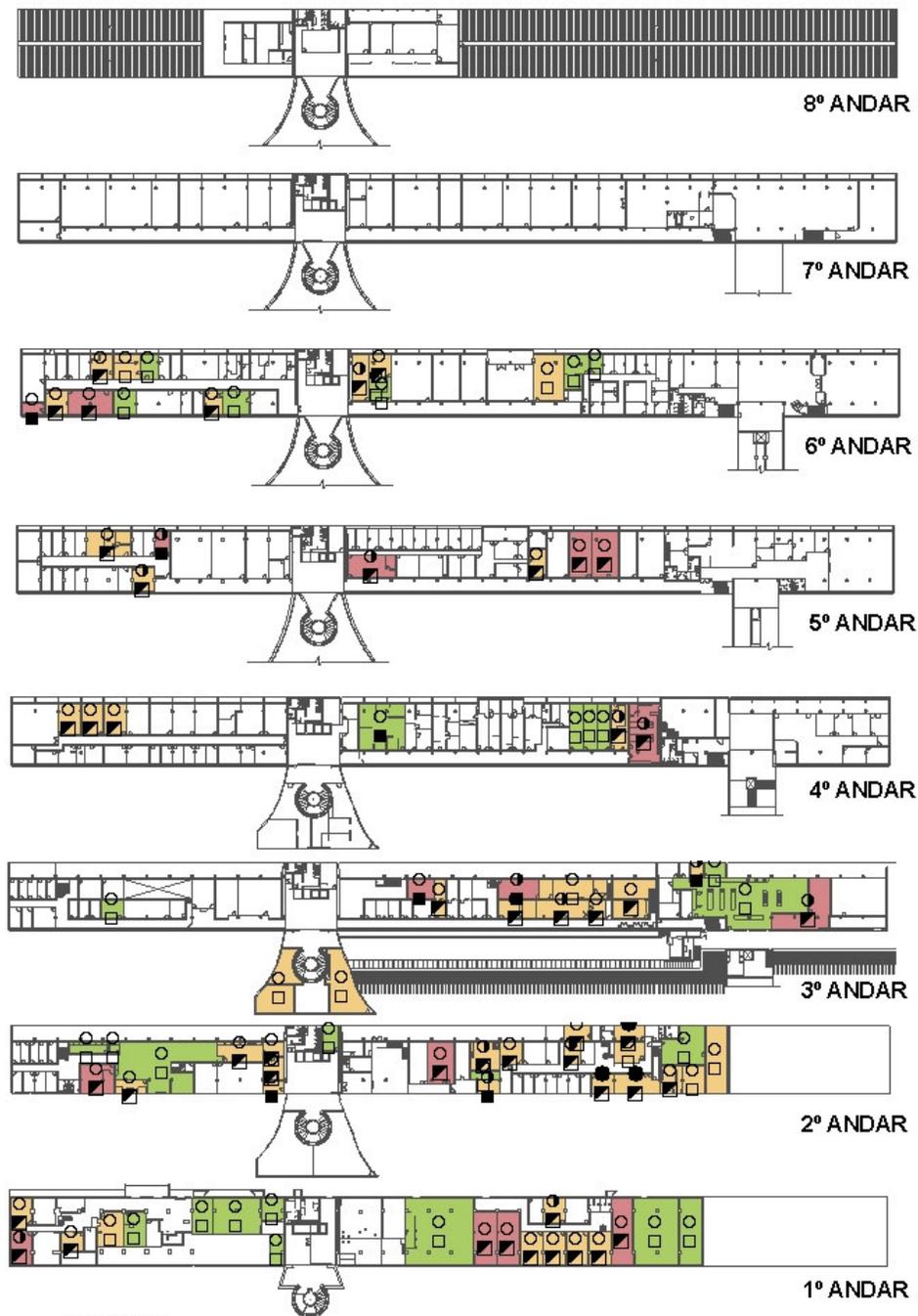
Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
10,62 - 369,28	□ 0,37 - 17,99	○ 10,81 - 210,29
369,29 - 976,03	▨ 18,00 - 60,72	◐ 210,30 - 701,95
976,04 - 2641,75	■ 60,73 - 195,83	● 701,96 - 2005,56

INDICADORES DE CONSUMO
**ESCOLA POLITÉCNICA
 LABORATÓRIOS**
 TOTAL DO AMBIENTE

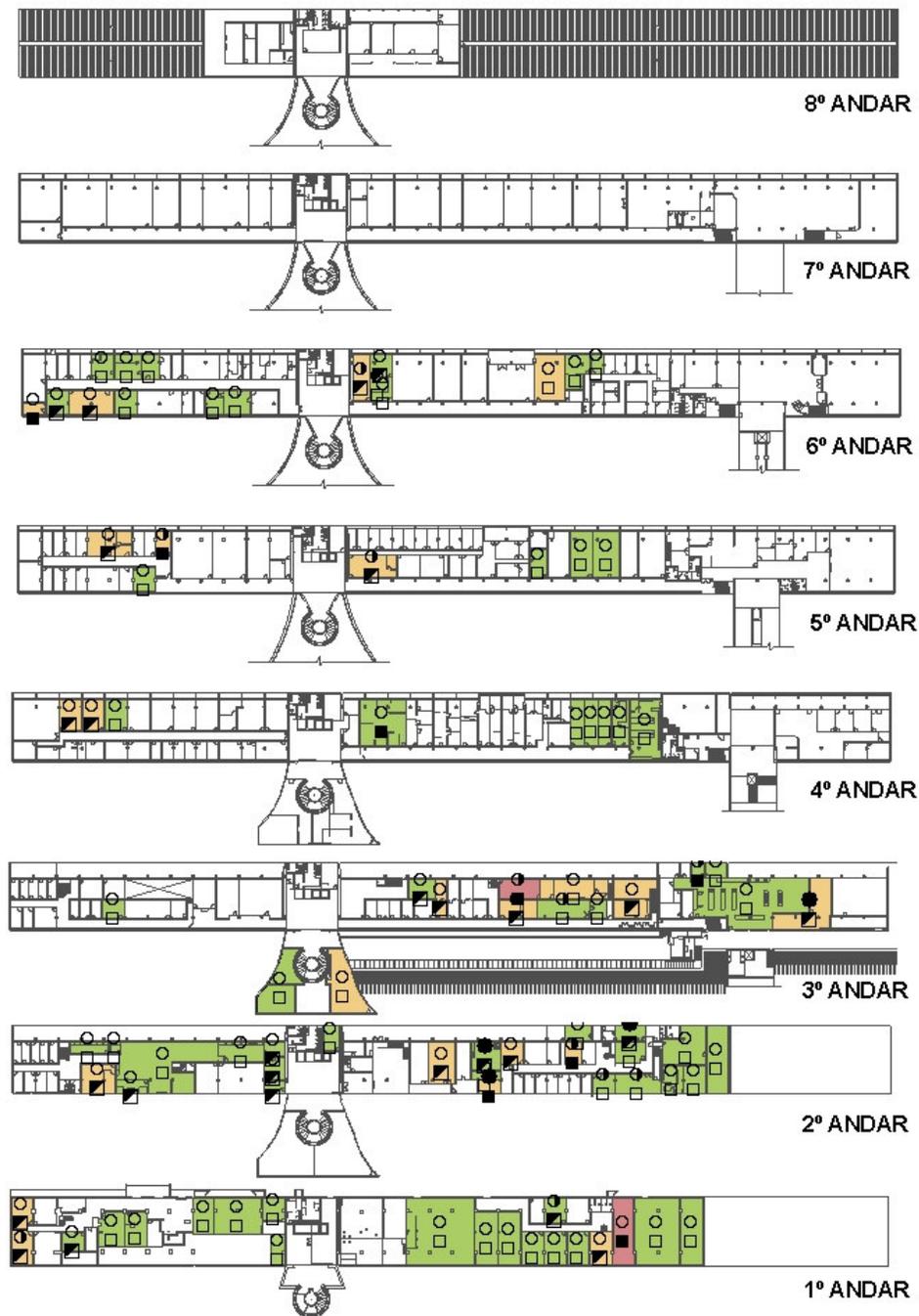




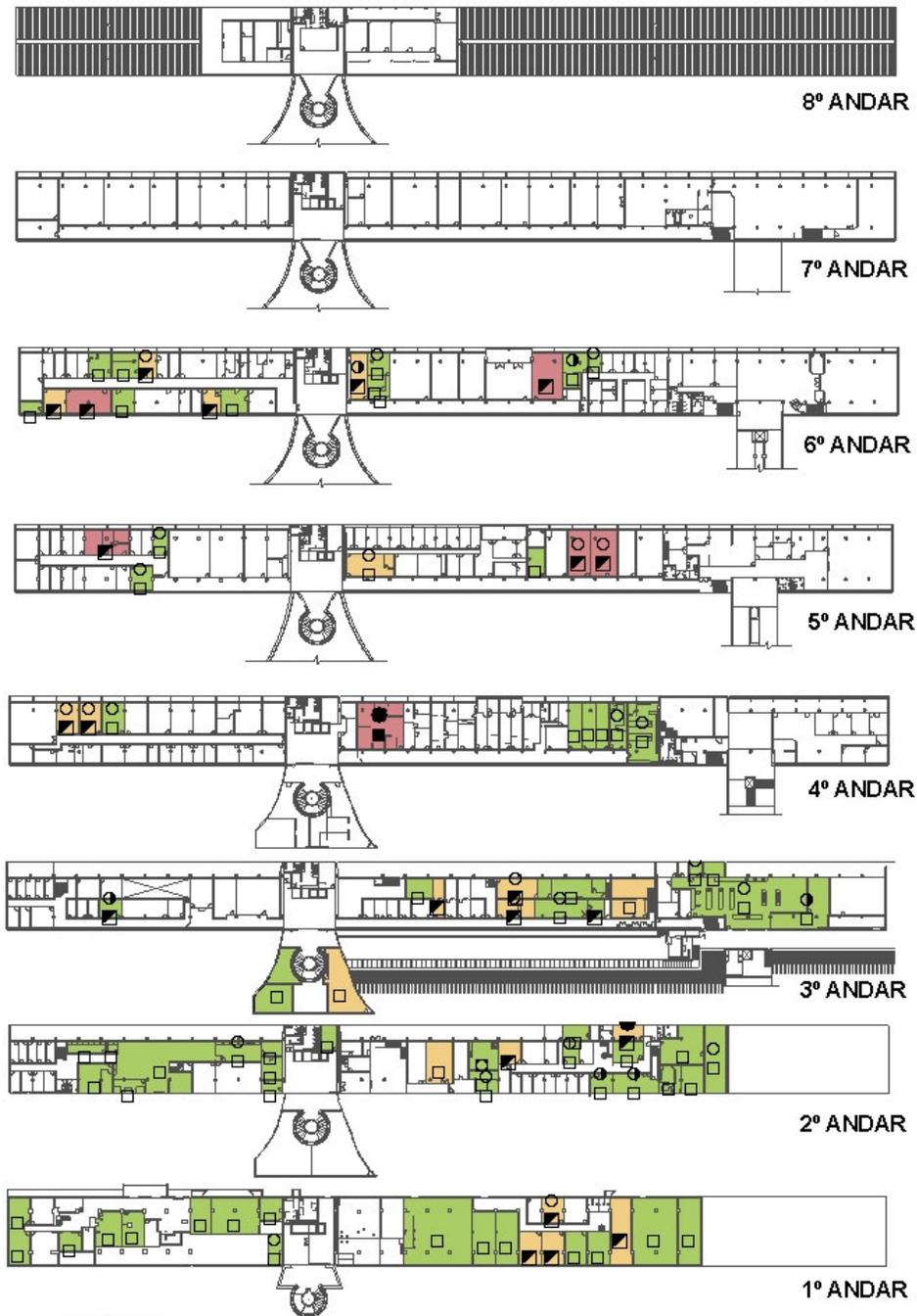
Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)	INDICADORES DE CONSUMO ESCOLA POLITÉCNICA LABORATÓRIOS ILUMINAÇÃO
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> 1,58 - 34,85</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 34,86 - 99,79</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 99,80 - 235,01</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> 0,05 - 1,64</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 1,65 - 6,65</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 6,66 - 22,00</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> 1,40 - 15,94</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 15,95 - 31,73</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> 31,74 - 166,83</div> </div>	



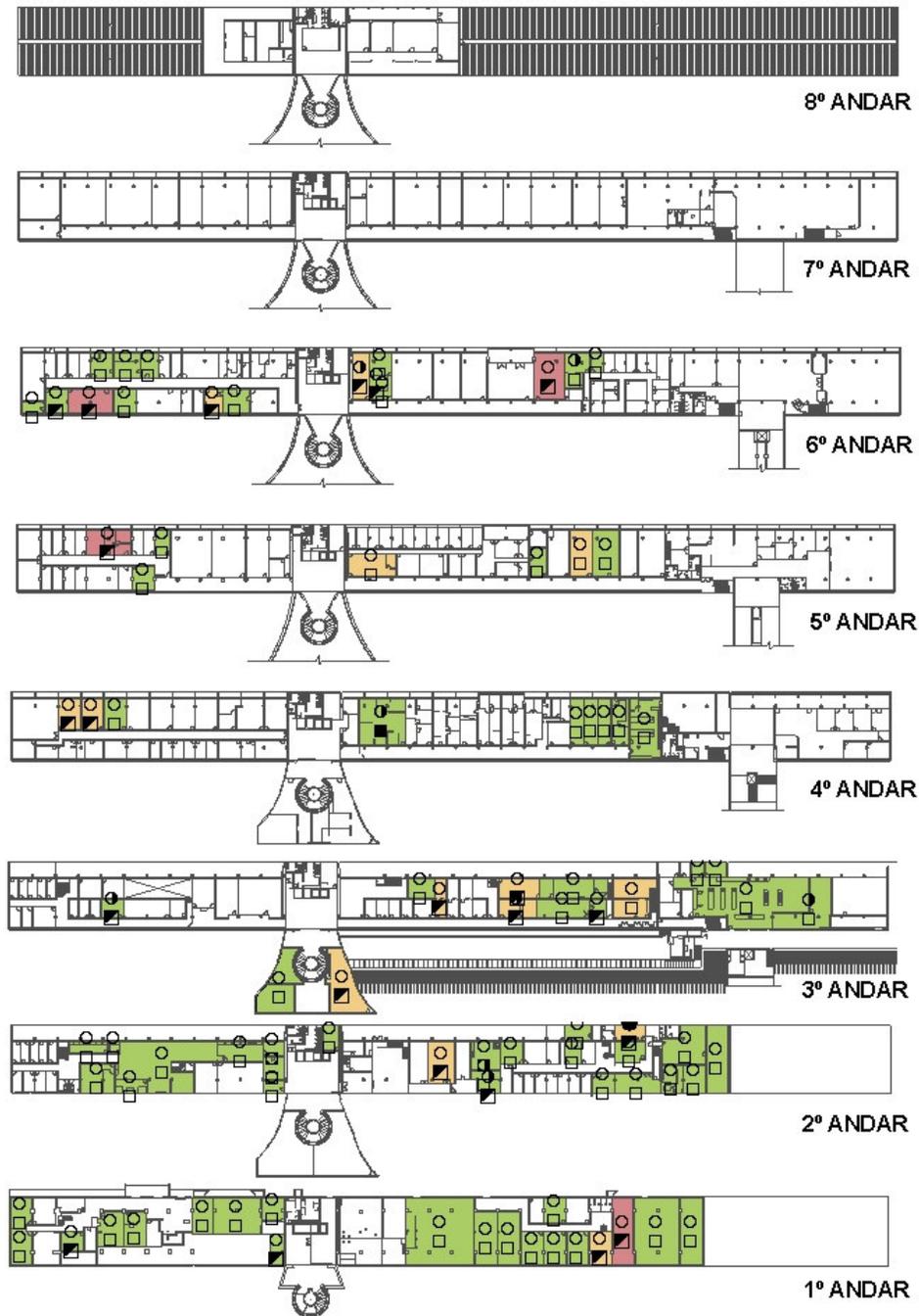
Demanda (kW)	Demanda / m ² (kW / m ²)	Demanda / pessoa (kW / pessoa)	ESCOLA POLITÉCNICA LABORATÓRIOS CLIMATIZAÇÃO
 0,00 - 0,37	 0,00 - 0,04	 0,00 - 0,72	
 0,38 - 3,14	 0,05 - 0,12	 0,73 - 3,50	
 3,15 - 8,61	 0,13 - 0,30	 3,51 - 8,64	



Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)	INDICADORES DE CONSUMO ESCOLA POLITÉCNICA LABORATÓRIOS CLIMATIZAÇÃO
0,00 - 195,51	0,00 - 3,50	0,00 - 42,34	
195,52 - 729,12	3,51 - 13,96	42,35 - 176,40	
729,13 - 1532,16	13,97 - 28,12	176,41 - 574,56	

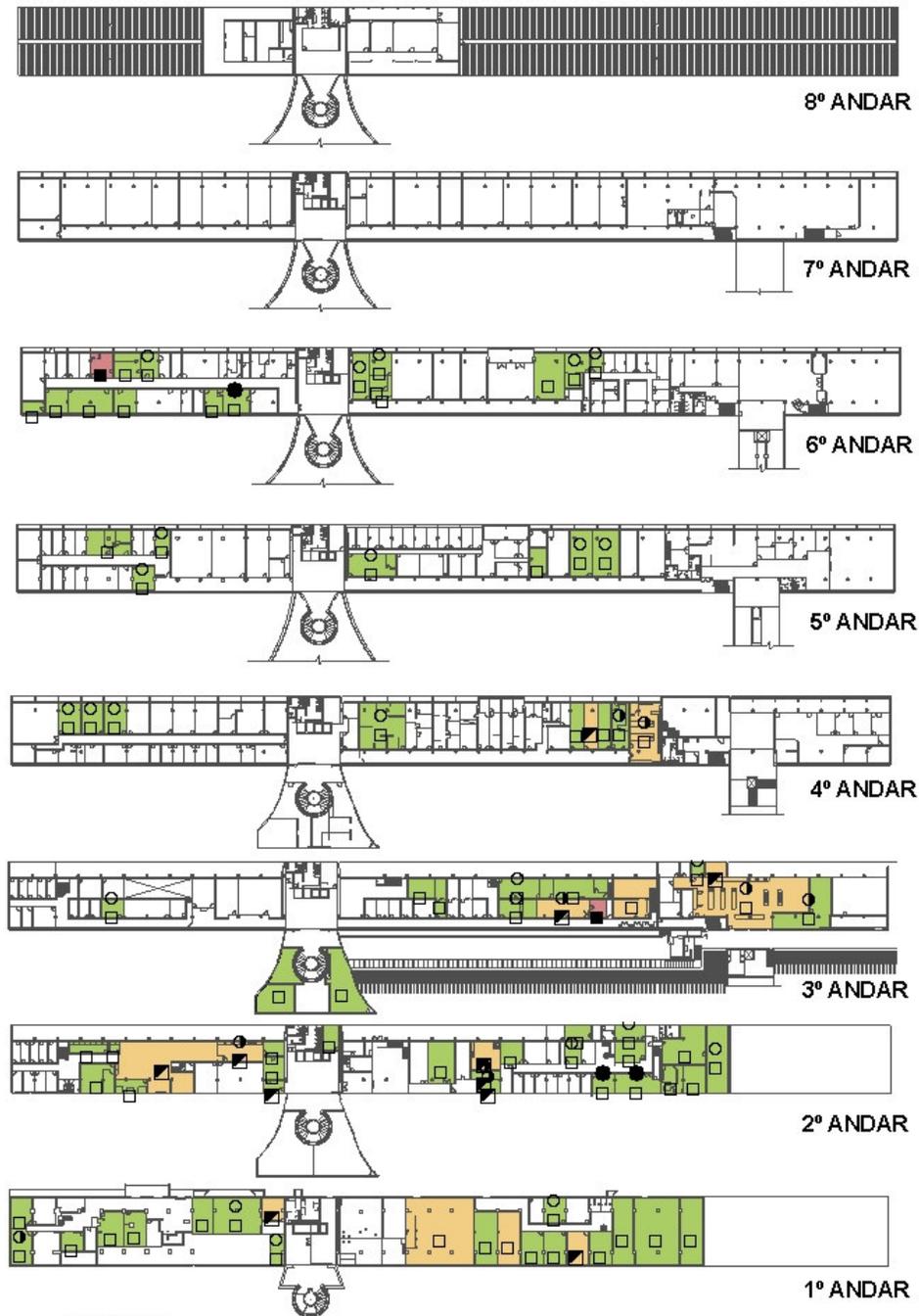


Demanda (kW)	Demanda / m2 (kW / m2)	Demanda / pessoa (kW / pessoa)	ESCOLA POLITÉCNICA LABORATÓRIOS INFORMÁTICA
 0,00 - 1,07	 0,00 - 0,04	 0,00 - 0,76	
 1,08 - 3,62	 0,05 - 0,14	 0,77 - 2,00	
 3,63 - 8,01	 0,15 - 7,63	 2,01 - 7,63	



Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
0,0 - 197,2	0,00 - 5,99	0,00 - 75,67
197,3 - 577,5	6,00 - 28,60	75,68 - 255,36
577,6 - 1491,6	28,61 - 158,59	255,37 - 1320,12

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
LABORATÓRIOS
INFORMÁTICA

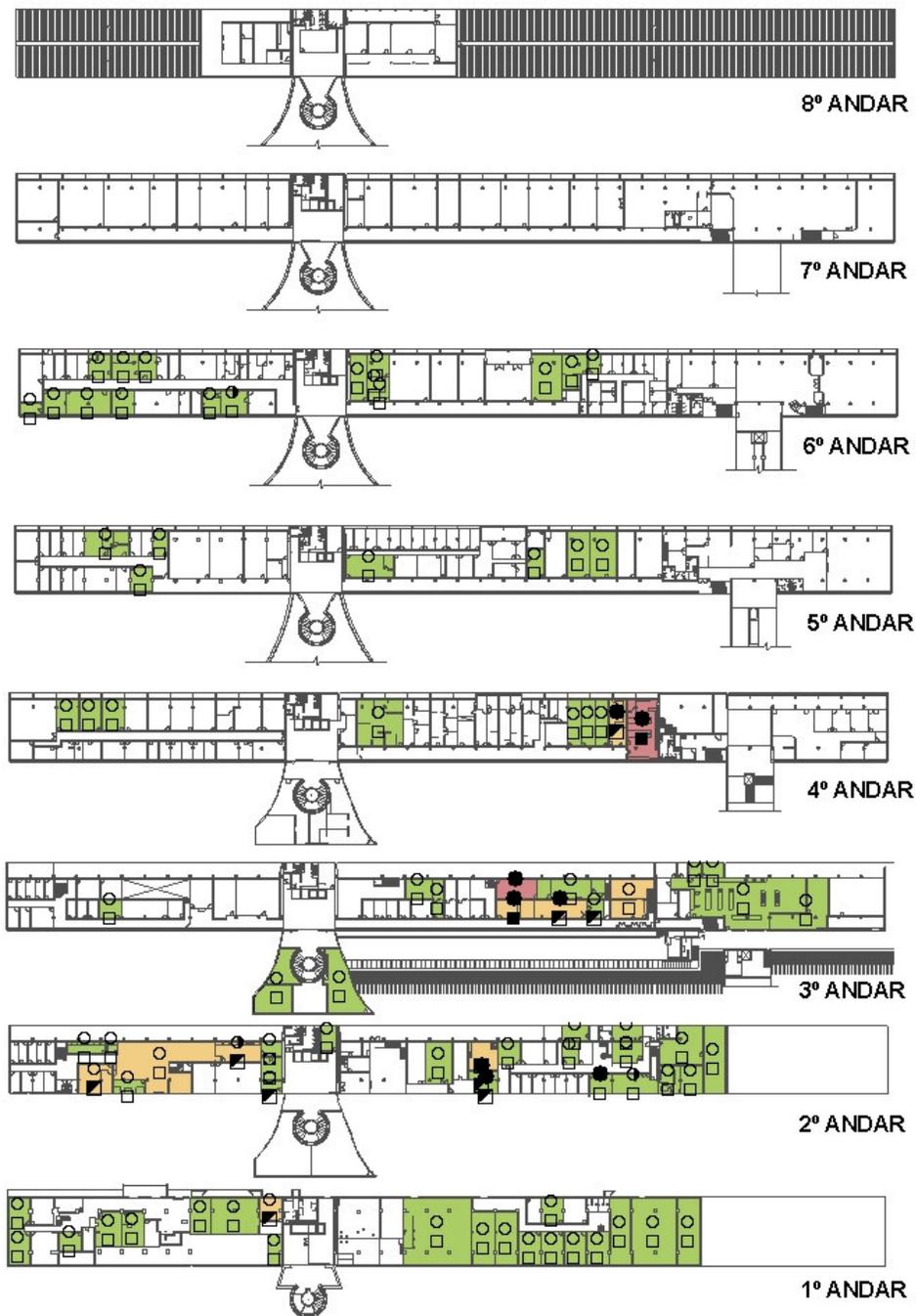


Demanda (kW)	
	0,00 - 4,22
	4,23 - 27,00
	27,01 - 70,55

Demanda / m2 (kW / m2)	
	0,00 - 0,13
	0,14 - 0,51
	0,52 - 3,51

Demanda / pessoa (kW / pessoa)	
	0,00 - 0,67
	0,68 - 4,22
	4,23 - 8,55

ESCOLA POLITÉCNICA
LABORATÓRIOS
EQUIPAMENTOS



Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
0,0 - 71,2	□ 0,00 - 2,26	○ 0,00 - 14,31
71,3 - 456,0	▣ 2,27 - 8,98	◐ 14,32 - 51,46
456,1 - 1126,4	■ 8,99 - 16,44	● 51,47 - 281,61

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
LABORATÓRIOS
EQUIPAMENTOS

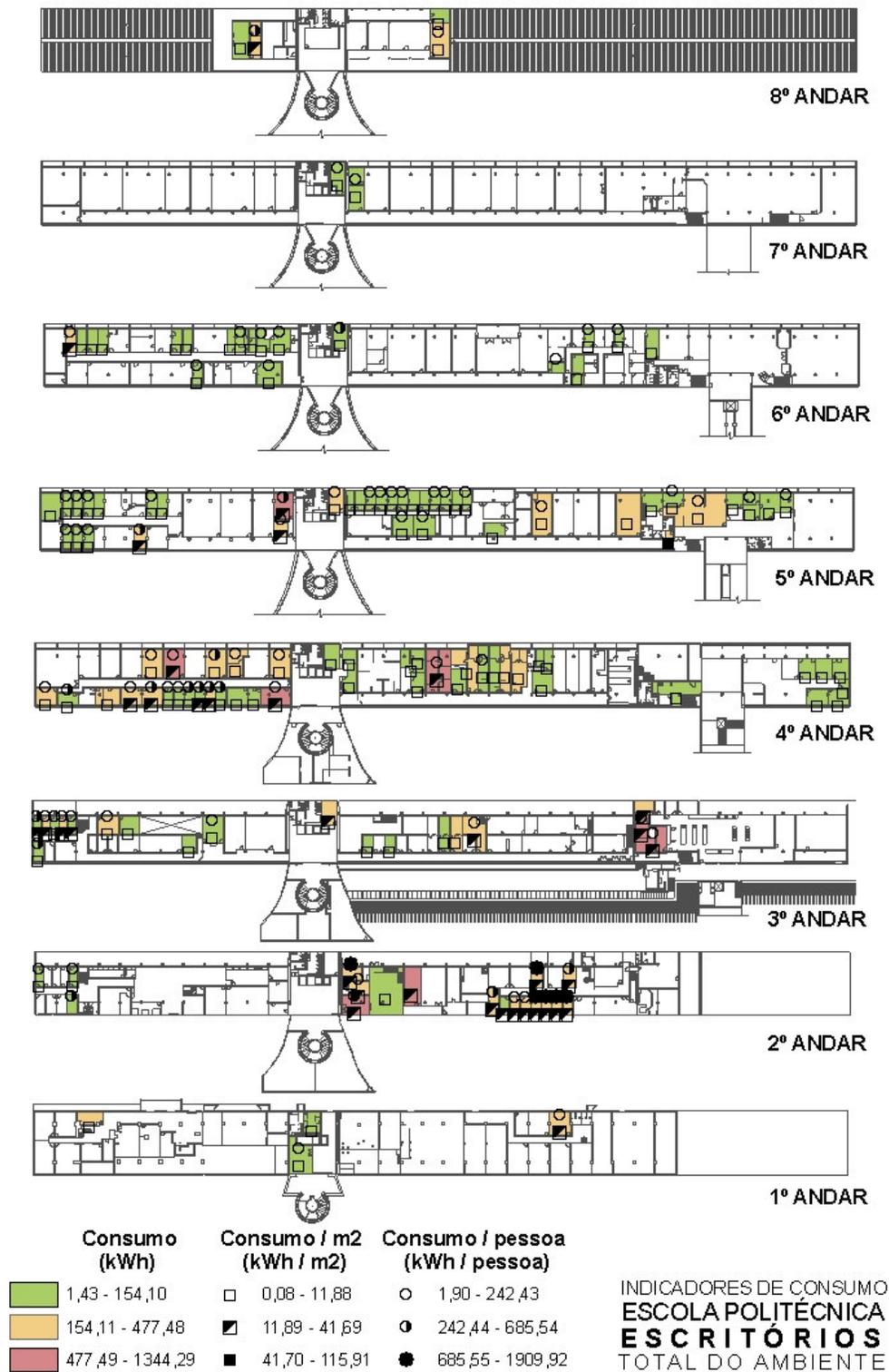


Demanda (kW)
0,07 - 1,29
1,30 - 4,25
4,26 - 9,30

Demanda / m2 (kW / m2)
0,004 - 0,086
0,087 - 0,202
0,203 - 0,642

Demanda / pessoa (kW / pessoa)
0,07 - 1,54
1,55 - 5,09
5,10 - 10,77

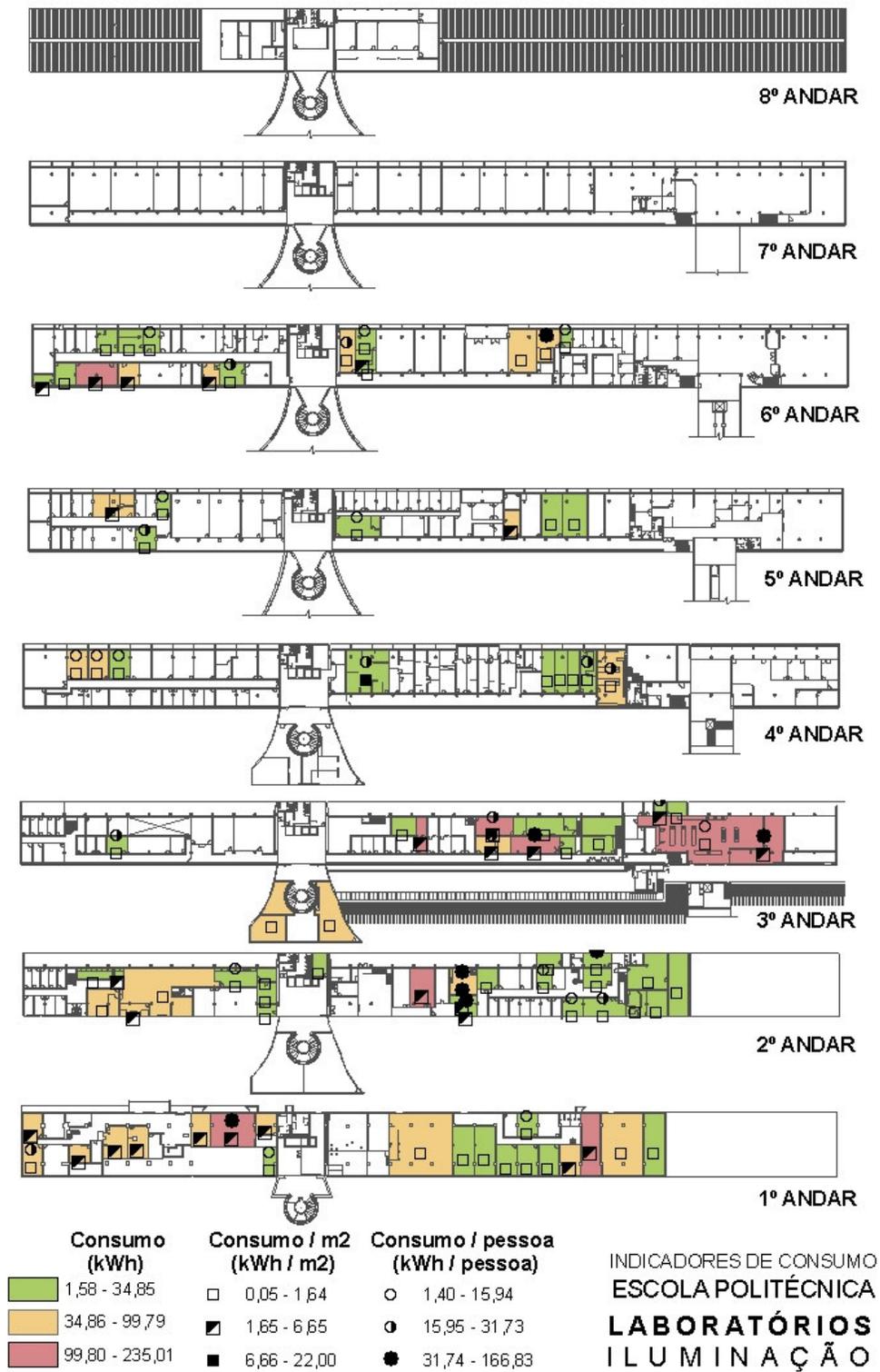
ESCOLA POLITÉCNICA
ESCRITÓRIOS
 TOTAL DO AMBIENTE

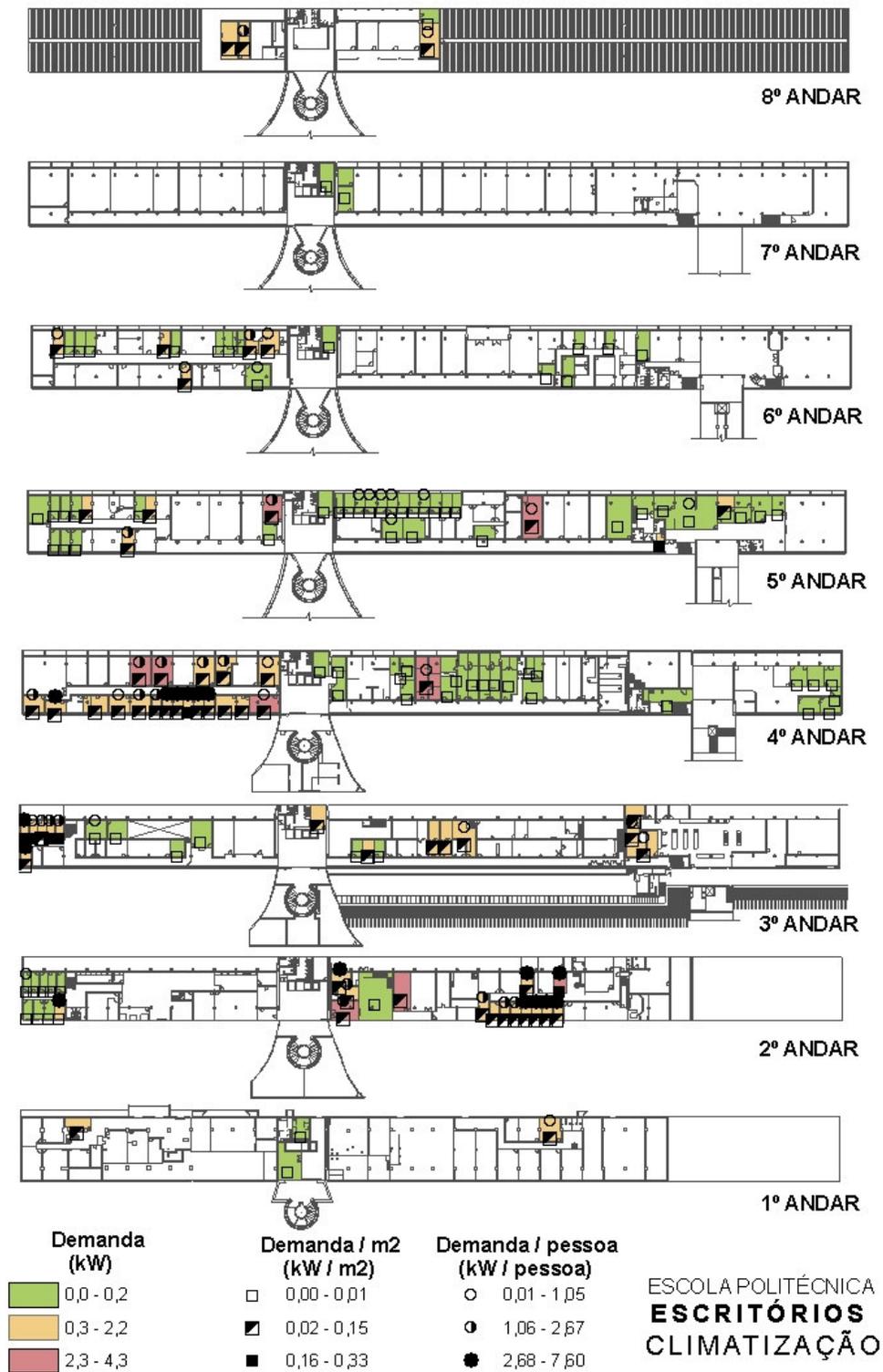




Demanda (kW)	Demanda / m ² (kW / m ²)	Demanda / pessoa (kW / pessoa)
0,06 - 0,20	□ 0,002 - 0,008	○ 0,01 - 0,14
0,21 - 0,46	▣ 0,009 - 0,013	◐ 0,15 - 0,27
0,47 - 0,98	■ 0,014 - 0,023	● 0,28 - 0,54

ESCOLA POLITÉCNICA
ESCRITÓRIOS
 ILUMINAÇÃO







Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
0,00 - 80,08	□ 0,00 - 0,69	○ 0,00 - 17,14
80,09 - 320,32	▣ 0,70 - 1,54	◐ 17,15 - 49,92
320,33 - 729,12	■ 1,55 - 4,84	● 49,93 - 122,88

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
ESCRITÓRIOS
CLIMATIZAÇÃO



Demanda (kW)	Demanda / m2 (kW / m2)	Demanda / pessoa (kW / pessoa)
0,0 - 0,4	□ 0,00 - 0,02	○ 0,09 - 0,59
0,5 - 1,1	▣ 0,03 - 0,06	◐ 0,60 - 1,16
1,2 - 3,4	■ 0,07 - 0,12	● 1,17 - 4,48

ESCOLA POLITÉCNICA
ESCRITÓRIOS
INFORMÁTICA

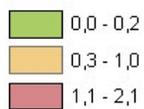


Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
0,00 - 76,24	□ 0,00 - 2,49	○ 0,00 - 17,14
76,25 - 243,01	▣ 2,50 - 7,37	◐ 17,15 - 49,92
243,02 - 689,10	■ 7,38 - 26,80	● 49,93 - 122,88

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
ESCRITÓRIOS
INFORMÁTICA



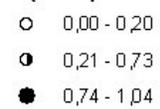
**Demanda
(kW)**



**Demanda / m2
(kW / m2)**



**Demanda / pessoa
(kW / pessoa)**



ESCOLA POLITÉCNICA
ESCRITÓRIOS
EQUIPAMENTOS



Consumo (kWh)	Consumo / m2 (kWh / m2)	Consumo / pessoa (kWh / pessoa)
0,00 - 10,56	0,00 - 0,90	0,00 - 5,72
10,57 - 56,01	0,91 - 3,72	5,73 - 18,67
56,02 - 170,72	3,73 - 51,27	18,68 - 54,84

INDICADORES DE CONSUMO
ESCOLA POLITÉCNICA
ESCRITÓRIOS
EQUIPAMENTOS

ANEXO A: Modelo da Enquete aplicada

Universidade Federal da Bahia
 Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo
 com ênfase em Produção Limpa
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS
 Mestranda: Júlia de Moraes

Enquete do usuário I

Data:/...../..... Hora::.....
 Local: Escola Politécnica Ambiente:
 Entrevistador:
 Entrevistado:

Sexo (F/M)	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)	Atividade

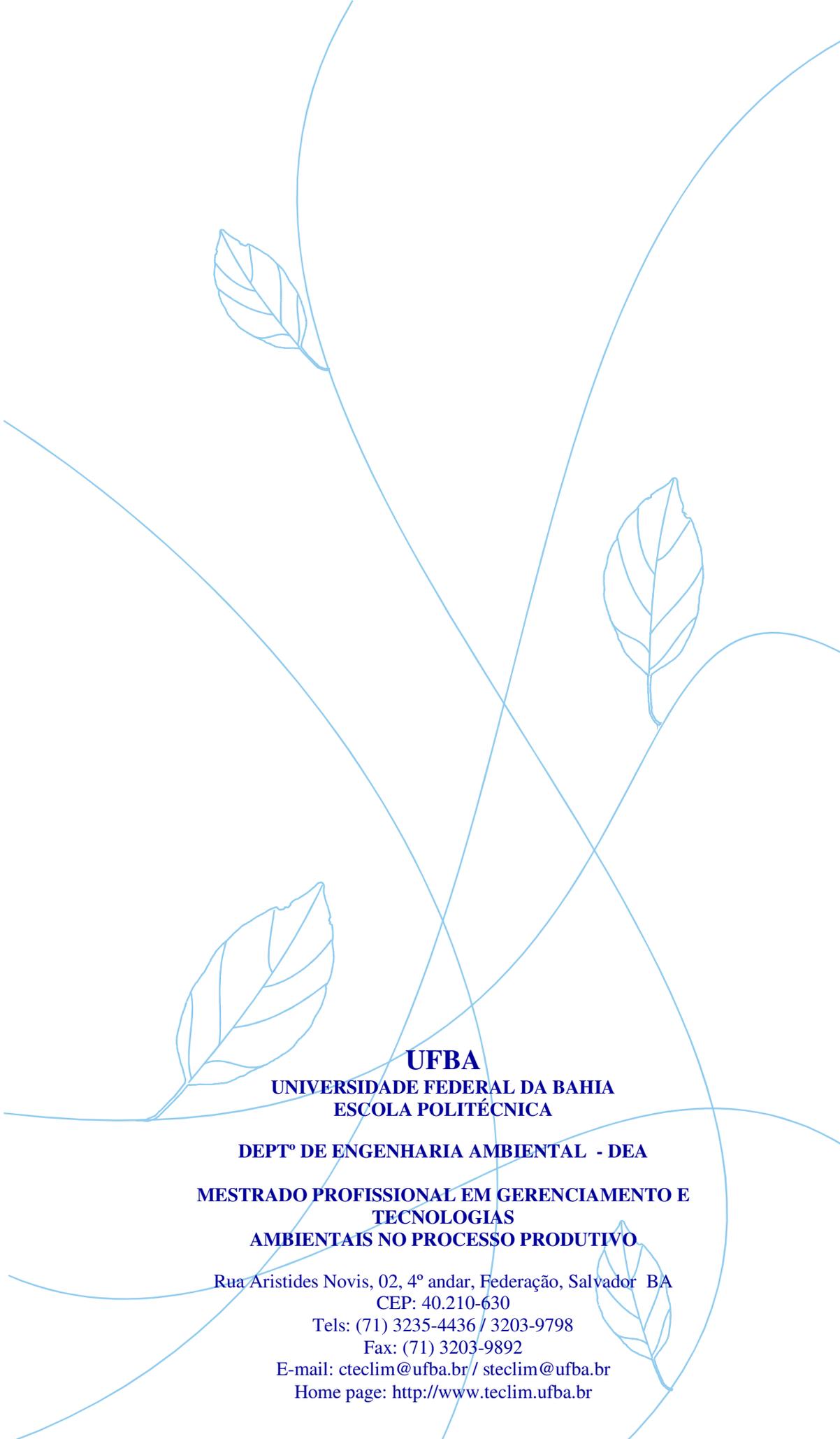
Tipo de vestimenta do entrevistado: Inverno Meia Estação Verão

- Como você está sentindo a temperatura desta sala neste momento?
 Ótimo Bom Ruim Pésimo
- Em caso de ruim ou péssimo, por quê?
 Quente Frio
- Como caracteriza este cômodo, ao longo do ano, em relação ao Conforto Térmico?
 Maior parte do ano quente Maior parte do ano fria
 Maior parte do ano confortável
- Como é a ventilação deste cômodo?
 Forte Boa Fraca Inexistente
- Acharia necessário aumentar a ventilação?
 Sim Não
- Como você melhoraria o conforto térmico deste ambiente?
 Instalando ventiladores Inserindo mais janelas ou melhorando as existentes
 Instalando um ar condicionado Substituindo os aparelhos de ventilação mecânica por outros mais eficientes.
- Em qual período do ano é possível estar neste ambiente sem o uso de equipamentos artificiais (ventilador e ar condicionado)?
 Em nenhum período Na maior parte do ano
 Apenas no período de inverno Em todos os dias do ano

- Na ausência de luz artificial, como você avalia o nível de claridade desta sala?
 Ótima Boa Ruim Péssima
- a. E, por quê?
 Clara Escura
- Como você avalia a iluminação deste cômodo?
 Ótimo Bom Ruim Péssimo
- a. E, por quê?
 Clara Escura
- b. Como você melhoraria a iluminação deste ambiente?
 Aumentando o número de lâmpadas e luminárias. Substituir as lâmpadas e luminárias por outras mais eficientes.
 Inserir mais janelas ou melhorar as existentes. Este ambiente não precisa de melhorias.
- Como você avalia as condições das instalações prediais elétricas?
 Ótimo Boa Ruim Péssimo
- Este ambiente desperdiça energia?
 Sim Não
- a. Em caso de sim, o quê poderia ser detectado como desperdício?
 Equipamentos ligados sem necessidade Equipamentos antigos que consomem muita energia.
 O ar condicionado. Maus hábitos
- (Apenas para funcionários) Considerando a Reforma Universitária, caso cada departamento possua metas de consumo de energia, você concorda que o departamento deve assumir o custo da energia ao instalar de novos equipamentos na rede elétrica?
 Sim Não
- Você seria capaz de modificar hábitos, tendo em vista o uso eficiente da energia?
 Sim Não
- Além dos aspectos perguntados, existe algum que você gostaria de acrescentar?

Nota:
 Este questionário é uma versão adaptada de (ROMERO, 1997).

Referência:
 ROMERO, M. et al. Avaliação Comportamental e Energética do Edifício da FAUUSP. Cadernos Técnicos AUT. São Paulo: FAUUSP, 1997.



UFBA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA**

DEPT° DE ENGENHARIA AMBIENTAL - DEA

**MESTRADO PROFISSIONAL EM GERENCIAMENTO E
TECNOLOGIAS
AMBIENTAIS NO PROCESSO PRODUTIVO**

Rua Aristides Novis, 02, 4º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630

Tels: (71) 3235-4436 / 3203-9798

Fax: (71) 3203-9892

E-mail: cteclim@ufba.br / steclim@ufba.br

Home page: <http://www.teclim.ufba.br>

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)